(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2016 002 728 B4** 2024.09.12

(12) # Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 002 728.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2016/053427**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/203350**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.06.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **22.12.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **08.03.2018**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **12.09.2024**

(51) Int Cl.: ***H10K 50/11*** (2023.01)
C07F 15/00 (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01)
H05B 33/02 (2006.01)
H10K 59/00 (2023.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

2015-122398	**17.06.2015**	**JP**
2015-157207	**07.08.2015**	**JP**
2015-233283	**30.11.2015**	**JP**
2016-051311	**15.03.2016**	**JP**

(62) Teilung in:
11 2016 007 690.8

(73) Patentinhaber:
SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD., Atsugi-shi, Kanagawa, JP

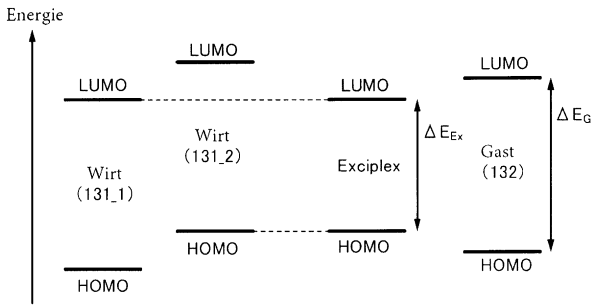
(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

(72) Erfinder:
Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa, JP; Watabe, Takeyoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Inoue, Hideko, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Yamada, Yui, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Mitsumori, Satomi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Takahashi, Tatsuyoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Hara, Tomoka, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Licht emittierendes Element, Anzeigevorrichtung, elektronisches Gerät und Beleuchtungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Ein Licht emittierendes Element (150; 152), das umfasst:
eine erste organische Verbindung (131_1; 141_1);
eine zweite organische Verbindung (131_2; 141_2); und
ein Gastmaterial (132; 142),
wobei ein LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) niedriger ist als ein LUMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2),
wobei ein HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) niedriger ist als ein HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2),
wobei ein LUMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) höher ist als das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1),
wobei ein HOMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) niedriger ist als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2),
wobei eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) und dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) größer als oder gleich 0,1 eV ist,
wobei das Gastmaterial (132; 142) konfiguriert ist, Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umzuwandeln, und
wobei die erste organische Verbindung (131_1; 141_1) und die zweite organische Verbindung (131_2; 141_2) einen Exciplex bilden.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**2012 / 0 256 535**	**A1**
US	**2013 / 0 281 693**	**A1**

SEO, Satoshi [et al.]: Exciplex-triplet energy transfer: A new method to achieve extremely efficient organic light-emitting diode with external quantum efficiency over 30% and drive voltage below 3 V. In: Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 53., 2014, No. 4, S. 042102-1 - 042102-8.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Licht emittierendes Element oder eine Anzeigevorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung, die jeweils das Licht emittierende Element umfassen.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind Forschung und Entwicklung intensiv an Licht emittierenden Elementen durchgeführt worden, bei denen eine Elektrolumineszenz (EL) zum Einsatz kommt. Bei einer grundlegenden Struktur eines derartigen Licht emittierenden Elements ist eine Schicht, die eine Licht emittierende Substanz enthält (eine EL-Schicht), zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet. Durch Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden dieses Elements kann eine Lichtemission von der Licht emittierenden Substanz erhalten werden.

[0003] Da es sich bei dem vorstehenden Licht emittierenden Element um einen selbstleuchtenden Typ handelt, weist eine Anzeigevorrichtung, bei der dieses Licht emittierende Element verwendet wird, folgende Vorteile auf: eine hohe Sichtbarkeit, keine Notwendigkeit einer Hintergrundbeleuchtung, einen niedrigen Stromverbrauch und dergleichen. Die Anzeigevorrichtung ist ferner auch dahingehend vorteilhaft, dass sie dünn und leicht ausgebildet werden kann und eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist.

[0004] In einem Licht emittierenden Element (z. B. einem organischen EL-Element), dessen EL-Schicht eine organische Verbindung als Licht emittierende Substanz enthält und zwischen einem Paar von Elektroden bereitgestellt ist, bewirkt das Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden die Injektion von Elektronen von einer Kathode und Löchern von einer Anode in die EL-Schicht mit einer Licht emittierenden Eigenschaft, wodurch ein Strom fließt. Infolge einer Rekombination der injizierten Elektronen und Löcher wird die organische Verbindung mit einer Licht emittierenden Eigenschaft in einen Anregungszustand versetzt, wodurch eine Lichtemission erhalten wird.

[0005] Es sei angemerkt, dass ein Anregungszustand, der von einer organischen Verbindung gebildet wird, ein Singulett-Anregungszustand (S*) oder ein Triplett-Anregungszustand (T*) sein kann. Eine Lichtemission von dem Singulett-Anregungszustand wird als Fluoreszenz bezeichnet, und eine Lichtemission von dem Triplett-Anregungszustand wird als Phosphoreszenz bezeichnet. Das Erzeugungsverhältnis von S* zu T* in dem Licht emittierenden Element ist 1 : 3. Mit anderen Worten: Ein Licht emittierendes Element, das eine Verbindung, die eine Phosphoreszenz emittiert (phosphoreszierende Verbindung), enthält, weist eine höhere Lichtemissionseffizienz auf als ein Licht emittierendes Element, das eine Verbindung, die eine Fluoreszenz emittiert (fluoreszierende Verbindung), enthält. Demzufolge sind Licht emittierende Elemente, die phosphoreszierende Verbindungen enthalten, die einen Triplett-Anregungszustand in eine Lichtemission umwandeln können, in den letzten Jahren aktiv entwickelt worden (siehe z. B. Patentdokumente 1 und 3, sowie Nicht-Patentdokument 1).

[0006] Energie zum Anregen einer organischen Verbindung hängt von einer Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung ab. Die Energiedifferenz entspricht ungefähr der Singulett-Anregungsenergie. Bei einem Licht emittierenden Element, das eine phosphoreszierende Verbindung enthält, wird die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemissionsenergie umgewandelt. Demzufolge ist dann, wenn die organische Verbindung eine große Differenz zwischen der Singulett-Anregungsenergie und der Triplett-Anregungsenergie aufweist, die Energie, die zum Anregen der organischen Verbindung benötigt wird, um die Energiedifferenz höher als die Lichtemissionsenergie. Die Differenz zwischen der Energie zum Anregen der organischen Verbindung und der Lichtemissionsenergie beeinflusst die Elementeigenschaften eines Licht emittierenden Elements: Die Ansteuerspannung des Licht emittierenden Elements erhöht sich. Aus diesem Grund wurde an einem Verfahren zur Verringerung der Ansteuerspannung geforscht (siehe Patentdokument 2).

[0007] Unter Licht emittierenden Elementen, die phosphoreszierende Verbindungen enthalten, kam ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert, bisher nicht in der Praxis zur Anwendung, da es schwierig ist, eine stabile Verbindung mit einem hohen Triplett-Anregungsenergieniveau zu entwickeln. Folglich ist die Entwicklung einer stabilen phosphoreszierenden Verbindung mit einer hohen Emissionseffizienz und eines

sehr zuverlässigen phosphoreszierenden Licht emittierenden Elements mit einer hohen Emissionseffizienz vonnöten.

[Referenz]

[Patentdokument 1] JP 2010 - 182 699 A

[Patentdokument 2] JP 2012 - 212 879 A

[Patentdokument 3] US 2012 / 0 256 535 A1

[Nicht-Patentdokument 1] SEO, Satoshi, et al.; Japanese Journal of Applied Physics 2014, 53. Jg., Nr. 4, S. 042102.

Offenbarung der Erfindung

[0008] Ein Iridiumkomplex ist als phosphoreszierende Verbindung mit einer hohen Emissionseffizienz bekannt. Ein Iridiumkomplex, der ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst als Liganden umfasst, ist als Iridiumkomplex mit einer hohen Lichtemissionsenergie bekannt. Das fünfgliedrige stickstoffhaltige heterocyclische Gerüst weist eine hohe Triplett-Anregungsenergie auf, jedoch weist es eine niedrigere Elektronenakzeptoreigenschaft auf als ein sechsgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst. Dementsprechend weist der Iridiumkomplex mit einem fünfgliedrigen stickstoffhaltigen heterocyclischen Gerüst als Liganden ein hohes LUMO-Niveau auf, wobei Elektronenladungsträger nicht leicht in diesen injiziert werden. Aus diesem Grund ist bei dem Iridiumkomplex mit einem fünfgliedrigen stickstoffhaltigen heterocyclischen Gerüst als Liganden die Anregung von Ladungsträgern durch direkte Ladungsträgerrekombination schwierig, das heißt, dass eine effiziente Lichtemission schwierig ist.

[0009] In Anbetracht des Vorstehenden ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, das eine phosphoreszierende Verbindung enthält und eine hohe Emissionseffizienz aufweist. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element bereitzustellen.
Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein neuartiges, Licht emittierendes Element bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine neuartige Anzeigevorrichtung bereitzustellen.

[0010] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Aufgaben dem Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht im Wege steht. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es unnötig, sämtliche der Aufgaben zu erfüllen. Weitere Aufgaben werden aus der Erläuterung der Beschreibung und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

[0011] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein Licht emittierendes Element, das eine erste organische Verbindung, eine zweite organische Verbindung und ein Gastmaterial enthält. Das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung ist niedriger als das LUMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung ist niedriger als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Das LUMO-Niveau des Gastmaterials ist höher als das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung. Das HOMO-Niveau des Gastmaterials ist niedriger als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials und dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung ist größer als oder gleich 0,1 eV. Das Gastmaterial ist dahingehend konfiguriert, die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umzuwandeln. Eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung bildet einen Exciplex.

[0012] Bei der vorstehenden Struktur ist eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung vorzugsweise größer als oder gleich der Übergangsenergie, die aus einer Absorptionskante des Gastmaterials berechnet wird.

[0013] Bei jeder der vorstehenden Strukturen ist eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung vorzugsweise größer als oder gleich der Lichtemissionsenergie des Gastmaterials.

[0014] Bei jeder der vorstehenden Strukturen ist eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials vorzugsweise um 0,4 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante des Gastmaterials berechnet wird.

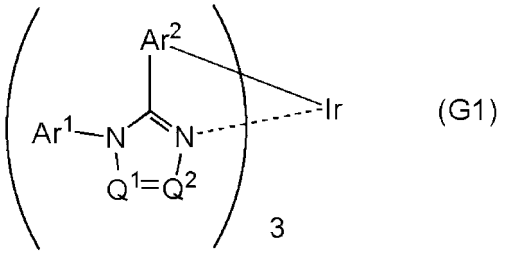
[0015] Bei jeder der vorstehenden Strukturen ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials vorzugsweise um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials.

[0016] Bei jeder der vorstehenden Strukturen weist ein Emissionsspektrum des Gastmaterials vorzugsweise mindestens einen Peak in einem Wellenlängenbereich auf, der größer als oder gleich 400 nm und kleiner als 505 nm ist.

[0017] Bei jeder der vorstehenden Strukturen ist der Exciplex vorzugsweise dahingehend konfiguriert, Anregungsenergie auf das Gastmaterial zu übertragen. Außerdem weist ein Emissionsspektrum des Exciplex vorzugsweise einen Bereich auf, der sich mit einem Absorptionsband auf der niedrigsten Energieseite des Gastmaterials überlappt.

[0018] Bei jeder der vorstehenden Strukturen enthält das Gastmaterial vorzugsweise Iridium. Das Gastmaterial umfasst vorzugsweise einen Liganden, der an Iridium koordiniert ist, und der Ligand umfasst vorzugsweise ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst. Der Ligand umfasst vorzugsweise ein Triazol-Gerüst oder ein Imidazol-Gerüst.

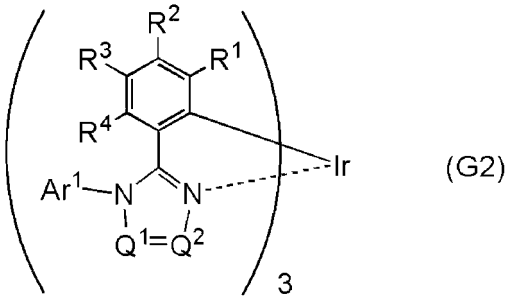
[0019] Bei jeder der vorstehenden Strukturen umfasst das Gastmaterial vorzugsweise einen Iridiumkomplex, der durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird.



(G1)

[0020] In der allgemeinen Formel (G1) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte erste Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte zweite Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen Q^1 und Q^2 jeweils unabhängig voneinander N oder C-R dar, und stellt R Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte dritte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei Q^1 und/oder Q^2 C-R umfassen/umfasst und wobei die erste Aryl-Gruppe, die zweite Aryl-Gruppe und/oder die dritte Aryl-Gruppe eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G2) dargestellt wird, verwendet.

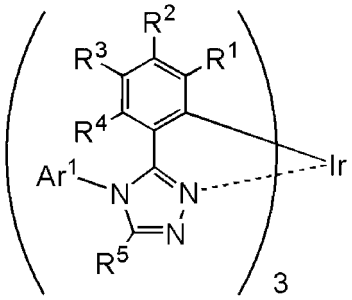


(G2)

[0022] In der allgemeinen Formel (G2) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte erste Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine

Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte vierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder eine Cyano-Gruppe dar, stellen Q^1 und Q^2 jeweils unabhängig voneinander N oder C-R dar, und stellt R Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte dritte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei Q^1 und/oder Q^2 C-R umfassen/umfasst und wobei die erste Aryl-Gruppe, die dritte Aryl-Gruppe, die vierte Aryl-Gruppe, R^1, R^2, R^3 und/oder R^4 eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

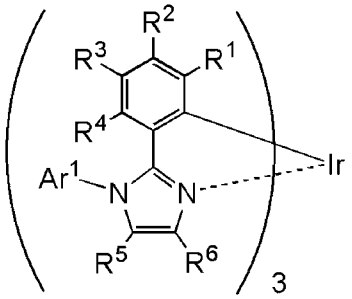
[0023] Bei einer weiterhin bevorzugten Ausführungsform wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt wird, verwendet.



(G3)

[0024] In der allgemeinen Formel (G3) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte erste Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte vierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder eine Cyano-Gruppe dar, und stellt R^5 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte dritte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei die erste Aryl-Gruppe, die dritte Aryl-Gruppe, die vierte Aryl-Gruppe, R^1, R^2, R^3 und/oder R^4 eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0025] Bei einer ferner bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G4) dargestellt wird, verwendet.

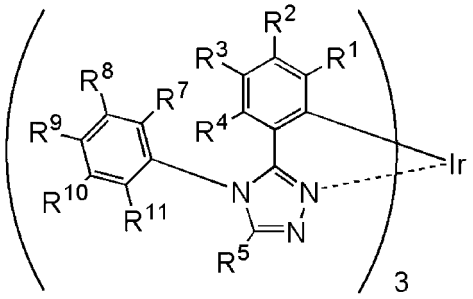


(G4)

[0026] In der allgemeinen Formel (G4) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte erste Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte vierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellen R^5 und R^6 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte dritte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei die erste Aryl-Gruppe, die dritte Aryl-Gruppe, die vierte Aryl-Gruppe, R^1, R^2, R^3 und/oder R^4 eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0027] Bei jeder der vorstehenden Strukturen stellt Ar^1 vorzugsweise eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe dar, wobei die Phenyl-Gruppe vorzugsweise eine Cyano-Gruppe als Substituent umfasst.

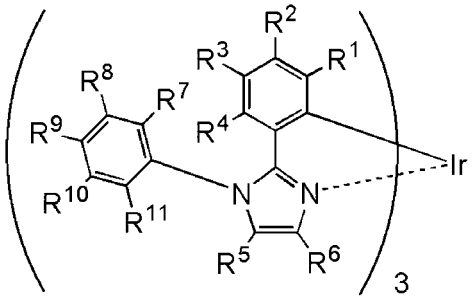
[0028] Bei einer weiter bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G5) dargestellt wird, verwendet.



(G5)

[0029] In der allgemeinen Formel (G5) stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt R^5 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^7 und R^{11} jeweils eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen dar, und weisen R^7 und R^{11} die gleiche Struktur auf, wobei R^8 bis R^{10} jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe darstellen und wobei R^8, R^9 und/oder R^{10} eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

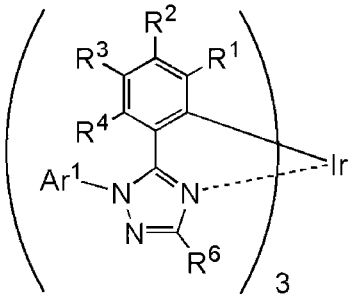
[0030] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G6) dargestellt.



(G6)

[0031] In der allgemeinen Formel (G6) stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^5 und R^6 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^7 und R^{11} jeweils eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen dar, und weisen R^7 und R^{11} die gleiche Struktur auf, wobei R^8 bis R^{10} jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe darstellen und wobei R^8, R^9 und/oder R^{10} eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0032] Bei einer ferner bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G7) dargestellt.

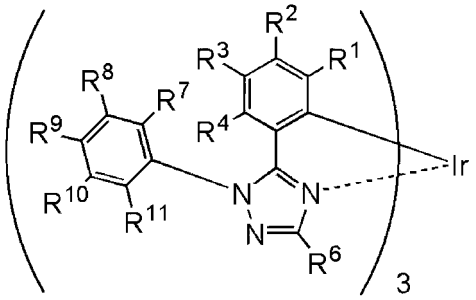


(G7)

[0033] In der allgemeinen Formel (G7) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte erste Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte vierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt R^6 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte dritte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei die erste Aryl-Gruppe, die dritte Aryl-Gruppe, die vierte Aryl-Gruppe, R^1, R^2, R^3 und/oder R^4 eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0034] Bei der vorstehenden Struktur stellt Ar^1 vorzugsweise eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe dar, wobei die Phenyl-Gruppe vorzugsweise eine Cyano-Gruppe umfasst.

[0035] In einer weiterhin bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G8) dargestellt.



(G8)

[0036] In der allgemeinen Formel (G8) stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt R^6 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^7 und R^{11} jeweils eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen dar, und weisen R^7 und R^{11} die gleiche Struktur auf, wobei R^8 bis R^{10} jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe darstellen und wobei R^8, R^9 und/oder R^{10} eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0037] Bei jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen weist der Exciplex vorzugsweise eine Funktion zum Übertragen von Anregungsenergie auf den Iridiumkomplex auf. Außerdem weist das Licht, das von dem Exciplex emittiert wird, vorzugsweise einen Bereich auf, der sich mit einem Absorptionsband auf der niedrigsten Energieseite des Iridiumkomplexes überlappt.

[0038] Bei der vorstehenden Struktur ist eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung vorzugsweise größer als oder gleich der Übergangsenergie, die aus einer Absorptionskante des Iridiumkomplexes berechnet wird.

[0039] Bei der vorstehenden Struktur ist eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung vorzugsweise größer als oder gleich der Lichtemissionsenergie des Iridiumkomplexes.

[0040] Bei jeder der vorstehenden Strukturen weist die erste organische Verbindung vorzugsweise eine Funktion zum Transportieren eines Elektrons auf, und die zweite organische Verbindung weist vorzugsweise eine Funktion zum Transportieren eines Loches auf. Die erste organische Verbindung umfasst vorzugsweise ein Gerüst mit einem π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring, und die zweite organische Verbindung umfasst vorzugsweise ein Gerüst mit einem π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring und/oder ein aromatisches Amin-Gerüst.

[0041] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Anzeigevorrichtung, die das Licht emittierende Element, das eine der vorstehend beschriebenen Strukturen aufweist, und einen Farbfilter und/oder einen Transistor umfasst. Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein elektronisches Gerät, das die vorstehend beschriebene Anzeigevorrichtung und ein Gehäuse und/oder einen Berührungssensor umfasst. Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Beleuchtungsvorrichtung, die das Licht emittierende Element, das eine der vorstehend beschriebenen Strukturen aufweist, und ein Gehäuse und/oder einen Berührungssensor umfasst. Die Kategorie einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst nicht nur eine Licht emittierende Vorrichtung, die ein Licht emittierendes Element umfasst, sondern auch ein elektronisches Gerät, das eine Licht emittierende Vorrichtung umfasst. Die Licht emittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung bezeichnet eine Bildanzeigevorrichtung und eine Lichtquelle (z. B. eine Beleuchtungsvorrichtung). Die Licht emittierende Vorrichtung kann in einem Anzeigemodul, bei dem ein Verbinder, wie z. B. eine flexible gedruckte Schaltung bzw. eine flexible gedruckte Leiterplatte (flexible printed circuit, FPC) oder ein Tape Carrier Package (TCP), mit einer Licht emittierenden Vorrichtung verbunden ist, einem Anzeigemodul, bei dem eine gedruckte Leiterplatte am Ende eines TCP bereitgestellt ist, oder einem Anzeigemodul enthalten sein, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) durch ein Chip-on-Glass-(COG-) Verfahren direkt an einem Licht emittierenden Element montiert ist.

[0042] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Licht emittierendes Element, das eine phosphoreszierende Verbindung enthält und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein neuartiges, Licht emittierendes Element bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Anzeigevorrichtung bereitgestellt werden.

[0043] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Effekte dem Vorhandensein weiterer Effekte nicht im Weg steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist nicht notwendigerweise sämtliche der vorstehend aufgeführten Effekte auf. Weitere Effekte werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1A und **Fig.** 1B sind schematische Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2A und **Fig.** 2B zeigen die Korrelation von Energiebändern und eine Korrelation von Energieniveaus in einer Licht emittierenden Schicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3A und **Fig.** 3B sind schematische Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5A und **Fig.** 5B sind jeweils eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6A und **Fig.** 6B sind jeweils eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7A bis **Fig.** 7C sind schematische Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 8A bis **Fig.** 8C sind schematische Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 9A und **Fig.** 9B sind eine Draufsicht und eine schematische Querschnittsansicht, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 10A und **Fig.** 10B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 11 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 12A und **Fig.** 12B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 13A und **Fig.** 13B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 14 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 15A und **Fig.** 15B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 16 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 17A und **Fig.** 17B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 18A und **Fig.** 18B sind ein Blockdiagramm und ein Schaltplan, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 19A und **Fig.** 19B sind Schaltpläne, die jeweils eine Pixelschaltung einer Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 20A und **Fig.** 20B sind Schaltpläne, die jeweils eine Pixelschaltung einer Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 21A und **Fig.** 21B sind perspektivische Ansichten, die ein Beispiel für einen Touchscreen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 22A bis **Fig.** 22C sind Querschnittsansichten, die ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung und einen Berührungssensor einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 23A und **Fig.** 23B sind Querschnittsansichten, die jeweils ein Beispiel für einen Touchscreen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 24A und **Fig.** 24B sind ein Blockdiagramm und ein Ablaufplan eines Berührungssensors einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 25 ist ein Schaltplan eines Berührungssensors einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 26 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Anzeigemodul einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 27A bis **Fig.** 27G stellen elektronische Geräte von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Fig. 28A bis **Fig.** 28D stellen elektronische Geräte von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Fig. 29A und **Fig.** 29B sind perspektivische Ansichten, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 30A bis **Fig.** 30C sind eine perspektivische Ansicht und Querschnittsansichten, die eine Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 31A bis **Fig.** 31D sind Querschnittsansichten, die jeweils eine Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 32A und **Fig.** 32B stellen ein elektronisches Gerät einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar, und **Fig.** 32C stellt eine Beleuchtungsvorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

Fig. 33 stellt Beleuchtungsvorrichtungen von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Fig. 34 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung dar, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Fig. 35 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Fig. 36 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Fig. 37 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Fig. 38 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Fig. 39 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 40 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 41 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 42 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element darstellt.

Fig. 43A und **Fig.** 43B sind Graphen, die jeweils Elektrolumineszenzspektren von Wirtsmaterialien eines Referenzbeispiels zeigen.

Fig. 44 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 45 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 46 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 47 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 48A und **Fig.** 48B sind Graphen, die jeweils Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigen.

Fig. 49 zeigt ein Absorptionsspektrum einer Verbindung eines Referenzbeispiels.

Fig. 50 ist ein Graph, der die Ergebnisse eines Zuverlässigkeitstests von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 51 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 52 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 53 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 54 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 55 ist ein Graph, der die Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 56 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 57 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 58 ist ein Graph, der die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 59 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 60 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 61 ist ein Graph, der die Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 62 ist ein Graph, der die Ergebnisse eines Zuverlässigkeitstests von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 63 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 64 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 65 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 66 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 67 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 68 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 69 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 70 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 71 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 72 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 73 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 74 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 75 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 76 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 77 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 78 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 79 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 80 ist ein Graph, der die Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 81 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 82 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 83 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 84 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Fig. 85 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 86 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 87 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 88 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 89 ist ein Graph, der die Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 90 ist ein Graph, der die Emissionsspektren von Wirtsmaterialien eines Beispiels zeigt.

Fig. 91 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 92 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 93 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 94 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 95 ist ein Graph, der die Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels zeigt.

Fig. 96 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 97 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 98 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 99 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 100 ist ein Graph, der ein Elektrolumineszenzspektrum von einem Licht emittierenden Element eines Referenzbeispiels zeigt.

Fig. 101 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 102 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 103 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 104 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 105 ist ein Graph, der ein Elektrolumineszenzspektrum von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 106 ist ein Graph, der die Emissionsspektren von Wirtsmaterialien eines Beispiels zeigt.

Fig. 107 ist ein Graph, der die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 108 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 109 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 110 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 111 ist ein Graph, der ein Elektrolumineszenzspektrum von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 112 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum von einer Verbindung eines Beispiels zeigt.

Fig. 113 ist ein Graph, der die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 114 ist ein Graph, der die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 115 ist ein Graph, der die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 116 ist ein Graph, der ein Elektrolumineszenzspektrum von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels zeigt.

Fig. 117 zeigt eine Lichtemission von einem Licht emittierenden Element eines Beispiels.

Fig. 118 ist ein NMR-Diagramm einer Verbindung einer Referenzausführungsform.

Fig. 119 ist ein Graph, der ein Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum einer Verbindung einer Referenzausführungsform zeigt.

Beste Art zum Ausführen der Erfindung

[0044] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die nachfolgende Beschreibung beschränkt, und es erschließt sich ohne Weiteres, dass ihre Modi und Details auf verschiedene Weise modifiziert werden können, ohne vom Zweck und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf den Inhalt der nachfolgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

[0045] Es sei angemerkt, dass die Position, die Größe, der Bereich oder dergleichen jeder Struktur, die in Zeichnungen und dergleichen dargestellt wird, in einigen Fällen der Einfachheit halber nicht genau dargestellt sind. Die offenbarte Erfindung ist daher nicht notwendigerweise auf die Position, die Größe, den Bereich oder dergleichen beschränkt, welche in den Zeichnungen und dergleichen offenbart sind.

[0046] Es sei angemerkt, dass Ordnungszahlen, wie z. B. „erstes“, „zweites“ und dergleichen, in dieser Beschreibung und dergleichen der Einfachheit halber verwendet werden, und sie kennzeichnen weder die Reihenfolge von Schritten noch die Anordnungsreihenfolge der Schichten. Daher kann beispielsweise auch dann eine angemessene Beschreibung erfolgen, wenn „erste“ durch „zweite“ oder „dritte“ ersetzt wird. Außerdem sind die Ordnungszahlen in dieser Beschreibung und dergleichen nicht notwendigerweise die gleichen wie diejenigen, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung spezifizieren.

[0047] Bei den auf den Zeichnungen beruhenden Erläuterungen der Modi der vorliegenden Erfindung in dieser Beschreibung und dergleichen werden in einigen Fällen gleiche Komponenten in verschiedenen Zeichnungen im Allgemeinen mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0048] In dieser Beschreibung und dergleichen können die Begriffe „Film“ und „Schicht“ je nach Sachlage oder Umständen untereinander ausgetauscht werden. Beispielsweise kann der Begriff „leitende Schicht“ gegebenenfalls in den Begriff „leitender Film“ umgewandelt werden. Es kann auch der Begriff „isolierender Film“ gegebenenfalls in den Begriff „isolierende Schicht“ umgewandelt werden.

[0049] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein Singulett-Anregungszustand (S*) einen Singulett-Zustand mit Anregungsenergie. Das niedrigste Niveau des Singulett-Anregungsenergieniveaus (S1-Niveau) bezeichnet das Anregungsenergieniveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes. Ein Triplett-Anregungszustand (T*) bezeichnet einen Triplett-Zustand mit Anregungsenergie. Das niedrigste Niveau des Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveau) bezeichnet das Anregungsenergieniveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes. Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen ein Singulett-Anregungszustand und ein Singulett-Anregungsenergieniveau in einigen Fällen den niedrigsten Singulett-Anregungszustand bzw. das S1-Niveau bezeichnen. Ein Triplett-Anregungszustand und ein Triplett-Anregungsenergieniveau bezeichnen in einigen Fällen den niedrigsten Triplett-Anregungszustand bzw. das T1-Niveau.

[0050] In dieser Beschreibung und dergleichen bezieht sich eine fluoreszierende Verbindung auf eine Verbindung, die Licht im sichtbaren Lichtbereich emittiert, wenn sie von dem Singulett-Anregungszustand in den Grundzustand relaxiert. Eine phosphoreszierende Verbindung bezieht sich auf eine Verbindung, die bei Raumtemperatur Licht im sichtbaren Lichtbereich emittiert, wenn sie von dem Triplett-Anregungszustand in den Grundzustand relaxiert. Das heißt, dass sich eine phosphoreszierende Verbindung auf eine Verbindung bezieht, die Triplett-Anregungsenergie in sichtbares Licht umwandeln kann.

[0051] Eine Phosphoreszenzemissionsenergie oder eine Triplett-Anregungsenergie kann von einer Wellenlänge eines Phosphoreszenzemissionspeaks (einschließlich einer Schulter) auf der kürzesten Wellenlängenseite der Phosphoreszenzemission erhalten werden. Es sei angemerkt, dass die Phosphoreszenzemission in einer Umgebung mit niedriger Temperatur (z. B. 10 K) durch eine zeitaufgelöste Photolumineszenz beobachtet werden kann. Eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz-Emissionsenergie kann von einer Wellenlänge eines Emissionspeaks (einschließlich einer Schulter) auf der kürzesten Wellenlängenseite der thermisch aktivierten verzögerten Fluoreszenz erhalten werden.

[0052] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen „Raumtemperatur“ eine Temperatur von höher als oder gleich 0 °C und niedriger als oder gleich 40 °C bezeichnet.

[0053] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein Wellenlängenbereich von Blau einen Wellenlängenbereich von größer als oder gleich 400 nm und kleiner als 505 nm, und blaues Licht weist mindestens einen Peak in diesem Bereich in einem Emissionsspektrum auf. Ein Wellenlängenbereich von Grün bezeichnet einen Wellenlängenbereich von größer als oder gleich 505 nm und kleiner als 580 nm, und grünes Licht weist mindestens einen Peak in diesem Bereich in einem Emissionsspektrum auf. Ein Wellenlängenbereich von Rot bezeichnet einen Wellenlängenbereich von größer als oder gleich 580 nm und kleiner als oder gleich 680 nm, und rotes Licht weist mindestens einen Peak in diesem Bereich in einem Emissionsspektrum auf.

(Ausführungsform 1)

[0054] Bei dieser Ausführungsform wird nachfolgend ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von **Fig.** 1A und **Fig.** 1B sowie **Fig.** 2A und **Fig.** 2B beschrieben.

<Strukturbeispiel des Licht emittierenden Elements>

[0055] Als Erstes wird eine Struktur des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von **Fig.** 1A und **Fig.** 1B beschrieben.

[0056] **Fig.** 1A ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 150 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0057] Das Licht emittierende Element 150 umfasst ein Paar von Elektroden (eine Elektrode 101 und eine Elektrode 102) und eine EL-Schicht 100 zwischen dem Paar von Elektroden. Die EL-Schicht 100 umfasst mindestens eine Licht emittierende Schicht 130.

[0058] Die EL-Schicht 100, die in **Fig.** 1A dargestellt wird, umfasst zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 130 Funktionsschichten, wie z. B. eine Lochinjektionsschicht 111, eine Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 118 und eine Elektroneninjektionsschicht 119.

[0059] Obwohl bei dieser Ausführungsform eine Beschreibung in der Annahme vorgenommen wird, dass die Elektrode 101 und die Elektrode 102 des Paars von Elektroden als Anode bzw. Kathode dienen, sind sie bei

der Struktur des Licht emittierenden Elements 150 nicht darauf beschränkt. Das heißt, dass die Elektrode 101 eine Kathode sein kann, dass die Elektrode 102 eine Anode sein kann und dass die Anordnungsreihenfolge der Schichten zwischen den Elektroden umgekehrt sein kann. Mit anderen Worten: Die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Licht emittierende Schicht 130, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 können in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus angeordnet sein.

[0060] Die Struktur der EL-Schicht 100 ist nicht auf die Struktur, die in **Fig.** 1A dargestellt wird, beschränkt, und eine Struktur, die mindestens eine Schicht umfasst, die aus der Lochinjektionsschicht 111, der Lochtransportschicht 112, der Elektronentransportschicht 118 und der Elektroneninjektionsschicht 119 ausgewählt wird, kann zum Einsatz kommen. Alternativ kann die EL-Schicht 100 beispielsweise eine Funktionsschicht umfassen, die in der Lage ist, eine Loch- oder Elektroneninjektionsbarriere zu senken, eine Loch- oder Elektronentransporteigenschaft zu verbessern, eine Loch- oder Elektronentransporteigenschaft zu unterdrücken oder einen Quenching-Effekt durch eine Elektrode zu unterdrücken. Es sei angemerkt, dass die Funktionsschichten jeweils eine Einzelschicht oder eine Mehrfachschicht sein können.

[0061] **Fig.** 1B ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Beispiel für die Licht emittierende Schicht 130 in **Fig.** 1A darstellt. Die Licht emittierende Schicht 130 in **Fig.** 1B enthält ein Wirtsmaterial 131 und ein Gastmaterial 132. Das Wirtsmaterial 131 enthält eine organische Verbindung 131_1 und eine organische Verbindung 131_2.

[0062] Das Gastmaterial 132 kann eine Licht emittierende organische Verbindung sein, und die Licht emittierende organische Verbindung ist vorzugsweise eine Substanz, die eine Phosphoreszenz emittieren kann (im Folgenden auch als phosphoreszierende Verbindung bezeichnet). Eine Struktur, bei der eine phosphoreszierende Verbindung als Gastmaterial 132 verwendet wird, wird im Folgenden beschrieben. Das Gastmaterial 132 kann auch als phosphoreszierende Verbindung bezeichnet werden.

<Lichtemissionsmechanismus des Licht emittierenden Elements>

[0063] Als Nächstes wird im Folgenden der Lichtemissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 130 beschrieben.

[0064] Die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2, die in dem Wirtsmaterial 131 in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten sind, bilden einen Exciplex.

[0065] Solange eine Kombination aus der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 einen Exciplex bilden kann, ist sie akzeptabel; jedoch handelt es sich vorzugsweise bei einer von ihnen um eine Verbindung mit einer Funktion zum Transportieren von Löchern (einer Lochtransporteigenschaft) und bei der anderen um eine Verbindung mit einer Funktion zum Transportieren von Elektronen (einer Elektronentransporteigenschaft). In diesem Fall wird ein Donator-Akzeptor-Exciplex leicht gebildet; somit kann ein Exciplex effizient gebildet werden.

[0066] Die Kombination aus der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 ist vorzugsweise wie folgt: Eine Verbindung weist ein niedrigeres HOMO- (highest occupied molecular orbital, höchstes besetztes Molekülorbital-) Niveau und ein niedrigeres LUMO- (lowest unoccupied molecular orbital, niedrigstes unbesetztes Molekülorbital-) Niveau auf als die andere.

[0067] In dem Fall, in dem beispielsweise die organische Verbindung 131_1 eine Elektronentransporteigenschaft aufweist und die organische Verbindung 131_2 eine Lochtransporteigenschaft aufweist, ist das HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 vorzugsweise niedriger als dasjenige der organischen Verbindung 131_2 und ist das LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 vorzugsweise niedriger als dasjenige der organischen Verbindung 131_2, wie in dem Energiebanddiagramm in **Fig.** 2A gezeigt.

[0068] Zu diesem Zeitpunkt weist ein Exciplex, der von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet wird, eine Anregungsenergie auf, die ungefähr einer Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 entspricht. Eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und demjenigen der organischen Verbindung 131_2 ist vorzugsweise größer als oder gleich 0,1 eV, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,2 eV. Auf ähnliche Weise ist eine Differenz zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und demjenigen der organischen Verbindung 131_2 vorzugsweise größer als oder gleich 0,1 eV, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,2 eV. Die Energiedifferenz wird bevorzugt,

da sie die Injektion von Elektronenladungsträgern und Lochladungsträgern von dem Paar von Elektroden (der Elektrode 101 und der Elektrode 102) in die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2 fördert. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 2A „Wirt (131_1)“ die organische Verbindung 131_1 darstellt, „Wirt (131_2)“ die organische Verbindung 131_2 darstellt, „Gast (132)“ das Gastmaterial 132 darstellt, ΔE_{Ex} eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 darstellt und ΔE_G eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 darstellt.

[0069] Das HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 ist niedriger als das HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 und das LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 ist höher als das LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1. Das heißt, dass die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 größer ist als die Energiedifferenz (ΔE_{Ex}) zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2. Somit kann die Bildung eines Exciplex von dem Gastmaterial 132 und der organischen Verbindung 131_1 oder der organischen Verbindung 131_2 unterdrückt werden.

[0070] Beispielsweise besteht die Möglichkeit, dass das Gastmaterial 132 und die organische Verbindung 131_1 einen Exciplex bilden, wenn das HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 höher als oder gleich dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 ist sowie das Gastmaterial 132 das höchste HOMO-Niveau aufweist und die organische Verbindung 131_1 das niedrigste LUMO-Niveau unter Materialien aufweist, die in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten sind. Insbesondere wird dann, wenn eine Energiedifferenz zwischen dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 und dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 kleiner als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials wird, ein Exciplex von dem Gastmaterial 132 und der organischen Verbindung 131_1 mit höherer Wahrscheinlichkeit gebildet. In einem derartigen Fall ist es weniger wahrscheinlich, dass das Gastmaterial 132 an sich einen Anregungszustand bildet, was die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements verringert.

[0071] Beispielsweise besteht die Möglichkeit, dass das Gastmaterial 132 und die organische Verbindung 131_2 einen Exciplex bilden, wenn das LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 niedriger als oder gleich dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 ist sowie das Gastmaterial 132 das niedrigste LUMO-Niveau aufweist und die organische Verbindung 131_2 das höchste HOMO-Niveau unter Materialien aufweist, die in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten sind. Insbesondere wird dann, wenn eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 kleiner als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials wird, ein Exciplex von dem Gastmaterial 132 und der organischen Verbindung 131_2 mit höherer Wahrscheinlichkeit gebildet. In einem derartigen Fall ist es weniger wahrscheinlich, dass das Gastmaterial 132 an sich einen Anregungszustand bildet, was die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements verringert.

[0072] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Bildung eines Exciplex von dem Gastmaterial 132 und der organischen Verbindung 131_1 oder der organischen Verbindung 131_2 unterdrückt werden, wodurch ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden kann.

[0073] Das HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 ist niedriger als dasjenige der organischen Verbindung 131_2, und das LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 ist höher als dasjenige der organischen Verbindung 131_1. Unter Ladungsträgern (Löchern und Elektronen), die von dem Paar von Elektroden (der Elektrode 101 und der Elektrode 102) injiziert werden, werden in der Licht emittierenden Schicht 130 Löcher, die von der Anode injiziert werden, leicht in die organische Verbindung 131_2 injiziert und Elektronen, die von der Kathode injiziert werden, leicht in die organische Verbindung 131_1 injiziert.

[0074] In Anbetracht des Vorstehenden kann bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 gleich demjenigen der organischen Verbindung 131_2 sein, oder das LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 kann gleich demjenigen der organischen Verbindung 131_1 sein. Jedoch wird es bevorzugt, dass die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 größer ist als die Energiedifferenz (ΔE_{Ex}) zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2. Die Begründung wird im Folgenden erläutert.

[0075] Da die Energiedifferenz (ΔE_{Ex}) zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem

LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 ist, ist die Bildung eines Exciplex von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 energetisch stabiler als die Bildung eines Anregungszustandes von lediglich entweder der organischen Verbindung 131_1 oder der organischen Verbindung 131_2. Des Weiteren ist, da die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 größer als die Energiedifferenz (ΔE_{Ex}) zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 ist, die Bildung eines Exciplex von der organischen Verbindung 131_1 und der der organischen Verbindung 131_2 energetisch stabiler als ein Anregungszustand, der durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen), die in die Licht emittierende Schicht 130 injiziert werden, gebildet wird. Somit handelt es sich bei der Mehrheit der Anregungszustände, die in der Licht emittierenden Schicht 130 existieren, um Exciplexe, die von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet werden.

[0076] Das Gastmaterial 132 ist ein phosphoreszierendes, Licht emittierendes Material und weist somit eine Funktion zum Umwandeln von Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission auf. Außerdem ist Energie in einem Triplett-Anregungszustand stabiler als in einem Singulett-Anregungszustand. Demzufolge kann das Gastmaterial 132 Licht mit einer Energie emittieren, die kleiner ist als die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben herausgefunden, dass selbst in dem Fall, in dem die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 größer als die Energiedifferenz (ΔE_{Ex}) zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 ist, die Anregungsenergieübertragung von einem Exciplex, der von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet wird, auf das Gastmaterial 132 möglich ist und eine Lichtemission von dem Gastmaterial 132 erhalten werden kann, solange eine Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132 oder eine Übergangsenergie, die aus einem Absorptionsspektrum berechnet wird, kleiner als oder gleich ΔE_{Ex} ist. Wenn ΔE_G des Gastmaterials 132 größer ist als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132 oder die Übergangsenergie, die aus dem Absorptionsspektrum berechnet wird, ist eine hohe elektrische Energie, die ΔE_G entspricht, notwendig, um eine elektrische Anregung des Gastmaterials 132 direkt herbeizuführen, wodurch die Ansteuerspannung erhöht wird. Jedoch wird bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Exciplex elektrisch mit einer elektrischen Energie, die ΔE_{Ex} entspricht (die kleiner als ΔE_G ist), angeregt, und eine Lichtemission von dem Gastmaterial 132 kann durch eine Energieübertragung davon erhalten werden, so dass mit einer niedrigen Spannung eine Lichtemission des Gastmaterials mit hoher Effizienz erhalten werden kann. Das heißt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in dem Fall nützlich ist, in dem ΔE_G deutlich größer ist als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132 oder die Übergangsenergie, die aus dem Absorptionsspektrum berechnet wird (beispielsweise in dem Fall, in dem das Gastmaterial ein Material ist, das blaues Licht emittiert).

[0077] Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem das Gastmaterial 132 ein Schwermetall enthält, ein Intersystem-Crossing zwischen einem Singulett-Zustand und einem Triplett-Zustand durch eine Spin-Bahn-Wechselwirkung (eine Wechselwirkung zwischen einem Spin-Drehimpuls und einem Bahn-Drehimpuls eines Elektrons) gefördert wird, und ein Übergang zwischen einem Singulett-Grundzustand und einem Triplett-Anregungszustand des Gastmaterials 132 wird in einigen Fällen ermöglicht. Demzufolge können die Emissionseffizienz und die Absorptionswahrscheinlichkeit, die den Übergang zwischen dem Singulett-Grundzustand und dem Triplett-Anregungszustand des Gastmaterials 132 betreffen, erhöht werden. Dementsprechend enthält das Gastmaterial 132 vorzugsweise ein Metallelement mit einer großen Spin-Orbit-Wechselwirkung, insbesondere ein Platin-Gruppenelement (Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Osmium (Os), Iridium (Ir) oder Platin (Pt)). Im Besonderen wird Iridium bevorzugt, da es die Absorptionswahrscheinlichkeit, die den direkten Übergang zwischen einem Singulett-Grundzustand und einem Triplett-Anregungszustand betrifft, erhöhen kann.

[0078] Wie vorstehend beschrieben worden ist, geht selbst dann, wenn die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 größer als die Energiedifferenz (ΔE_{Ex}) zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 ist, die Anregungsenergie in effizienter Weise von einem Exciplex, der von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet wird, auf das Gastmaterial 132 über, solange die Übergangsenergie (Abkürzung: ΔE_{G_abs}), die aus einer Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird, kleiner als oder gleich ΔE_{Ex} ist. Als ein Ergebnis kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz und einer niedrigen Ansteuerspannung erhalten werden, was ein Merkmal einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Zu diesem Zeitpunkt wird die Formel ΔE

$_{G_abs} \leq \Delta E_{Ex} < \Delta E_G$ (ΔE_{G_abs} ist kleiner als oder gleich ΔE_{Ex} und ΔE_{Ex} ist kleiner als ΔE_G) erfüllt. Somit ist der Mechanismus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in dem Fall geeignet, in dem die Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}), die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird, kleiner als die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 ist. Mit anderen Worten: Der Mechanismus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in dem Fall geeignet, in dem die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 größer als die Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}) ist, die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird. Insbesondere ist die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 vorzugsweise um 0,4 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}), die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird. Da die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132 kleiner als oder gleich ΔE_{G_abs} ist, ist die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 vorzugsweise um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132. Es sei angemerkt, dass die Lichtemissionsenergie von einer Peakwellenlänge (dem Maximalwert, oder einschließlich eines Schulterpeaks) auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums abgeleitet werden kann.

[0079] Je kürzer die Emissionswellenlänge des Gastmaterials 132 ist (je höher die Lichtemissionsenergie ist), desto größer ist die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132, und folglich wird eine größere Energie für die elektrische Anregung des Gastmaterials benötigt. Jedoch kann entsprechend der Erfindung dann, wenn die Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}), die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird, kleiner als oder gleich ΔE_{Ex} ist, das Gastmaterial 132 mit einer Energie, die so klein wie ΔE_{Ex} ist, angeregt werden, was sehr viel kleiner als ΔE_G ist, wodurch der Stromverbrauch des Licht emittierenden Elements verringert werden kann. Demzufolge kommt der Effekt des Mechanismus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in dem Fall zur Geltung, in dem eine Energiedifferenz zwischen der Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}), die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird, und der Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 groß ist (d. h., insbesondere in dem Fall, in dem das Gastmaterial ein Material ist, das blaues Licht emittiert).

[0080] Wenn sich die Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}), die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird, verringert, verringert sich ebenfalls die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132. In diesem Fall ist eine Lichtemission, die eine hohe Energie benötigt, wie z. B. eine blaue Lichtemission, schwer zu erzielen. Das heißt: Wenn eine Differenz zwischen ΔE_{G_abs} und ΔE_G zu groß ist, ist es schwierig, eine hochenergetische Lichtemission, wie z. B. eine blaue Lichtemission, zu erzielen.

[0081] Aus diesen Gründen ist die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 vorzugsweise um 0,4 eV bis 0,8 eV, stärker bevorzugt um 0,5 eV bis 0,8 eV größer als die Übergangsenergie (ΔE_{G_abs}), die aus der Absorptionskante des Gastmaterials 132 berechnet wird. Da die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132 kleiner als oder gleich ΔE_{G_abs} ist, ist die Energiedifferenz (ΔE_G) zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 vorzugsweise um um 0,4 eV bis 0,8 eV, stärker bevorzugt um 0,5 eV bis 0,8 eV größer als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials 132.

[0082] Eine Differenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 und demjenigen der organischen Verbindung 131_1 ist größer als oder gleich 0,1 eV, und bevorzugt größer als oder gleich 0,2 eV. Eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 und demjenigen der organischen Verbindung 131_2 ist vorzugsweise größer als oder gleich 0,05 eV, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,1 eV, und noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,2 eV. Die Differenzen werden vorzugsweise innerhalb der vorstehenden Bereiche ausgewählt, da dadurch die Injektion von Elektronenladungsträgern und Lochladungsträgern in die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2 begünstigt wird.

[0083] Es sei angemerkt, dass das HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 höher als oder niedriger als das HOMO-Niveau der organischen Verbindung 131_1 sein kann. Auf ähnliche Weise kann das LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 höher als oder niedriger als das LUMO-Niveau der organischen Verbindung 131_2 sein.

[0084] Entsprechend der vorstehend beschriebenen Beziehung zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau ist die Kombination aus der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 vorzugsweise wie folgt: Eine weist ein höheres Oxidationspotential und ein höheres Reduktionspotential auf als die andere.

[0085] Beispielsweise wird es in dem Fall, in dem die organische Verbindung 131_1 eine Elektronentransporteigenschaft aufweist und die organische Verbindung 131_2 eine Lochtransporteigenschaft aufweist, bevorzugt, dass das Oxidationspotential der organischen Verbindung 131_1 höher als dasjenige der organischen Verbindung 131_2 ist und dass das Reduktionspotential der organischen Verbindung 131_1 höher als dasjenige der organischen Verbindung 131_2 ist. Es sei angemerkt, dass das Oxidationspotential und das Reduktionspotential durch Cyclovoltammetrie (CV) gemessen werden können.

[0086] Vorzugsweise ist das Oxidationspotential des Gastmaterials 132 höher als dasjenige der organischen Verbindung 131_2 und ist das Reduktionspotential des Gastmaterials 132 niedriger als dasjenige der organischen Verbindung 131_1. Somit kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, die Bildung eines Exciplex von dem Gastmaterial 132 und der organischen Verbindung 131_1 oder der organischen Verbindung 131_2 unterdrückt werden.

[0087] In dem Fall, in dem die Kombination aus den organischen Verbindungen 131_1 und 131_2 eine Kombination aus einer Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und einer Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft ist, kann das Ladungsträgergleichgewicht leicht gesteuert werden, indem das Mischverhältnis angepasst wird. Insbesondere liegt das Gewichtsverhältnis von der Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft zu der Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft vorzugsweise innerhalb eines Bereichs von 1 : 9 bis 9 : 1. Da das Ladungsträgergleichgewicht leicht durch die Struktur gesteuert werden kann, kann ein Ladungsträgerrekombinationsbereich ebenfalls leicht gesteuert werden.

[0088] Der Exciplex, der von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet wird, weist das HOMO in einer der organischen Verbindungen und das LUMO in der anderen der organischen Verbindungen auf; somit ist die Überlagerung zwischen dem HOMO und dem LUMO sehr klein. Das heißt, dass der Exciplex eine kleine Differenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau und dem Triplett-Anregungsenergieniveau aufweist. Die Differenz zwischen dem Triplett-Anregungsenergieniveau und dem Singulett-Anregungsenergieniveau des Exciplex, der von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet wird, ist somit vorzugsweise größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV.

[0089] **Fig.** 2B zeigt eine Korrelation von Energieniveaus der organischen Verbindung 131_1, der organischen Verbindung 131_2 und des Gastmaterials 132 in der Licht emittierenden Schicht 130. Das Folgende verdeutlicht, was Begriffe und Zeichen in **Fig.** 2B darstellen:

Wirt (131_1): ein Wirtsmaterial (die organische Verbindung 131_1);

Wirt (131_2): ein Wirtsmaterial (die organische Verbindung 131_2);

Gast (132): das Gastmaterial 132 (die phosphoreszierende Verbindung);

S_{PH}: das S1-Niveau des Wirtsmaterials (der organischen Verbindung 131_1);

T_{PH}: das T1-Niveau des Wirtsmaterials (der organischen Verbindung 131_1);

S_{PG}: das S1-Niveau der phosphoreszierenden Verbindung (des Gastmaterials 132);

T_{PG}: das T1-Niveau der phosphoreszierenden Verbindung (des Gastmaterials 132);

S_{PE}: das S1-Niveau des Exciplex; und

□T_{PE}: das T1-Niveau des Exciplex.

[0090] In dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bilden die organischen Verbindungen 131_1 und 131_2, die in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten sind, einen Exciplex. Das niedrigste Singulett-Anregungsenergieniveau des Exciplex (S_{PE}) und das niedrigste Triplett-Anregungsenergieniveau des Exciplex (T_{PE}) sind nebeneinander (siehe Route E_7 in **Fig.** 2B).

[0091] Ein Exciplex ist ein Anregungszustand, der von zwei Arten von Substanzen gebildet wird. Bei Lichtanregung wird der Exciplex durch Wechselwirkung zwischen einer Substanz in einem Anregungszustand und einer weiteren Substanz in einem Grundzustand gebildet. Die zwei Arten von Substanzen, die den Exciplex gebildet haben, kehren zu einem Grundzustand zurück, indem sie Licht emittieren, und dann dienen sie wieder als die ursprünglichen zwei Arten von Substanzen. Bei elektrischer Anregung wechselwirkt dann, wenn eine Substanz in einen Anregungszustand versetzt wird, diese sofort mit der anderen Substanz, um einen Exciplex zu bilden. Alternativ empfängt eine Substanz ein Loch und die andere Substanz empfängt ein Elektron, um leicht einen Exciplex zu bilden. In diesem Fall kann eine der Substanzen einen Exciplex bilden, ohne

dabei von sich aus einen Anregungszustand zu bilden, und folglich kann die Mehrheit der Anregungszustände, die in der Licht emittierenden Schicht 130 gebildet werden, als Exciplexe existieren. Der Anregungszustand des Wirtsmaterials 131 kann mit niedriger Anregungsenergie gebildet werden, da die Anregungsenergieniveaus (S_E oder T_E) des Exciplex niedriger sind als das Singulett-Anregungsenergieniveau (S_{PH}) der Wirtsmaterialien (der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2), die den Exciplex bilden. Dementsprechend kann die Ansteuerspannung des Licht emittierenden Elements 150 verringert werden.

[0092] Beide Energien, S_{PE} und T_{PE}, der Exciplexe werden dann auf das Niveau (T_{PG}) des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Gastmaterials 132 (der phosphoreszierenden Verbindung) übertragen; somit wird eine Lichtemission erhalten (siehe Routen E_8 und E_9 in **Fig.** 2B).

[0093] Des Weiteren ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T_{PE}) des Exciplex vorzugsweise höher als das Triplett-Anregungsenergieniveau (T_{PG}) des Gastmaterials 132. Demzufolge können die Singulett-Anregungsenergie und die Triplett-Anregungsenergie des gebildeten Exciplex von dem Singulett-Anregungsenergieniveau (S_{PE}) und dem Triplett-Anregungsenergieniveau (T_{PE}) des Exciplex auf das Triplett-Anregungsenergieniveau (T_{PG}) des Gastmaterials 132 übertragen werden.

[0094] Wenn die Licht emittierende Schicht 130 die vorstehend beschriebene Struktur aufweist, kann eine Lichtemission von dem Gastmaterial 132 (der phosphoreszierenden Verbindung) der Licht emittierenden Schicht 130 in effizienter Weise erhalten werden.

[0095] In dieser Beschreibung und dergleichen können die vorstehend beschriebenen Prozesse über die Routen E_7, E_8 und E_9 als Exciplex-Triplett-Energieübertragung (exciplex-triplet energy transfer, ExTET) bezeichnet werden. Mit anderen Worten: In der Licht emittierenden Schicht 130 wird Anregungsenergie von dem Exciplex auf das Gastmaterial 132 übertragen. In diesem Fall sind die Effizienz des umgekehrten Intersystem-Crossings von T_{PE} zu S_{PE} und die Emissionsquantenausbeute von S_{PE} nicht notwendigerweise hoch, wodurch die Materialien von einer breiten Optionspalette ausgewählt werden können.

[0096] Es sei angemerkt, dass die Reaktionen, die vorstehend beschrieben worden sind, durch die allgemeinen Formeln (G11) bis (G13) dargestellt werden können.

$$D^+ + A^- \rightarrow (D \cdot A)^* \qquad (G11)$$

$$(D \cdot A)^* + G \rightarrow D + A + G^* \qquad (G12)$$

$$G^* \rightarrow G + h\nu \qquad (G13)$$

[0097] In der allgemeinen Formel (G11) nimmt die organische Verbindung 131_1 oder die organische Verbindung 131_2 ein Loch (D^+) auf, und die andere nimmt ein Elektron (A^-) auf, wodurch die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2 einen Exciplex ($(D \cdot A)^*$) bilden. In der allgemeinen Formel (G12) wird Energie von dem Exciplex ($(D \cdot A)^*$) auf das Gastmaterial 132 (G) übertragen, wodurch ein Anregungszustand des Gastmaterials 132 (G^*) gebildet wird. Anschließend emittiert, wie durch die allgemeine Formel (G13) dargestellt, das Gastmaterial 132 in dem Anregungszustand Licht (hv).

[0098] Es sei angemerkt, dass, um Anregungsenergie von dem Exciplex auf das Gastmaterial 132 effizient zu übertragen, das Triplett-Anregungsenergieniveau des Exciplex vorzugsweise niedriger ist als die Triplett-Anregungsenergieniveaus der organischen Verbindungen (der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2) in dem Wirtsmaterial, die den Exciplex bilden. Somit ist es weniger wahrscheinlich, dass ein Quenchen der Triplett-Anregungsenergie des Exciplex auf Grund der organischen Verbindungen auftritt, was zu einer effizienten Energieübertragung auf das Gastmaterial 132 führt.

[0099] Wenn die organische Verbindung 131_2 ein Gerüst mit einer hohen Donatoreigenschaft aufweist, wird ein Loch, das in die Licht emittierende Schicht 130 injiziert worden ist, leicht in die organische Verbindung 131_2 injiziert sowie leicht transportiert. Wenn die organische Verbindung 131_1 ein Gerüst mit einer hohen Akzeptoreigenschaft aufweist, wird ein Elektron, das in die Licht emittierende Schicht 130 injiziert worden ist, leicht in die organische Verbindung 131_1 injiziert sowie leicht transportiert. Somit bilden die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2 leicht einen Exciplex.

[0100] Wenn die Licht emittierende Schicht 130 die vorstehend beschriebene Struktur aufweist, kann eine Lichtemission von dem Gastmaterial 132 der Licht emittierenden Schicht 130 in effizienter Weise erhalten werden.

<Energieübertragungsmechanismus>

[0101] Als Nächstes werden Faktoren zum Steuern der Prozesse intermolekularer Energieübertragung zwischen dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 beschrieben. Als Mechanismen der intermolekularen Energieübertragung wurden zwei Mechanismen, d. h. der Förster-Mechanismus (Dipol-Dipol-Wechselwirkung) und der Dexter-Mechanismus (Elektronenaustausch-Wechselwirkung), vorgeschlagen. Hier wird der intermolekulare Energieübertragungsprozess zwischen dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 beschrieben; das Gleiche kann jedoch auch auf den Fall zutreffen, in dem das Wirtsmaterial 131 ein Exciplex ist.

<<Förstermechanismus>>

[0102] Bei einer Energieübertragung des Förster-Mechanismus ist kein direkter Kontakt zwischen Molekülen notwendig, und Energie wird durch ein Resonanzphänomen einer Dipolschwingung zwischen dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 übertragen. Durch das Resonanzphänomen einer Dipolschwingung gibt das Wirtsmaterial 131 Energie an das Gastmaterial 132 ab, und somit wird das sich in einem Anregungszustand befindende Wirtsmaterial 131 in einen Grundzustand versetzt, und das sich in einem Grundzustand befindende Gastmaterial 132 wird in einen Anregungszustand versetzt. Es sei angemerkt, dass die Geschwindigkeitskonstante $k_{h^*\rightarrow g}$ des Förster-Mechanismus durch die Formel (1) dargestellt wird.

$$k_{h^*\rightarrow g} = \frac{9000c^4K^2\phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N\tau R^6}\int \frac{f'_h(\nu)\varepsilon_g(\nu)}{\nu^4}d\nu \qquad (1)$$

[0103] In der Formel (1) stellt v eine Frequenz dar, $f'_h(v)$ stellt ein normiertes Emissionsspektrum des Wirtsmaterials 131 (ein Fluoreszenzspektrum bei Energieübertragung von einem Singulett-Anregungszustand, und ein Phosphoreszenzspektrum bei Energieübertragung von einem Triplett-Anregungszustand) dar, $\varepsilon_g(v)$ stellt einen molaren Absorptionskoeffizienten des Gastmaterials 132 dar, N stellt die Avogadro-Zahl dar, n stellt einen Brechungsindex eines Mediums dar, R stellt einen intermolekularen Abstand zwischen dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 dar, τ stellt eine gemessene Lebensdauer eines Anregungszustandes (Fluoreszenzlebensdauer oder Phosphoreszenzlebensdauer) dar, c stellt die Geschwindigkeit von Licht dar, ϕ stellt eine Lumineszenz-Quantenausbeute (eine Fluoreszenzquantenausbeute bei Energieübertragung von einem Singulett-Anregungszustand, und eine Phosphoreszenzquantenausbeute bei Energieübertragung von einem Triplett-Anregungszustand) dar, und K^2 stellt einen Koeffizienten (0 bis 4) für die Orientierung eines Übergangsdipolmoments zwischen dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 dar. Es sei angemerkt, dass bei willkürlicher Ausrichtung $K^2 = 2/3$ gilt.

<<Dexter-Mechanismus>>

[0104] Bei dem Dexter-Mechanismus befinden sich das Wirtsmaterial 131 und das Gastmaterial 132 in der Nähe eines kontakteffektiven Bereichs, in dem ihre Orbitale einander überlappen, und das Wirtsmaterial 131, das sich in einem Anregungszustand befindet, und das Gastmaterial 132, das sich in einem Grundzustand befindet, tauschen ihre Elektronen aus, was zu einer Energieübertragung führt. Es sei angemerkt, dass die Geschwindigkeitskonstante $k_{h^*\rightarrow g}$ des Dexter-Mechanismus durch die Formel (2) dargestellt wird.

$$k_{h^*\rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h}\right)K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L}\right)\int f'_h(\nu)\varepsilon'_g(\nu)d\nu \qquad (2)$$

[0105] In der Formel (2) stellt h eine Planck-Konstante dar, K stellt eine Konstante mit einer Energiedimension dar, v stellt eine Frequenz dar, $f'_h(v)$ stellt ein normiertes Emissionsspektrum des Wirtsmaterials 131 (ein Fluoreszenzspektrum bei Energieübertragung von einem Singulett-Anregungszustand, und ein Phosphoreszenzspektrum bei Energieübertragung von einem Triplett-Anregungszustand) dar, $\varepsilon'g(v)$ stellt ein normiertes Absorptionsspektrum des Gastmaterials 132 dar, L stellt einen effektiven Molekülradius dar, und R stellt einen intermolekularen Abstand zwischen dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 dar.

[0106] Hierbei wird die Effizienz der Energieübertragung von dem Wirtsmaterial 131 auf das Gastmaterial 132 (Energieübertragungseffizienz ϕ_{ET}) durch die Formel (3) dargestellt. In der Formel stellt k_r eine Geschwindigkeitskonstante eines Lichtemissionsprozesses (Fluoreszenz bei Energieübertragung von einem Singulett-Anregungszustand, und Phosphoreszenz bei Energieübertragung von einem Triplett-Anregungszustand) des Wirtsmaterials 131 dar, k_n stellt eine Geschwindigkeitskonstante eines Prozesses ohne Lichtemission (thermische Deaktivierung oder Intersystem-Crossing) des Wirtsmaterials 131 dar, und τ stellt eine gemessene Lebensdauer eines Anregungszustandes des Wirtsmaterials 131 dar.

$$\phi_{ET} = \frac{k_{h^* \to g}}{k_r + k_n + k_{h^* \to g}} = \frac{k_{h^* \to g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \to g}} \qquad (3)$$

[0107] Der Formel (3) entsprechend ist herausgefunden worden, dass die Energieübertragungseffizienz ϕ_{ET} durch eine Erhöhung der Geschwindigkeitskonstante $k_{h^* \to g}$ bei der Energieübertragung erhöht werden kann, so dass eine andere konkurrierende Geschwindigkeitskonstante $k_r + k_n$ (= $1/\tau$) relativ klein wird.

<<Konzept für die Förderung der Energieübertragung>>

[0108] Bei Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus wird eine hohe Energieübertragungseffizienz ϕ_{ET} erhalten, wenn die Quantenausbeute ϕ (eine Fluoreszenzquantenausbeute bei der Energieübertragung von einem Singulett-Anregungszustand, und eine Phosphoreszenzquantenausbeute bei der Energieübertragung von einem Triplett-Anregungszustand) hoch ist. Des Weiteren überlappt sich vorzugsweise das Emissionsspektrum (das Fluoreszenzspektrum bei der Energieübertragung von dem Singulett-Anregungszustand) des Wirtsmaterials 131 zum Großteil mit dem Absorptionsspektrum (Absorption, die dem Übergang von dem Singulett-Grundzustand zu dem Triplett-Anregungszustand entspricht) des Gastmaterials 132. Es wird bevorzugt, dass der molare Absorptionskoeffizient des Gastmaterials 132 ebenfalls hoch ist. Das heißt, dass sich das Emissionsspektrum des Wirtsmaterials 131 mit dem Absorptionsband des Gastmaterials 132 überlappt, das sich auf der längsten Wellenlängenseite befindet.

[0109] Um die Geschwindigkeitskonstante $k_{h^* \to g}$ bei der Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus zu erhöhen, überlappt sich vorzugsweise das Emissionsspektrum (ein Fluoreszenzspektrum bei der Energieübertragung von einem Singulett-Anregungszustand und ein Phosphoreszenzspektrum bei der Energieübertragung von einem Triplett-Anregungszustand) des Wirtsmaterials 131 zum Großteil mit dem Absorptionsspektrum (Absorption, die dem Übergang von einem Singulett-Grundzustand zu einem Triplett-Anregungszustand entspricht) des Gastmaterials 132. Demzufolge kann die Energieübertragungseffizienz optimiert werden, indem dafür gesorgt wird, dass sich das Emissionsspektrum des Wirtsmaterials 131 mit dem Absorptionsband des Gastmaterials 132 überlappt, das sich auf der längsten Wellenlängenseite befindet.

[0110] Auf eine Weise, die derjenigen der Energieübertragung von dem Wirtsmaterial 131 auf das Gastmaterial 132 gleicht, tritt die Energieübertragung sowohl durch den Förster-Mechanismus als auch durch den Dexter-Mechanismus auch bei dem Energieübertragungsprozess von dem Exciplex auf das Gastmaterial 132 auf.

[0111] Dementsprechend stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element bereit, das als Wirtsmaterial 131 die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2 enthält, die eine Kombination zum Bilden eines Exciplex sind, der als Energiedonator dient, der in der Lage ist, Energie effizient auf das Gastmaterial 132 zu übertragen. Die Anregungsenergie zum Bilden des Exciplex von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 kann niedriger als die Anregungsenergie der organischen Verbindung 131_1 in dem Anregungszustand und niedriger als die Anregungsenergie der organischen Verbindung 131_2 in dem Anregungszustand sein. Somit kann die Ansteuerspannung des Licht emittierenden Elements 150 verringert werden. Um die Energieübertragung von dem Singulett-Anregungsenergieniveau des Exciplex auf das Triplett-Anregungsenergieniveau des Gastmaterials 132, das als Energieakzeptor dient, zu fördern, überlappt sich ferner das Emissionsspektrum des Exciplex vorzugsweise mit dem Absorptionsband des Gastmaterials 132, das sich auf der längsten Wellenlängenseite (niedrigsten Energieseite) befindet. Demzufolge kann die Effizienz beim Erzeugen des Triplett-Anregungszustandes des Gastmaterials 132 erhöht werden. Der Exciplex, der in der Licht emittierenden Schicht 130 gebildet wird, weist das folgende Merkmal auf: Das Singulett-Anregungsenergieniveau ist nahe an dem Triplett-Anregungsenergieniveau. Demzufolge kann durch Überlappen des Emissionsspektrums des

Exciplex und des Absorptionsbandes des Gastmaterials 132, das sich auf der längsten Wellenlängenseite (niedrigsten Energieseite) befindet, die Energieübertragung von dem Triplett-Anregungsenergieniveau des Exciplex auf das Triplett-Anregungsenergieniveau des Gastmaterials 132 gefördert werden.

<Material>

[0112] Als Nächstes werden im Folgenden Komponenten eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben.

<<Licht emittierende Schicht>>

[0113] Bei der Licht emittierenden Schicht 130 ist das Wirtsmaterial 131 mit dem höchsten Gewichtsanteil vorhanden, und das Gastmaterial 132 (die phosphoreszierende Verbindung) ist in dem Wirtsmaterial 131 dispergiert. Das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 (der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2) der Licht emittierenden Schicht 130 ist vorzugsweise höher als das T1-Niveau des Gastmaterials (des Gastmaterials 132) der Licht emittierenden Schicht 130.

[0114] Ein Material mit einer Eigenschaft zum Transportieren von mehr Elektronen als Löchern kann als organische Verbindung 131_1 verwendet werden, wobei ein Material mit einer Elektronenbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher vorzuziehen ist. Eine Verbindung, die ein Gerüst mit einem π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring umfasst, wie z. B. eine stickstoffhaltige heteroaromatische Verbindung, oder ein auf Zink oder Aluminium basierender Metallkomplex, kann beispielsweise als Material, das leicht Elektronen aufnimmt (Material mit einer Elektronentransporteigenschaft), verwendet werden. Beispiele für die Verbindung, die ein Gerüst mit einem π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring umfasst, umfassen ein Oxadiazol-Derivat, ein Triazol-Derivat, ein Benzimidazol-Derivat, ein Chinoxalin-Derivat, ein Dibenzochinoxalin-Derivat, ein Phenanthrolin-Derivat, ein Pyridin-Derivat, ein Bipyridin-Derivat, ein Pyrimidin-Derivat und ein Triazin-Derivat. Beispiele für den auf Zink oder Aluminium basierenden Metallkomplex umfassen einen Metallkomplex mit einem Chinolin-Liganden, einen Metallkomplex mit einem Benzochinolin-Liganden, einen Metallkomplex mit einem Oxazol-Liganden und einen Metallkomplex mit einem Thiazol-Liganden.

[0115] Spezifische Beispiele umfassen Metallkomplexe mit einem Chinolin-Gerüst oder einem Benzochinolin-Gerüst, wie z. B. Tris(8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: $Almq_3$), Bis(10-hydroxybenzo[h]-chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: $BeBq_2$), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAlq) und Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq). Ein Metallkomplex mit einem Liganden auf Oxazol-Basis oder Thiazol-Basis, wie z. B. Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolat]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) oder Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ) können alternativ verwendet werden. Neben derartigen Metallkomplexen können beliebige der folgenden Verbindungen verwendet werden: heterocyclische Verbindungen, wie z. B. 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzol (Abkürzung: OXD-7), 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11), 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 9-[4-(4,5-Diphenyl-4H-1,2,4-triazol-3-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzTAZ1), 2,2',2''-(1,3,5-Benzoltriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI), 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBIm-II), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen) und Bathocuproin (Abkürzung: BCP); heterocyclische Verbindungen mit einem Diazin-Gerüst, wie z. B. 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-Carbazol-9-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mCzBPDBq), 2-[4-(3,6-Diphenyl-9H-carbazol-9-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2CzPDBq-III), 7-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 6mDBTPDBq-II), 2-[3-(3,9'-Bi-9H-carbazol-9-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mCzCzPDBq), 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm), 4,6-Bis[3-(4-dibenzothienyl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II) und 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm); heterocyclische Verbindungen mit einem Triazin-Gerüst, wie z. B. 2-{4-[3-(N-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-9-yl]phenyl}-4,6-diphenyl-1,3, 5-triazin (Abkürzung: PCCzPTzn); heterocyclische Verbindungen mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy); und heteroaromatische Verbindungen, wie z. B. 4,4'-Bis(5-methylbenzoxazol-2-yl)stilben (Abkürzung: BzOs). Unter den heterocyclischen Verbindungen sind die heterocyclischen Verbindungen mit einem Triazin-Gerüst, einem Diazin-Gerüst (Pyrimidin, Pyrazin, Pyridazin) oder einem Pyridin-Gerüst sehr zuverlässig und stabil und werden somit bevorzugt verwendet. Außerdem weisen die heterocyclischen Verbindungen mit den Gerüsten eine hohe Elektronentransporteigen-

schaft auf, wodurch sie zu einer Verringerung der Ansteuerspannung beitragen. Eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Poly(2,5-pyridindiyl) (Abkürzung: PPy), Poly[(9,9-dihexylfluoren-2,7-diyl)-co-(pyridin-3,5-diyl)] (Abkürzung: PF-Py) oder Poly[(9,9-dioctylfluoren-2,7-diyl)-co-(2,2'-bipyridin-6,6'-diyl)] (Abkürzung: PF-BPy), kann ferner als Alternative verwendet werden. Die hier beschriebenen Substanzen sind hauptsächlich Substanzen, die eine Elektronenbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass andere Substanzen ebenfalls verwendet werden können, solange ihre Elektronentransporteigenschaften höher sind als ihre Lochtransporteigenschaften.

[0116] Als organische Verbindung 131_2 wird vorzugsweise eine Substanz verwendet, die gemeinsam mit der organischen Verbindung 131_1 einen Exciplex bilden kann. Insbesondere umfasst die organische Verbindung 131_2 vorzugsweise ein Gerüst mit einer hohen Donatoreigenschaft, wie z. B. ein Gerüst mit einem π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring oder ein aromatisches Amin-Gerüst. Beispiele für die Verbindung, die ein Gerüst mit einem π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring umfasst, umfassen heteroaromatische Verbindungen, wie z. B. ein Dibenzothiophen-Derivat, ein Dibenzofuran-Derivat und ein Carbazol-Derivat. Vorzugsweise werden in diesem Fall die organische Verbindung 131_1, die organische Verbindung 131_2 und das Gastmaterial 132 (das phosphoreszierende Material) derart ausgewählt, dass sich der Emissionspeak des Exciplex, der von der organischen Verbindung 131_1 und der organischen Verbindung 131_2 gebildet wird, mit einem Absorptionsband, insbesondere mit einem Absorptionsband auf der längsten Wellenlängenseite, eines Triplett-MLCT- (metal to ligand charge transfer, Metall-zu-Ligand-Ladungsübertragung) Übergangs des Gastmaterials 132 (des phosphoreszierenden Materials) überlappt. Dies ermöglicht es, ein Licht emittierendes Element mit drastisch verbesserter Emissionseffizienz bereitzustellen. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes Material anstelle der phosphoreszierenden Verbindung verwendet wird, vorzugsweise das Absorptionsband auf der längsten Wellenlängenseite ein Singulett-Absorptionsband ist.

[0117] Als organische Verbindung 131_2 können nachfolgend angegebene Materialien mit einer Lochtransporteigenschaft verwendet werden.

[0118] Ein Material, das eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen aufweist, kann als Lochtransportmaterial verwendet werden, wobei ein Material mit einer Löcherbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher vorzuziehen ist. Insbesondere kann ein aromatisches Amin, ein Carbazol-Derivat, ein aromatischer Kohlenwasserstoff, ein Stilben-Derivat oder dergleichen verwendet werden. Ferner kann es sich bei dem Lochtransportmaterial um eine hochmolekulare Verbindung handeln.

[0119] Beispiele für die aromatischen Aminverbindungen, die für das Material verwendet werden können, das eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweist, umfassen N,N'-Di(p-tolyl)-N,N'-diphenyl-p-phenylendiamin (Abkürzung: DTDPPA), 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB), N,N'-Bis{4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl}-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4' -diamin (Abkürzung: DNTPD), 1,3,5-Tris[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]benzol (Abkürzung: DPA3B) und dergleichen.

[0120] Spezifische Beispiele für das Carbazol-Derivat umfassen 3-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA1), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA2), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-(1-naphthyl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzTPN2), 3-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA1), 3,6-Bis[N-(9-phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA2), 3-[N-(1-Naphthyl)-N-(9-phenylcarbazol-3-yl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCN1) und dergleichen.

[0121] Weitere Beispiele für das Carbazol-Derivat umfassen 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 1,3,5-Tris[4-(N-carbazolyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TCPB), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthracenyl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 1,4-Bis[4-(N-carbazolyl)phenyl]-2,3,5,6-tetraphenylbenzol und dergleichen.

[0122] Beispiele für den aromatischen Kohlenwasserstoff umfassen 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(1-naphthyl)anthracen, 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 2-tert-Butyl-9,10-bis(4-phenylphenyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDBA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 9,10-Diphenylanthracen (Abkürzung: DPAnth), 2-tert-Butylanthracen (Abkürzung: t-BuAnth), 9,10-Bis(4-methyl-1-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DMNA), 2-tert-Butyl-9,1 0-bis[2-(1-naphthyl)phenyl]anthracen, 9,10-Bis[2-(1-naphthyl)phenyl]anthracen, 2,3,6,7-Tetramethyl-9,10-di(1-naphthyl)anthracen, 2,3,6,7-Tetramethyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen, 9,9'-Bianthryl, 10,10'-Diphenyl-9,9'-bianthryl, 10,10'-Bis(2-phenylphenyl)-9,9'-bianthryl, 10,10'-Bis[(2,3,4,5,6-pentaphenyl)phenyl]-9,9'-bianthryl, Anthra-

cen, Tetracen, Rubren, Perylen, 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylen und dergleichen. Weitere Beispiele umfassen Pentacen, Coronen und dergleichen. Der aromatische Kohlenwasserstoff, der eine Löcherbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher und 14 bis 42 Kohlenstoffatome aufweist, wird besonders bevorzugt.

[0123] Der aromatische Kohlenwasserstoff kann ein Vinyl-Gerüst aufweisen. Beispiele für den aromatischen Kohlenwasserstoff mit einer Vinyl-Gruppe umfassen 4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl (Abkürzung: DPVBi), 9,10-Bis[4-(2,2-diphenylvinyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: DPVPA) und dergleichen.

[0124] Weitere Beispiele umfassen hochmolekulare Verbindungen, wie z. B. Poly(N-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK), Poly(4-vinyltriphenylamin) (Abkürzung: PVTPA), Poly[N-(4-{N'-[4-(4-diphenylamino)phenyl]phenyl-N'-phenylamino}phenyl)metha crylamid] (Abkürzung: PTPDMA) und Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis (phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD).

[0125] Beispiele für das Material mit einer hohen Lochtransporteigenschaft umfassen aromatische Aminverbindungen, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB oder α-NPD), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4,4',4''-Tris(carbazol-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: TCTA), 4,4',4''-Tris[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: 1'-TNATA), 4,4',4''-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4''-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: MTDATA), 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino] biphenyl (Abkürzung: BSPB), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-Phenyl-3'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: mBPAFLP), N-(9,9-Dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-N-{ 9,9-dimethyl-2-[N'-phenyl-N'-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)amino]-9H-fluoren-7-yl}phenylamin (Abkürzung: DFLADFL), N-(9,9-Dimethyl-2-diphenylamino-9H-fluoren-7-yl)diphenylamin (Abkürzung: DPNF), 2-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: DPASF), 4-Phenyl-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBA1BP), 4,4'-Diphenyl-4''-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBBi1BP), 4-(1-Naphthyl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBANB), 4,4'-Di(1-naphthyl)-4''-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBNBB), 4-Phenyldiphenyl-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)amin (Abkürzung: PCA1BP), N,N'-Bis(9-phenylcarbazol-3-yl)-N,N'-diphenylbenzol-1,3-diamin (Abkürzung: PCA2B), N,N',N''-Triphenyl-N,N',N''-tris(9-phenylcarbazol-3-yl)benzol-1,3,5-triamin (Abkürzung: PCA3B), N-(4-Biphenyl)-N-(9,9-Dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-9-phenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCBiF), N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-f luoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), 9,9-Dimethyl-N-phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl) phenyl]fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBAF), N-Phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]spiro-9,9'-bifluoren-2-amin (Abkürzung: PCBASF), 2-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: PCASF), 2,7-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: DPA2SF), N-[4-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-N-(4-phenyl)phenylanilin (Abkürzung: YGA1BP) und N,N'-Bis[4-(carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenyl-9,9-dimethylfluoren-2,7-diamin (Abkürzung: YGA2F). Weitere Beispiele umfassen Aminverbindungen, Carbazolverbindungen Thiophenverbindungen, Furanverbindungen, Fluorenverbindungen, Triphenylenverbindungen, Phenanthrenverbindungen und dergleichen, wie z. B. 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn), 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), 1,3-Bis(N-carbazolyl)benzol (Abkürzung: mCP), 3,6-Bis(3,5-diphenylphenyl)-9-phenylcarbazol (Abkürzung: CzTP), 3,6-Di(9H-carbazol-9-yl)-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PhCzGI), 2,8-Di(9H-carbazol-9-yl)-dibenzothiophen (Abkürzung: Cz2DBT), 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBi-II), 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II), 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)benzol (Abkürzung: DBT3P-II), 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III), 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV) und 4-[3-(Triphenylen-2-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: mDBTPTp-II). Unter den vorstehenden Verbindungen werden Verbindungen, die ein Pyrrol-Gerüst, ein Furan-Gerüst, ein Thiophen-Gerüst oder ein aromatisches Amin-Gerüst umfassen, auf Grund ihrer hohen Stabilität und Zuverlässigkeit bevorzugt. Außerdem weisen die Verbindungen mit derartigen Gerüsten eine hohe Lochtransporteigenschaft auf, wodurch sie zu einer Verringerung der Ansteuerspannung beitragen.

[0126] Als Gastmaterial 132 (phosphoreszierendes Material) kann ein auf Iridium, Rhodium oder Platin basierender metallorganischer Komplex oder Metallkomplex verwendet werden; im Besonderen wird ein Organoiridiumkomplex, wie z. B. ein auf Iridium basierender, ortho-metallierter Komplex, bevorzugt. Als ortho-metallierter Ligand können ein 4H-Triazol-Ligand, ein 1H-Triazol-Ligand, ein Imidazol-Ligand, ein Pyridin-Ligand, ein Pyrimidin-Ligand, ein Pyrazin-Ligand, ein Isochinolin-Ligand und dergleichen angegeben werden. Als Metallkomplex können ein Platinkomplex mit einem Porphyrin-Liganden und dergleichen angegeben werden.

[0127] Die organische Verbindung 131_1, die organische Verbindung 131_2 und das Gastmaterial 132 (phosphoreszierende Verbindung) werden derart ausgewählt, dass das LUMO-Niveau des Gastmaterials 132 (der phosphoreszierenden Verbindung) höher ist als dasjenige der organischen Verbindung 131_1 und dass das HOMO-Niveau des Gastmaterials 132 niedriger ist als dasjenige der organischen Verbindung 131_2. Mit dieser Struktur kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz und einer niedrigen Ansteuerspannung erhalten werden.

[0128] Beispiele für die Substanz, die einen Emissionspeak im blauen oder grünen Wellenlängenbereich aufweist, umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN2]phe nyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-dmp)$_3$), Tris(5-methyl-3,4-diphenyl-4H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Mptz)$_3$) Tris[4-(3-biphenyl)-5-isopropyl-3-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrptz-3b)$_3$) und Tris[3-(5-biphenyl)-5-isopropyl-4-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPr5btz)$_3$); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem 1H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris[3-methyl-1-(2-methylphenyl)-5-phenyl-1H-1,2,4-triazolato]iridium (III) (Abkürzung: Ir(Mptz1-mp)$_3$) und Tris(1-methyl-5-phenyl-3-propyl-1H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Prptz1-Me)$_3$); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Imidazol-Gerüst, wie z. B. fac-Tris[1-(2,6-diisopropylphenyl)-2-phenyl-1H-imidazol]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrpmi)$_3$) und Tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f]phenanthridinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmpimpt-Me)$_3$); und metallorganische Iridiumkomplexe, bei denen ein Phenylpyridin-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C$^{2'}$]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: FIr6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C$^{2'}$]iridium(III)picolinat (Abkürzung: FIrpic), Bis{2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C$^{2'}$}iridium(III)picolinat (Abkürzung: Ir(CF$_3$ppy)$_2$(pic)) und Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C$^{2'}$]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: FIr(acac)). Unter den vorstehend angegebenen Materialien weisen die metallorganischen Iridiumkomplexe, die ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst umfassen, wie z. B. ein 4H-Triazol-Gerüst, ein 1H-Triazol-Gerüst oder ein Imidazol-Gerüst, eine hohe Triplett-Anregungsenergie, eine hohe Zuverlässigkeit und eine hohe Emissionseffizienz auf und werden daher besonders bevorzugt.

[0129] Beispiele für die Substanz, die einen Emissionspeak im grünen oder gelben Wellenlängenbereich aufweist, umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)$_3$), Tris(4-t-butyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)$_3$), (Acetylacetonato)bis(6-methyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)2(acac)), (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)$_2$(acac)), (Acetylacetonato)bis[4-(2-norbornyl)-6-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(nbppm)$_2$(acac)), (Acetylacetonato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(I II) (Abkürzung: Ir(mpmppm)$_2$(acac)), (Acetylacetonato)bis{4,6-dimethyl-2-[6-(2,6-dimethylphenyl)-4-pyrimidinyl-κN3]p henyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)) und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(dppm)$_2$(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppr-Me)$_2$(acac)) und (Acetylacetonato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppr-iPr)$_2$(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(2-phenylpyridinato-N,C$^{2'}$)iridium(III) (Abkürzung: Ir(ppy)$_3$), Bis(2-phenylpyridinato-N,C$^{2'}$)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(ppy)$_2$(acac)), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bzq)$_2$(acac)), Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(bzq)$_3$), Tris(2-phenylchinolinato-N,C$^{2'}$)iridium(III) (Abkürzung: Ir(pq)$_3$) und Bis(2-phenylchinolinato-N,C$^{2'}$)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(pq)$_2$(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe, wie z. B. Bis(2,4-diphenyl-1,3-oxazolato-N,C$^{2'}$)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(dpo)$_2$(acac)), Bis{2-[4'-(perfluorphenyl)phenyl]pyridinato-N,C$^{2'}$}iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(p-PF-ph)$_2$(acac)) und Bis(2-phenylbenzothiazolato-N,C$^{2'}$)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bt)$_2$(acac)); und einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: Tb(acac)$_3$(Phen)). Unter den vorstehend angegebenen Materialien weisen die metallorganischen Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst eine sehr hohe Zuverlässigkeit und eine sehr hohe Emissionseffizienz auf und werden daher besonders bevorzugt.

[0130] Beispiele für die Substanz, die einen Emissionspeak im gelben oder roten Wellenlängenbereich aufweist, umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. (Diisobutyrylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)$_2$(dibm)), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)$_2$(dpm)) und Bis[4,6-di(naphthalen-1-yl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(d1npm)$_2$(dpm)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)$_2$(acac)), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkür-

zung: $Ir(tppr)_2(dpm)$) und (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorphenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: $Ir(Fdpq)_2(acac)$); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(1-phenylisochinolinato-N,$C^{2'}$)iridium(III) (Abkürzung: $Ir(piq)_3$) und Bis(1-phenylisochinolinato-N,$C^{2'}$)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: $Ir(piq)_2(acac)$); einen Platinkomplex, wie z. B. 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrin-platin(II) (Abkürzung: PtOEP); und Seltenerdmetallkomplexe, wie z. B. Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: $Eu(DBM)_3(Phen)$) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato](monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: $Eu(TTA)_3(Phen)$). Unter den vorstehend angegebenen Materialien weisen die metallorganischen Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst eine sehr hohe Zuverlässigkeit und eine sehr hohe Emissionseffizienz auf und werden daher besonders bevorzugt. Ferner können die metallorganischen Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst eine rote Lichtemission mit vorteilhafter Chromatizität aufweisen.

[0131] Als Licht emittierendes Material, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, kann ein beliebiges Material verwendet werden, solange das Material die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann. Als Beispiel für das Material, das die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann, ist, zusätzlich zu einer phosphoreszierenden Verbindung, ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (thermally activated delayed fluorescence, TADF) Material bekannt. Demzufolge ist es akzeptabel, dass „phosphoreszierende Verbindung“ in der Beschreibung durch „thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes Material“ ersetzt wird. Es sei angemerkt, dass das thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Material ein Material mit einer kleinen Differenz zwischen dem Triplett-Anregungsenergieniveau und dem Singulett-Anregungsenergieniveau ist und eine Funktion zum Umwandeln von Triplett-Anregungsenergie in eine Singulett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing aufweist. Das TADF-Material kann somit unter Verwendung einer geringen Menge an thermischer Energie einen Triplett-Anregungszustand in einen Singulett-Anregungszustand aufwärts wandeln (d. h., ein umgekehrtes Intersystem-Crossing ist damit möglich) und Licht (Fluoreszenz) in effizienter Weise von dem Singulett-Anregungszustand emittieren. Die TADF wird unter der Bedingung effizient erhalten, unter der die Differenz der Energie zwischen dem Triplett-Anregungsenergieniveau und dem Singulett-Anregungsenergieniveau vorzugsweise größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV, bevorzugt größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,1 eV ist.

[0132] In dem Fall, in dem das thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Material aus einer Materialart besteht, kann beispielsweise ein beliebiges der folgenden Materialien verwendet werden.

[0133] Als Erstes können ein Fulleren, ein Derivat davon, ein Akridin-Derivat, wie z. B. Proflavin, Eosin und dergleichen, angegeben werden. Des Weiteren kann ein metallhaltiges Porphyrin, wie z. B. Porphyrin, das Magnesium (Mg), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Zinn (Sn), Platin (Pt), Indium (In) oder Palladium (Pd) enthält, angegeben werden. Beispiele für das metallhaltige Porphyrin umfassen einen Protoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF_2(Proto IX)), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF_2(Meso IX)), einen Hämatoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF_2(Hämato IX)), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF_2(Copro III-4Me)), einen Oktaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF_2(OEP)), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF_2(Etio I)) und einen Oktaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (Abkürzung: $PtCl_2$(OEP).

[0134] Für das thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Material, das aus einer Materialart besteht, kann auch eine heterocyclische Verbindung, die einen π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring und einen π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring umfasst, verwendet werden. Insbesondere können 2-(Biphenyl-4-yl)-4,6-bis(12-phenylindolo[2,3-a]carbazol-11-yl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(N-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-9-yl]phenyl}-4,6-diphenyl-1,3, 5-triazin (Abkürzung: PCCzPTzn), 2-[4-(10H-Phenoxazin-10-yl)phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-Phenyl-5,10-dihydrophenazin-10-yl)phenyl]-4,5-diphenyl-1,2,4-triazol (Abkürzung: PPZ-3TPT), 3-(9,9-Dimethyl-9H-acridin-10-yl)-9H-xanthen-9-on (Abkürzung: ACRXTN), Bis[4-(9,9-dimethyl-9,10-dihydroacridin)phenyl]sulfon (Abkürzung: DMAC-DPS) oder 10-Phenyl-10H,10'H-spiro[acridin-9,9'-anthracen]-10'-on (Abkürzung: ACRSA) verwendet werden. Die heterocyclische Verbindung wird bevorzugt, da sie den π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring und den π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring aufweist; deswegen sind die Elektronentransporteigenschaft und die Lochtransporteigenschaft hoch. Unter Gerüsten mit dem π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring weisen ein Diazin-Gerüst (ein Pyrimidin-Gerüst, ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyridazin-Gerüst) und ein Triazin-Gerüst eine hohe Stabilität und eine hohe Zuverlässigkeit auf und sind insbesondere vorzuziehen. Unter Gerüsten mit dem π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring weisen ein Acridin-Gerüst, ein Phenoxazin-Gerüst, ein Thiophen-Gerüst, ein Furan-Gerüst und ein Pyrrol-Gerüst eine hohe Stabilität und eine hohe Zuverlässigkeit auf; demzufolge ist/sind eines/mehrere dieser Gerüste vor-

zugsweise enthalten. Als Pyrrol-Gerüst wird ein Indol-Gerüst, ein Carbazol-Gerüst oder ein 3-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-Gerüst insbesondere bevorzugt. Es sei angemerkt, dass eine Substanz, in der der π-elektronenreiche heteroaromatische Ring direkt an den π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring gebunden ist, besonders bevorzugt wird, da sowohl die Donatoreigenschaft des π-elektronenreichen heteroaromatischen Rings als auch die Akzeptoreigenschaft des π-elektronenarmen heteroaromatischen Rings erhöht werden und die Differenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau und dem Triplett-Anregungsenergieniveau klein wird.

[0135] Die Licht emittierende Schicht 130 kann eine Struktur aufweisen, bei der zwei oder mehr Schichten übereinander angeordnet sind. In dem Fall, in dem beispielsweise die Licht emittierende Schicht 130 durch das Übereinanderanordnen einer ersten Licht emittierenden Schicht und einer zweiten Licht emittierenden Schicht in dieser Reihenfolge von der Lochtransportschichtseite aus ausgebildet wird, wird die erste Licht emittierende Schicht unter Verwendung einer Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet und wird die zweite Licht emittierende Schicht unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet. Ein Licht emittierendes Material, das in der ersten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, kann einem Licht emittierenden Material, das in der zweiten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, gleichen oder sich von ihm unterscheiden. Außerdem können die Materialien Funktionen zum Emittieren von Licht der gleichen Farbe oder Licht unterschiedlicher Farben aufweisen. Zwei Arten von Licht emittierenden Materialien mit Funktionen zum Emittieren von Licht mit unterschiedlichen Farben werden für die zwei Licht emittierenden Schichten verwendet, so dass Licht einer Vielzahl von Emissionsfarben zur gleichen Zeit erhalten werden kann. Insbesondere werden die Licht emittierenden Materialien der Licht emittierenden Schichten vorzugsweise derart ausgewählt, dass weißes Licht durch Kombination von Lichtemission von den zwei Licht emittierenden Schichten erhalten werden kann.

[0136] Die Licht emittierende Schicht 130 kann zusätzlich zu dem Wirtsmaterial 131 und dem Gastmaterial 132 ein weiteres Material enthalten.

[0137] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht 130 durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, Tiefdruck oder dergleichen ausgebildet werden kann. Neben den vorstehend erwähnten Materialien können eine anorganische Verbindung, wie z. B. ein Quantenpunkt, oder eine hochmolekulare Verbindung (z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer und ein Polymer) verwendet werden.

<<Lochinjektionsschicht>>

[0138] Die Lochinjektionsschicht 111 weist eine Funktion zum Verringern einer Barriere für eine Lochinjektion von einer Elektrode des Paars von Elektroden (der Elektrode 101 oder der Elektrode 102) auf, um die Lochinjektion zu fördern, und wird beispielsweise unter Verwendung eines Übergangsmetalloxids, eines Phthalocyanin-Derivats oder eines aromatischen Amins ausgebildet. Als Übergangsmetalloxid kann Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Rutheniumoxid, Wolframoxid, Manganoxid oder dergleichen angegeben werden. Als Phthalocyanin-Derivat kann Phthalocyanin, Metallphthalocyanin oder dergleichen angegeben werden. Als aromatisches Amin kann ein Benzidin-Derivat, ein Phenylendiamin-Derivat oder dergleichen angegeben werden. Es ist auch möglich, eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Polythiophen oder Polyanilin, zu verwenden; ein typisches Beispiel dafür ist Poly(ethylendioxythiophen)/Poly(styrolsulfonsäure), welches ein selbstdotiertes Polythiophen ist.

[0139] Als Lochinjektionsschicht 111 kann auch eine Schicht verwendet werden, die ein Verbundmaterial aus einem Lochtransportmaterial und einem Material enthält, das eine Eigenschaft zum Aufnehmen von Elektronen von dem Lochtransportmaterial aufweist. Als Alternative kann auch eine Schichtanordnung aus einer Schicht, die ein Material enthält, das eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, und einer Schicht verwendet werden, die ein Lochtransportmaterial enthält. In einem stabilen Zustand oder in Anwesenheit eines elektrischen Feldes können elektrische Ladungen zwischen diesen Materialien übertragen werden. Als Beispiele für das Material, das eine Eigenschaft zum Aufnehmen von Elektronen aufweist, können organische Akzeptoren, wie z. B. ein Chinodimethan-Derivat, ein Chloranil-Derivat und ein Hexaazatriphenylen-Derivat, angegeben werden. Ein spezifisches Beispiel ist eine Verbindung mit einer elektronenziehenden Gruppe (einer Halogen-Gruppe oder einer Cyano-Gruppe), wie z. B. 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (Abkürzung: F_4-TCNQ), Chloranil oder 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaazatriphenylen (Abkürzung: HAT-CN). Alternativ kann auch ein Übergangsmetalloxid, wie z. B. ein Oxid eines Metalls der Gruppe 4 bis Gruppe 8, verwendet werden. Insbesondere kann Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid, Rheniumoxid oder dergleichen verwendet werden. Im Besonderen

wird Molybdänoxid bevorzugt, weil es an der Luft stabil ist, eine nur geringe hygroskopische Eigenschaft aufweist und leicht gehandhabt werden kann.

[0140] Ein Material mit einer Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen kann als Lochtransportmaterial verwendet werden, wobei ein Material mit einer Löcherbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher vorzuziehen ist. Insbesondere kann ein beliebiges der aromatischen Amine, Carbazol-Derivate, aromatischen Kohlenwasserstoffe, Stilben-Derivate und dergleichen, die als Beispiele für das Lochtransportmaterial beschrieben worden sind, das bei der Licht emittierenden Schicht 130 verwendet werden kann, verwendet werden. Ferner kann es sich bei dem Lochtransportmaterial um eine hochmolekulare Verbindung handeln.

<<Lochtransportschicht>>

[0141] Die Lochtransportschicht 112 ist eine Schicht, die ein Lochtransportmaterial enthält, und kann unter Verwendung eines beliebigen der Lochtransportmaterialien ausgebildet werden, die als Beispiele für das Material der Lochinjektionsschicht 111 angegeben worden sind. Damit die Lochtransportschicht 112 eine Funktion aufweist, Löcher, die in die Lochinjektionsschicht 111 injiziert worden sind, zu der Licht emittierenden Schicht 130 zu transportieren, ist das HOMO-Niveau der Lochtransportschicht 112 vorzugsweise gleich oder nahe an dem HOMO-Niveau der Lochinjektionsschicht 111.

[0142] Eine Substanz mit einer Löcherbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher wird vorzugsweise als Lochtransportmaterial verwendet. Es sei angemerkt, dass außer den vorstehenden Substanzen eine beliebige Substanz verwendet werden kann, solange ihre Eigenschaft zum Transportieren von Löchern höher ist als ihre Eigenschaft zum Transportieren von Elektronen. Die Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft enthält, ist nicht auf eine Einzelschicht beschränkt, und zwei oder mehr Schichten, die die vorstehenden Substanzen enthalten, können übereinander angeordnet werden.

<<Elektronentransportschicht>>

[0143] Die Elektronentransportschicht 118 weist eine Funktion auf, Elektronen, die von der anderen Elektrode des Paars von Elektroden (der Elektrode 101 oder der Elektrode 102) über die Elektroneninjektionsschicht 119 injiziert werden, zu der Licht emittierenden Schicht 130 zu transportieren. Ein Material mit einer Eigenschaft zum Transportieren von mehr Elektronen als Löchern kann als Elektronentransportmaterial verwendet werden, wobei ein Material mit einer Elektronenbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher vorzuziehen ist. Als Verbindung, die leicht Elektronen aufnimmt (Material mit einer Elektronentransporteigenschaft), kann beispielsweise eine π-elektronenarme heteroaromatische Verbindung, wie z. B. eine stickstoffhaltige heteroaromatische Verbindung, ein Metallkomplex oder dergleichen verwendet werden. Insbesondere kann ein Metallkomplex mit einem Chinolin-Liganden, einem Benzochinolin-Liganden, einem Oxazol-Liganden oder einem Thiazol-Liganden angegeben werden, der als Elektronentransportmaterial beschrieben worden ist, das bei der Licht emittierenden Schicht 130 verwendet werden kann. Außerdem können ein Oxadiazol-Derivat, ein Triazol-Derivat, ein Benzimidazol-Derivat, ein Chinoxalin-Derivat, ein Dibenzochinoxalin-Derivat, ein Phenanthrolin-Derivat, ein Pyridin-Derivat, ein Bipyridin-Derivat, ein Pyrimidin-Derivat und ein Triazin-Derivat angegeben werden. Eine Substanz mit einer Elektronenbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher ist vorzuziehen. Es sei angemerkt, dass außer diesen Substanzen eine beliebige Substanz, die eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Elektronen als Löchern aufweist, für die Elektronentransportschicht verwendet werden kann. Die Elektronentransportschicht 118 ist nicht auf eine Einzelschicht beschränkt, und sie kann eine Schichtanordnung aus zwei oder mehr Schichten sein, die die vorstehend erwähnten Substanzen enthalten.

[0144] Zwischen der Elektronentransportschicht 118 und der Licht emittierenden Schicht 130 kann eine Schicht bereitgestellt werden, die den Transport von Elektronenladungsträgern steuert. Dies ist eine Schicht, die, wie vorstehend beschrieben worden ist, durch Hinzufügen einer geringen Menge einer Substanz mit einer hohen elektroneneinfangenden Eigenschaft zu einem Material mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird, und die Schicht ist in der Lage, das Ladungsträgergleichgewicht anzupassen, indem der Transport von Elektronenladungsträgern unterdrückt wird. Eine derartige Struktur ist sehr wirkungsvoll, um ein Problem (wie z. B. eine Verringerung der Lebensdauer des Elements) zu verhindern, welches entsteht, wenn Elektronen die Licht emittierende Schicht passieren.

<<Elektroneninjektionsschicht>>

[0145] Die Elektroneninjektionsschicht 119 weist eine Funktion zum Verringern einer Barriere für die Elektroneninjektion von der Elektrode 102 auf, um die Elektroneninjektion zu fördern, und kann beispielsweise unter Verwendung eines Metalls der Gruppe 1 oder eines Metalls der Gruppe 2, oder eines Oxids, eines Halogenids oder eines Carbonats eines der Metalle ausgebildet werden. Als Alternative kann auch ein Verbundmaterial verwendet werden, das ein Elektronentransportmaterial (vorstehend beschrieben) und ein Material enthält, das eine Eigenschaft zum Abgeben von Elektronen an das Elektronentransportmaterial aufweist. Als Material, das eine Eigenschaft zum Abgeben von Elektronen aufweist, kann ein Metall der Gruppe 1, ein Metall der Gruppe 2, ein Oxid eines der Metalle oder dergleichen angegeben werden. Insbesondere kann ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung dieser, wie z. B. Lithiumfluorid (LiF), Natriumfluorid (NaF), Cäsiumfluorid (CsF), Calciumfluorid (CaF_2) oder Lithiumoxid (LiO_x), verwendet werden. Eine Seltenerdmetallverbindung, wie z. B. Erbiumfluorid (ErF_3), kann ebenfalls als Alternative verwendet werden. Ein Elektrid kann ebenfalls für die Elektroneninjektionsschicht 119 verwendet werden. Beispiele für das Elektrid umfassen eine Substanz, in der Elektronen in einer hohen Konzentration zu Calciumoxid-Aluminiumoxid hinzugefügt worden sind. Die Elektroneninjektionsschicht 119 kann unter Verwendung der Substanz ausgebildet werden, die für die Elektronentransportschicht 118 verwendet werden kann.

[0146] Ein Verbundmaterial, bei dem eine organische Verbindung und ein Elektronendonator (Donator) vermischt sind, kann ebenfalls für die Elektroneninjektionsschicht 119 verwendet werden. Ein derartiges Verbundmaterial weist eine ausgezeichnete Elektroneninjektionseigenschaft und eine ausgezeichnete Elektronentransporteigenschaft auf, da durch den Elektronendonator Elektronen in der organischen Verbindung erzeugt werden. In diesem Fall ist die organische Verbindung vorzugsweise ein Material, das die erzeugten Elektronen sehr gut transportieren kann. Insbesondere können beispielsweise die vorstehend aufgeführten Substanzen zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118 (z. B. die Metallkomplexe und heteroaromatischen Verbindungen) verwendet werden. Als Elektronendonator kann eine Substanz verwendet werden, die eine Elektronen abgebende Eigenschaft hinsichtlich der organischen Verbindung aufweist. Insbesondere werden ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall und ein Seltenerdmetall bevorzugt, und es können Lithium, Natrium, Cäsium, Magnesium, Calcium, Erbium und Ytterbium angegeben werden. Des Weiteren wird ein Alkalimetalloxid oder ein Erdalkalimetalloxid bevorzugt, und es können Lithiumoxid, Calciumoxid, Bariumoxid und dergleichen angegeben werden. Eine Lewis-Base, wie z. B. Magnesiumoxid, kann auch verwendet werden. Eine organische Verbindung, wie z. B. Tetrathiafulvalen (Abkürzung: TTF), kann auch verwendet werden.

[0147] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht, die Lochinjektionsschicht, die Lochtransportschicht, die Elektronentransportschicht und die Elektroneninjektionsschicht, welche vorstehend beschrieben worden sind, jeweils durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Tiefdruckverfahren oder dergleichen ausgebildet werden können. Neben den vorstehend erwähnten Materialien kann eine anorganische Verbindung, wie z. B. ein Quantenpunkt, oder eine hochmolekulare Verbindung (z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer oder ein Polymer), in der Licht emittierenden Schicht, der Lochinjektionsschicht, der Lochtransportschicht, der Elektronentransportschicht und der Elektroneninjektionsschicht verwendet werden.

[0148] Bei dem Quantenpunkt kann es sich beispielsweise um einen gallertartigen Quantenpunkt, einen legierten Quantenpunkt, einen Kern-Schale-Quantenpunkt oder einen Kern-Quantenpunkt handeln. Der Quantenpunkt, der Elemente, die zu den Gruppen 2 und 16 gehören, Elemente, die zu den Gruppen 13 und 15 gehören, Elemente, die zu den Gruppen 13 und 17 gehören, Elemente, die zu den Gruppen 11 und 17 gehören, oder Elemente enthält, die zu den Gruppen 14 und 15 gehören, kann verwendet werden. Alternativ kann der Quantenpunkt verwendet werden, der ein Element, wie z. B. Cadmium (Cd), Selen (Se), Zink (Zn), Schwefel (S), Phosphor (P), Indium (In), Tellur (Te), Blei (Pb), Gallium (Ga), Arsen (As) oder Aluminium (Al), enthält.

<<Paar von Elektroden>>

[0149] Die Elektroden 101 und 102 dienen als Anode und Kathode jedes Licht emittierenden Elements. Die Elektroden 101 und 102 können unter Verwendung von einem Metall, einer Legierung, einer leitenden Verbindung, einem Gemisch oder einer Schichtanordnung dieser oder dergleichen ausgebildet werden.

[0150] Die Elektrode 101 oder die Elektrode 102 wird vorzugsweise unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht ausgebildet. Beispiele für das leitende Material umfassen Aluminium (Al), eine Legierung, die Al enthält, und dergleichen. Beispiele für die Legierung, die Al enthält,

umfassen eine Legierung, die Al und L enthält (L stellt eines oder mehrere von Titan (Ti), Neodym (Nd), Nickel (Ni) und Lanthan (La) dar), wie z. B. eine Legierung, die Al und Ti enthält, und eine Legierung, die AL, Ni und La enthält. Aluminium weist einen niedrigen Widerstand und ein hohes Lichtreflexionsvermögen auf. Aluminium kommt in großer Menge in der Erdkruste vor und ist günstig; demzufolge ist es möglich, die Kosten zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements mit Aluminium zu verringern. Alternativ kann Silber (Ag), eine Legierung aus Ag und N (N stellt eines oder mehrere von Yttrium (Y), Nd, Magnesium (Mg), Ytterbium (Yb), Al, Ti, Gallium (Ga), Zink (Zn), Indium (In), Wolfram (W), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Eisen (Fe), Ni, Kupfer (Cu), Palladium (Pd), Iridium (Ir) und Gold (Au) dar) oder dergleichen verwendet werden. Beispiele für die silberhaltige Legierung umfassen eine Legierung, die Silber, Palladium und Kupfer enthält, eine Legierung, die Silber und Kupfer enthält, eine Legierung, die Silber und Magnesium enthält, eine Legierung, die Silber und Nickel enthält, eine Legierung, die Silber und Gold enthält, eine Legierung, die Silber und Ytterbium enthält, und dergleichen. Daneben kann ein Übergangsmetall, wie z. B. Wolfram, Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Kupfer oder Titan, verwendet werden.

[0151] Licht, das von der Licht emittierenden Schicht emittiert wird, wird über die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 entnommen. Demzufolge wird mindestens eine von der Elektrode 101 und der Elektrode 102 vorzugsweise unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht ausgebildet. Als leitendes Material kann ein leitendes Material verwendet werden, dessen Lichtdurchlässigkeit für sichtbares Licht höher als oder gleich 40 % und niedriger als oder gleich 100 %, bevorzugt höher als oder gleich 60 % und niedriger als oder gleich 100 % ist, und dessen spezifischer Widerstand niedriger als oder gleich 1×10^{-2} Ω·cm ist.

[0152] Die Elektroden 101 und 102 können jeweils unter Verwendung eines leitenden Materials mit Funktionen zum Durchlassen von Licht und Reflektieren von Licht ausgebildet werden. Als leitendes Material kann ein leitendes Material verwendet werden, dessen Reflexionsvermögen für sichtbares Licht höher als oder gleich 20 % und niedriger als oder gleich 80 %, bevorzugt höher als oder gleich 40 % und niedriger als oder gleich 70 % ist, und dessen spezifischer Widerstand niedriger als oder gleich 1×10^{-2} Ω·cm ist. Beispielsweise können eine oder mehrere Arten von leitenden Metallen und Legierungen, leitenden Verbindungen und dergleichen verwendet werden. Insbesondere kann ein Metalloxid, wie z. B. Indiumzinnoxid (indium tin oxide, nachfolgend als ITO bezeichnet), Silizium oder Siliziumoxid enthaltendes Indiumzinnoxid (ITSO), Indiumoxid-Zinkoxid (Indiumzinkoxid), Titan enthaltendes Indiumoxid-Zinnoxid, Indiumtitanoxid oder Wolframoxid und Zinkoxid enthaltendes Indiumoxid, verwendet werden. Ein dünner Metallfilm mit einer Dicke, die das Durchlassen von Licht erlaubt (vorzugsweise eine Dicke von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 30 nm), kann ebenfalls verwendet werden. Als Metall kann Ag, eine Legierung aus Ag und Al, eine Legierung aus Ag und Mg, eine Legierung aus Ag und Au, eine Legierung aus Ag und Ytterbium (Yb) oder dergleichen verwendet werden.

[0153] In dieser Beschreibung und dergleichen wird als Material, das Licht durchlässt, ein Material verwendet, das sichtbares Licht durchlässt und Leitfähigkeit aufweist. Beispiele für das Material umfassen, neben dem vorstehend beschriebenen Oxidleiter, für den ITO ein typisches Beispiel ist, einen Oxidhalbleiter und einen organischen Leiter, der eine organische Substanz enthält. Beispiele für den organischen Leiter, der eine organische Substanz enthält, umfassen ein Verbundmaterial, in dem eine organische Verbindung und ein Elektronendonator (Donatormaterial) vermischt sind, und ein Verbundmaterial, in dem eine organische Verbindung und ein Elektronenakzeptor (Akzeptormaterial) vermischt sind. Alternativ kann ein anorganisches, auf Kohlenstoff basierendes Material, wie z. B. Graphen, verwendet werden. Der spezifische Widerstand des Materials ist bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{5} Ω·cm, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{4} Ω·cm.

[0154] Alternativ kann/können die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 ausgebildet werden, indem zwei oder mehr von diesen Materialien übereinander angeordnet werden.

[0155] Um die Lichtextraktionseffizienz zu verbessern, kann ein Material, dessen Brechungsindex höher ist als derjenige einer Elektrode mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht, in Kontakt mit der Elektrode ausgebildet werden. Das Material kann elektrisch leitend oder nicht leitend sein, solange es eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht aufweist. Zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Oxidleitern können ein Oxidhalbleiter und eine organische Substanz als Beispiele für das Material angegeben werden. Beispiele für die organische Substanz umfassen die Materialien für die Licht emittierende Schicht, die Lochinjektionsschicht, die Lochtransportschicht, die Elektronentransportschicht und die Elektroneninjektionsschicht. Alternativ kann ein anorganisches, auf Kohlenstoff basierendes Material oder ein Metallfilm verwendet werden,

der dünn genug ist, um Licht durchzulassen. Als weitere Alternative können übereinander angeordnete Schichten mit einer Dicke von mehreren Nanometern bis mehreren zehn Nanometern verwendet werden.

[0156] In dem Fall, in dem die Elektrode 101 oder die Elektrode 102 als Kathode dient, enthält die Elektrode vorzugsweise ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit (niedriger als oder gleich 3,8 eV). Die Beispiele umfassen ein Element, das zur Gruppe 1 oder 2 des Periodensystems gehört (z. B. ein Alkalimetall, wie z. B. Lithium, Natrium oder Cäsium, ein Erdalkalimetall, wie z. B. Calcium oder Strontium, oder Magnesium), eine Legierung, die eines dieser Elemente enthält (z. B. Ag-Mg oder Al-Li), ein Seltenerdmetall, wie z. B. Europium (Eu) oder Yb, eine Legierung, die eines dieser Seltenerdmetalle enthält, eine Legierung, die Aluminium und Silber enthält, und dergleichen.

[0157] Wenn die Elektrode 101 oder die Elektrode 102 als Anode verwendet wird, wird vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit (4,0 eV oder höher) verwendet.

[0158] Die Elektrode 101 und die Elektrode 102 können eine Mehrfachschicht aus einem leitenden Material mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht und einem leitenden Material mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht sein. In diesem Fall können die Elektrode 101 und die Elektrode 102 eine Funktion zum Anpassen der optischen Weglänge aufweisen, so dass Licht einer erwünschten Wellenlänge, das von jeder Licht emittierenden Schicht emittiert wird, schwingt und verstärkt wird, was vorzuziehen ist.

[0159] Als Verfahren zum Ausbilden der Elektrode 101 und der Elektrode 102 kann je nach Bedarf ein Sputterverfahren, ein Verdampfungsverfahren, ein Druckverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Molekularstrahlepitaxie-(molecular beam epitaxy, MBE-) Verfahren, ein CVD-Verfahren, ein Pulslaserabscheidungsverfahren, ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren oder dergleichen verwendet werden.

<<Substrat>>

[0160] Ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann über einem Substrat aus Glas, Kunststoff oder dergleichen ausgebildet werden. Als eine Möglichkeit zum Übereinanderanordnen von Schichten über dem Substrat können Schichten sequenziell von der Seite der Elektrode 101 aus oder sequenziell von der Seite der Elektrode 102 aus angeordnet werden.

[0161] Für das Substrat, über dem das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet werden kann, können beispielsweise Glas, Quarz, Kunststoff oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann ein flexibles Substrat verwendet werden. Das flexible Substrat ist beispielsweise ein Substrat, das gebogen werden kann, wie z. B. ein Kunststoffsubstrat aus Polycarbonat oder Polyarylat. Alternativ kann ein Film, ein durch Aufdampfung ausgebildeter anorganischer Film oder dergleichen verwendet werden. Ein anderes Material kann verwendet werden, solange das Substrat als Träger bei einem Herstellungsprozess des Licht emittierenden Elements oder eines optischen Elements dient oder solange es eine Funktion zum Schützen des Licht emittierenden Elements oder eines optischen Elements aufweist.

[0162] Beispielsweise kann in dieser Beschreibung und dergleichen ein Licht emittierendes Element unter Verwendung verschiedener Substrate ausgebildet werden. Der Typ eines Substrats ist nicht besonders beschränkt. Beispiele für das Substrat umfassen ein Halbleitersubstrat (z. B. ein einkristallines Substrat oder ein Siliziumsubstrat), ein SOI-Substrat, ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Kunststoffsubstrat, ein Metallsubstrat, ein Edelstahlsubstrat, ein Substrat, das eine Edelstahlfolie enthält, ein Wolframsubstrat, ein Substrat, das eine Wolframfolie enthält, ein flexibles Substrat, einen Befestigungsfilm, eine Cellulose-Nanofaser (CFN) und Papier, das ein Fasermaterial enthält, einen Basismaterialfilm und dergleichen. Als Beispiel für ein Glassubstrat können ein Bariumborosilikatglas-Substrat, ein Aluminiumborosilikatglas-Substrat, ein Kalknatronglas-Substrat und dergleichen angegeben werden. Beispiele für das flexible Substrat, den Befestigungsfilm, den Basismaterialfilm und dergleichen umfassen Substrate aus Kunststoffen, für die Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylennaphthalat (PEN), Polyethersulfon (PES) und Polytetrafluorethylen (PTFE) typische Beispiele sind. Ein weiteres Beispiel umfasst ein Harz, wie z. B. Acryl. Ferner können Polypropylen, Polyester, Polyvinylfluorid und Polyvinylchlorid als Beispiele angegeben werden. Weitere Beispiele umfassen Polyamid, Polyimid, Aramid, Epoxid, einen durch Aufdampfung ausgebildeten anorganischen Film, Papier und dergleichen.

[0163] Alternativ kann ein flexibles Substrat als Substrat verwendet werden, so dass das Licht emittierende Element direkt über dem flexiblen Substrat bereitgestellt werden kann. Als weitere Alternative kann eine

Trennschicht zwischen dem Substrat und dem Licht emittierenden Element bereitgestellt werden. Die Trennschicht kann verwendet werden, wenn ein Teil des Licht emittierenden Elements oder das gesamte Licht emittierende Element, das über der Trennschicht ausgebildet ist, von dem Substrat getrennt und auf ein anderes Substrat übertragen wird. In einem derartigen Fall kann das Licht emittierende Element auf ein Substrat mit geringer Wärmebeständigkeit oder auf ein flexibles Substrat übertragen werden. Für die vorstehende Trennschicht kann beispielsweise eine Schichtanordnung, die anorganische Filme, nämlich einen Wolframfilm und einen Siliziumoxidfilm, umfasst, oder eine Struktur verwendet werden, bei der ein Harzfilm aus Polyimid oder dergleichen über einem Substrat ausgebildet ist.

[0164] Mit anderen Worten: Nachdem das Licht emittierende Element unter Verwendung eines Substrats ausgebildet worden ist, kann das Licht emittierende Element auf ein anderes Substrat übertragen werden. Beispiele für ein Substrat, auf das das Licht emittierende Element übertragen wird, umfassen, zusätzlich zu den vorstehenden Substraten, ein Zellglassubstrat, ein Steinsubstrat, ein Holzsubstrat, ein Stoffsubstrat (darunter auch eine Naturfaser (z. B. Seide, Baumwolle oder Hanf), eine Kunstfaser (z. B. Nylon, Polyurethan oder Polyester), eine Regeneratfaser (z. B. Acetat, Cupro, Viskose oder regenerierten Polyester) und dergleichen), ein Ledersubstrat, ein Gummisubstrat und dergleichen. Wenn ein derartiges Substrat verwendet wird, kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Beständigkeit, hoher Wärmebeständigkeit, verringertem Gewicht oder verringerter Dicke ausgebildet werden.

[0165] Das Licht emittierende Element 150 kann beispielsweise über einer Elektrode, die elektrisch mit einem Feldeffekttransistor (field-effect transistor, FET) verbunden ist, der über einem der vorstehend beschriebenen Substrate ausgebildet ist, ausgebildet werden. Auf diese Weise kann eine Aktivmatrix-Anzeigevorrichtung hergestellt werden, in der der FET den Betrieb des Licht emittierenden Elements 150 steuert.

[0166] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Referenzausführungsform 2)

[0167] Bei dieser Referenzausführungsform wird nachfolgend eine neuartige Verbindung beschrieben, die in geeigneter Weise in einem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0168] Bei einer Verbindung einer Referenzausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um einen Iridiumkomplex, der ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst als Liganden umfasst. Das fünfgliedrige stickstoffhaltige heterocyclische Gerüst umfasst mindestens einen Substituenten, der eine Cyano-Gruppe umfasst. Das fünfgliedrige stickstoffhaltige heterocyclische Gerüst, wie z. B. ein Imidazol-Gerüst oder ein Triazol-Gerüst, weist ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau auf, jedoch weist es eine niedrigere Elektronenakzeptoreigenschaft auf als ein sechsgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst. Somit weist der Iridiumkomplex, der ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst als Liganden umfasst, ein hohes LUMO-Niveau auf, wobei Elektronenladungsträger nicht leicht in diesen injiziert werden. Da jedoch der Iridiumkomplex mindestens einen Substituenten umfasst, der eine Cyano-Gruppe umfasst, werden das LUMO-Niveau und das HOMO-Niveau auf Grund der hohen elektronenziehenden Eigenschaft der Cyano-Gruppe verringert. Folglich kann ein Licht emittierendes Element, das den Iridiumkomplex umfasst, eine hohe Emissionseffizienz aufweisen. Des Weiteren kann ein licht emittierendes Element, das den Iridiumkomplex umfasst, blaues Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittieren, da der Iridiumkomplex ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufweist. Da der Iridiumkomplex sehr widerstandsfähig in Hinblick auf wiederholte Oxidation und Reduktion ist, kann ein Licht emittierendes Element, das den Iridiumkomplex umfasst, eine lange Betriebsdauer aufweisen. Wie vorstehend beschrieben worden ist, ermöglicht die Verwendung des Iridiumkomplexes in einem Licht emittierenden Element ein hochleistungsfähiges Licht emittierendes Element mit ausgezeichneten Emissionseigenschaften.

[0169] Eine Verbindung zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorzugsweise ein Iridiumkomplex, der ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst als Liganden umfasst, an das eine Aryl-Gruppe, die eine Cyano-Gruppe umfasst, gebunden ist. Der Ligand kann leicht mit hoher Reinheit synthetisiert werden, so dass eine Verschlechterung auf Grund von Verunreinigungen unterdrückt werden kann. Es sei angemerkt, dass die Anzahl der Kohlenstoffatome der Aryl-Gruppe, die eine Cyano-Gruppe umfasst und an das fünfgliedrige stickstoffhaltige heterocyclische Gerüst gebunden ist, in Hinblick auf die Stabilität und die Zuverlässigkeit der Elementeigenschaften vorzugsweise 6 bis 13 ist. In diesem

Fall kann der Iridiumkomplex bei einer relativ niedrigen Temperatur vakuumverdampft werden, wodurch es unwahrscheinlich ist, dass er sich auf Grund einer Pyrolyse oder dergleichen bei einer Evaporation verschlechtert.

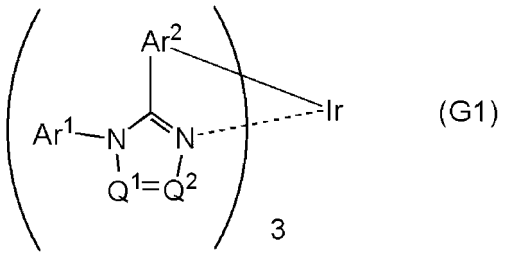
[0170] Der Iridiumkomplex, der einen Liganden umfasst, in dem eine Cyano-Gruppe über eine Arylen-Gruppe an ein Stickstoffatom eines fünfgliedrigen stickstoffhaltigen heterocyclischen Gerüsts gebunden ist, kann ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufrechterhalten, und somit kann er vorzugsweise in einem Licht emittierenden Element, das hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, emittiert, verwendet werden. Das Licht emittierende Element, das den Iridiumkomplex umfasst, der einen Liganden umfasst, an das eine Cyano-Gruppe gebunden ist, kann im Vergleich zu einem Licht emittierenden Element, das keine Cyano-Gruppe umfasst, hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, mit einer hohen Emissionseffizienz emittieren. Des Weiteren kann ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element, das hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, emittiert, erhalten werden, indem, wie vorstehend beschrieben worden ist, eine Cyano-Gruppe an eine bestimmte Stelle gebunden wird. Es sei angemerkt, dass das fünfgliedrige stickstoffhaltige heterocyclische Gerüst und die Cyano-Gruppe vorzugsweise über eine Arylen-Gruppe, wie z. B. eine Phenylen-Gruppe, aneinander gebunden werden.

[0171] Wenn die Anzahl der Kohlenstoffatome der Arylen-Gruppe 6 bis 13 ist, handelt es sich bei dem Iridiumkomplex um eine Verbindung mit einem relativ niedrigen Molekulargewicht, wodurch er für eine Vakuumverdampfung geeignet ist (wodurch er bei einer relativ niedrigen Temperatur vakuumverdampft werden kann). Im Allgemeinen neigt eine Verbindung mit niedrigem Molekulargewicht dazu, eine niedrigere Wärmebeständigkeit nach der Filmausbildung aufzuweisen. Jedoch weist der Iridiumkomplex selbst mit einem niedrigen Molekulargewicht eines Liganden den folgenden Vorteil auf: Eine ausreichende Wärmebeständigkeit kann sichergestellt werden, da der Iridiumkomplex eine Vielzahl von Liganden umfasst.

[0172] Das heißt, dass der Iridiumkomplex zusätzlich zur Leichtigkeit der Verdampfung und elektrochemischen Stabilität das folgende Merkmal aufweist: ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau. Demzufolge wird der Iridiumkomplex vorzugsweise als Gastmaterial in einer Licht emittierenden Schicht in einem Licht emittierenden Element, insbesondere in einem Element, das blaues Licht emittiert, verwendet.

<Beispiel 1 des Iridiumkomplexes>

[0173] Dieser Iridiumkomplex wird durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt.



(G1)

[0174] In der allgemeinen Formel (G1) stellen Ar^1 und Ar^2 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. In dem Fall, in dem die Aryl-Gruppe einen Substituenten umfasst, kann als Substituent auch eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

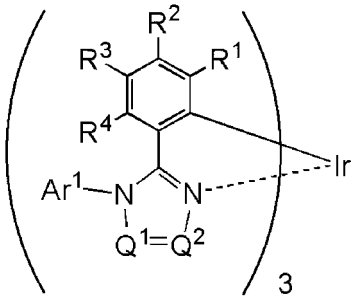
[0175] Q^1 und Q^2 stellen jeweils unabhängig voneinander N oder C-R dar, und R stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine

substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Q^1 und/oder Q^2 umfassen/umfasst C-R. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0176] Mindestens eine der Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und Ar^2 dargestellt werden, und der Aryl-Gruppe, die durch R dargestellt wird, umfasst eine Cyano-Gruppe.

<Beispiel 2 des Iridiumkomplexes>

[0177] Ein Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorzugsweise ein ortho-metallierter Komplex. Dieser Iridiumkomplex wird durch die allgemeine Formel (G2) dargestellt.



(G2)

[0178] In der allgemeinen Formel (G2) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. In dem Fall, in dem die Aryl-Gruppe einen Substituenten umfasst, kann als Substituent auch eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0179] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder eine Cyano-Gruppe dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-

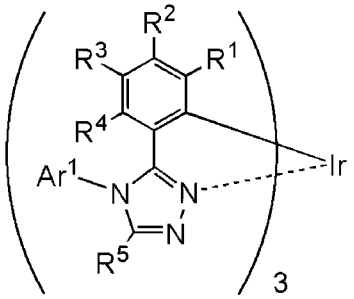
Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

[0180] Q^1 und Q^2 stellen jeweils unabhängig voneinander N oder C-R dar, und R stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Q^1 und/oder Q^2 umfassen/umfasst C-R. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0181] Mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 dargestellt werden, umfasst eine Cyano-Gruppe.

<Beispiel 3 des Iridiumkomplexes>

[0182] Ein Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein 4H-Triazol-Gerüst als Liganden, was vorzuziehen ist, da der Iridiumkomplex ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufweisen kann und in geeigneter Weise in einem Licht emittierenden Element verwendet werden kann, das hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, emittiert. Dieser Iridiumkomplex wird durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt.



(G3)

[0183] In der allgemeinen Formel (G3) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. In dem Fall, in dem die Aryl-Gruppe einen Substituenten umfasst, kann als Substituent auch eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte

oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

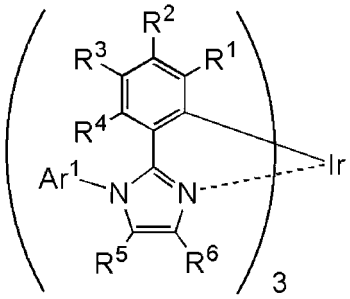
[0184] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder eine Cyano-Gruppe dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

[0185] R^5 stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0186] Mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^5 dargestellt werden, umfasst eine Cyano-Gruppe.

<Beispiel 4 des Iridiumkomplexes>

[0187] Ein Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein Imidazol-Gerüst als Liganden, was vorzuziehen ist, da der Iridiumkomplex ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufweisen kann und in geeigneter Weise in einem Licht emittierenden Element verwendet werden kann, das hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, emittiert. Dieser Iridiumkomplex wird durch die allgemeine Formel (G4) dargestellt.



(G4)

[0188] In der allgemeinen Formel (G4) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. In dem Fall, in dem die Aryl-Gruppe einen Substituenten umfasst, kann als Substituent auch eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

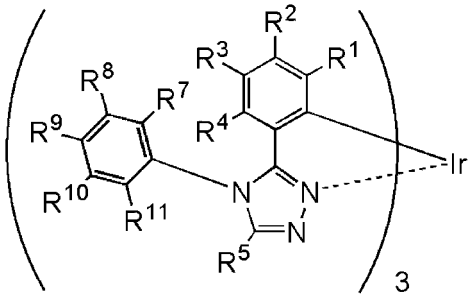
[0189] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

[0190] R^5 und R^6 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0191] Mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^6 dargestellt werden, umfasst eine Cyano-Gruppe.

<Beispiel 5 des Iridiumkomplexes>

[0192] Ein Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst, und eine Aryl-Gruppe, die an Stickstoff des Gerüsts gebunden ist, ist vorzugsweise eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe. In diesem Fall kann der Iridiumkomplex bei einer relativ niedrigen Temperatur vakuumverdampft werden und ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufweisen, und somit kann er in einem Licht emittierenden Element verwendet werden, das hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, emittiert. Der Iridiumkomplex wird durch die allgemeine Formel (G5) oder (G6) dargestellt.



(G5)

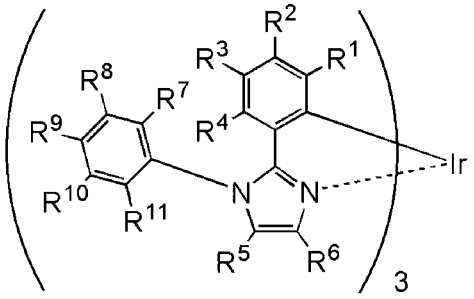
[0193] In der allgemeinen Formel (G5) stellen R^7 und R^{11} jeweils eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen dar, und R^7 und R^{11} weisen die gleiche Struktur auf. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe.

[0194] R^8 bis R^{10} stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Es sei angemerkt, dass R^8, R^9 und/oder R^{10} vorzugsweise eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

[0195] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

[0196] R^5 stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-

Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.



(G6)

[0197] In der allgemeinen Formel (G6) stellen R^7 und R^{11} jeweils eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen dar, und R^7 und R^{11} weisen die gleiche Struktur auf. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe.

[0198] R^8 bis R^{10} stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Es sei angemerkt, dass R^8, R^9 und/oder R^{10} vorzugsweise eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

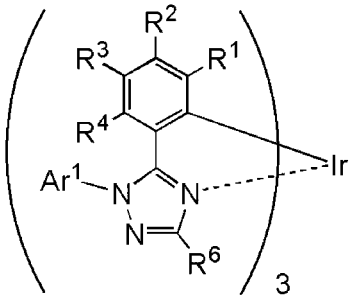
[0199] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

[0200] R^5 und R^6 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfas-

sen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

<Beispiel 6 des Iridiumkomplexes>

[0201] Ein Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein 1H-Triazol-Gerüst als Liganden, was vorzuziehen ist, da der Iridiumkomplex ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufweisen kann und in geeigneter Weise in einem Licht emittierenden Element verwendet werden kann, das hochenergetisches Licht, wie z. B. blaues Licht, emittiert. Dieser Iridiumkomplex wird durch die allgemeine Formel (G7) oder (G8) dargestellt.



(G7)

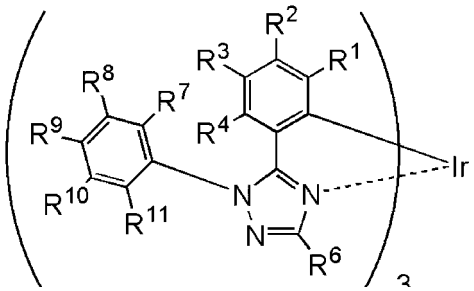
[0202] In der allgemeinen Formel (G7) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. In dem Fall, in dem die Aryl-Gruppe einen Substituenten umfasst, kann als Substituent auch eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0203] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

[0204] R^6 stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor,

Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

[0205] Mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 und R^6 dargestellt werden, umfasst eine Cyano-Gruppe.



(G8)

[0206] In der allgemeinen Formel (G8) stellen R^7 und R^{11} jeweils eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen dar, und R^7 und R^{11} weisen die gleiche Struktur auf. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe.

[0207] R^8 bis R^{10} stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Es sei angemerkt, dass R^8, R^9 und/oder R^{10} vorzugsweise eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

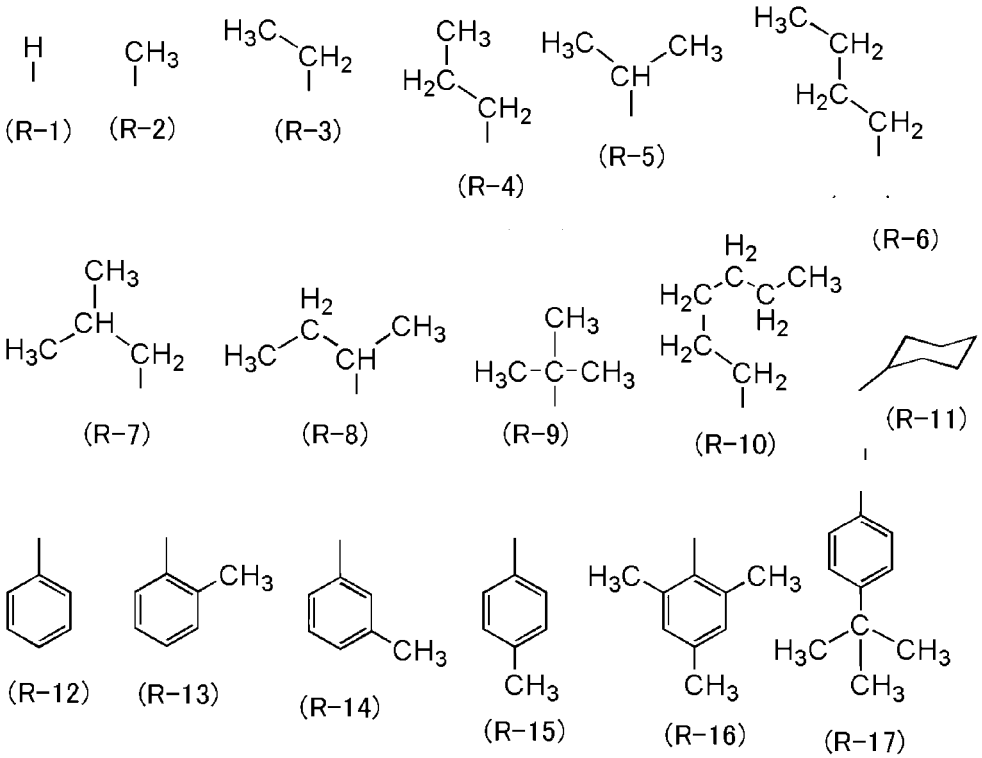
[0208] R^1 bis R^4 stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Der Fall, in dem R^1, R^2, R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff sind, ist dahingehend vorteilhaft, dass die Synthese vereinfacht wird und die Kosten verringert werden.

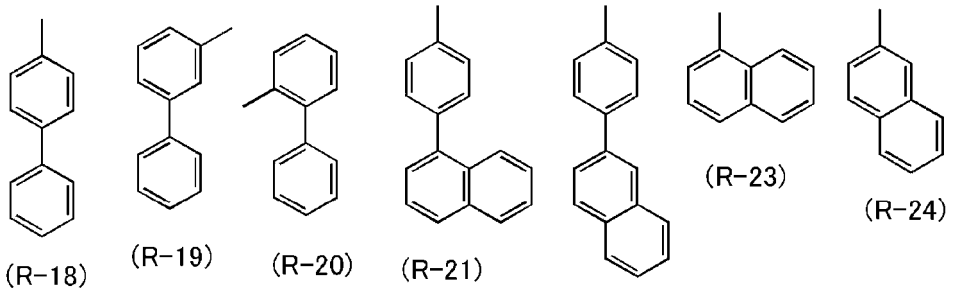
[0209] R^6 stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-

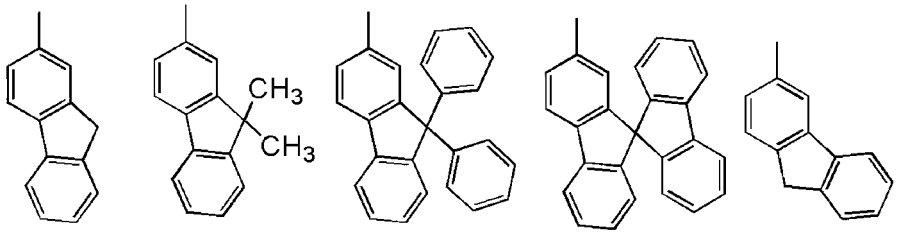
Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen ist eine Alkyl-Gruppe, in der mindestens ein Wasserstoff durch ein Element der Gruppe 17 (Fluor, Chlor, Brom, Jod oder Astat) ersetzt ist. Beispiele für die Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Alkylfluorid-Gruppe, eine Alkylchlorid-Gruppe, eine Alkylbromid-Gruppe und eine Alkyliodid-Gruppe. Spezifische Beispiele für diese umfassen eine Methylfluorid-Gruppe, eine Methylchlorid-Gruppe, eine Ethylfluorid-Gruppe und eine Ethylchlorid-Gruppe. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und Arten von Halogenelementen eins oder zwei oder mehr sein können. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe. Die Aryl-Gruppe kann einen Substituenten umfassen, und die Substituenten der Aryl-Gruppe können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. Als Substituent kann ebenfalls eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen ausgewählt werden. Spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe und eine n-Hexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen umfassen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe, eine Cyclopentyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. Spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe.

<Beispiele der Substituenten>

[0210] Als Alkyl-Gruppe und Aryl-Gruppe, die durch R^1 bis R^4 in den allgemeinen Formeln (G2) bis (G8) dargestellt werden, können beispielsweise Gruppen, die durch die Strukturformeln (R-1) bis (R-29) dargestellt werden, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass Gruppen, die als Alkyl-Gruppe und Aryl-Gruppe verwendet werden können, nicht darauf beschränkt sind.




(R-18) (R-19) (R-20) (R-21) (R-22) (R-23) (R-24)



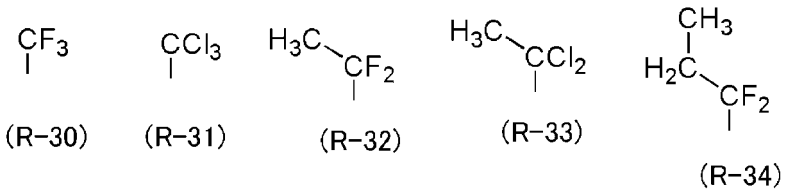
(R-25) (R-26) (R-27) (R-28) (R-29)

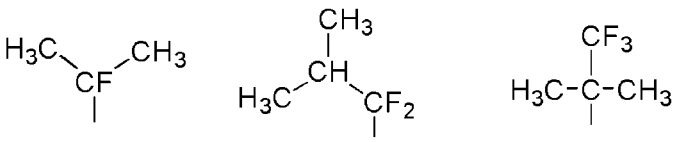
[0211] Zum Beispiel können Gruppen, die durch die Strukturformeln (R-12) bis (R-29) dargestellt werden, als Aryl-Gruppe, die durch Ar^1 in den allgemeinen Formeln (G1) bis (G4) und (G7) dargestellt wird, und als Aryl-Gruppe verwendet werden, die durch Ar^2 in der allgemeinen Formel (G1) dargestellt wird. Es sei angemerkt, dass Gruppen, die für Ar^1 und Ar^2 verwendet werden können, nicht auf diese Gruppen beschränkt sind.

[0212] Zum Beispiel können die Gruppen, die durch die Strukturformeln (R-1) bis (R-10) dargestellt werden, als Alkyl-Gruppen verwendet werden, die durch R^7 und R^{11} in den allgemeinen Formeln (G5), (G6) und (G8) dargestellt werden. Es sei angemerkt, dass Gruppen, die für die Alkyl-Gruppe verwendet werden können, nicht auf diese Gruppen beschränkt sind.

[0213] Als Alkyl-Gruppe oder substituierte oder nicht substituierte Phenyl-Gruppe, die durch R^8 bis R^{10} in den allgemeinen Formeln (G5), (G6) und (G8) dargestellt wird, können beispielsweise Gruppen, die durch die vorstehenden Strukturformeln (R-1) bis (R-22) dargestellt werden, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass Gruppen, die für die Alkyl-Gruppe oder die Phenyl-Gruppe verwendet werden können, nicht darauf beschränkt sind.

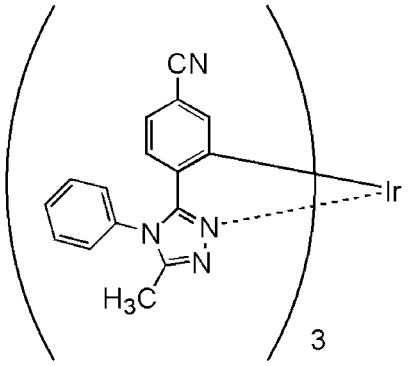
[0214] Zum Beispiel können Gruppen, die durch die Strukturformeln (R-1) bis (R-29) und die Strukturformeln (R-30) bis (R-37) dargestellt werden, als Alkyl-Gruppe, Aryl-Gruppe und Haloalkyl-Gruppe verwendet werden, die durch R^5 in den allgemeinen Formeln (G3) bis (G6) und durch R^6 in den allgemeinen Formeln (G4) und (G6) bis (G8) dargestellt werden. Es sei angemerkt, dass eine Gruppe, die als Alkyl-Gruppe, Aryl-Gruppe oder Haloalkyl-Gruppe verwendet werden kann, nicht auf diese Gruppen beschränkt ist.


(R-30) (R-31) (R-32) (R-33) (R-34)

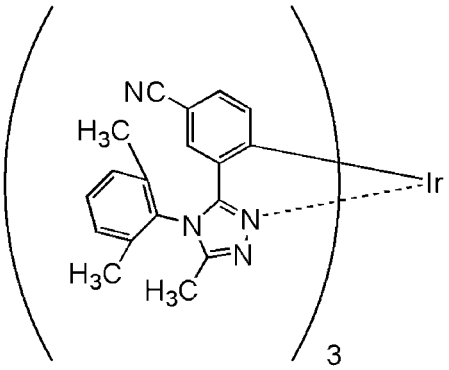

(R-35) (R-36) (R-37)

<Spezifische Beispiele der Iridiumkomplexe>

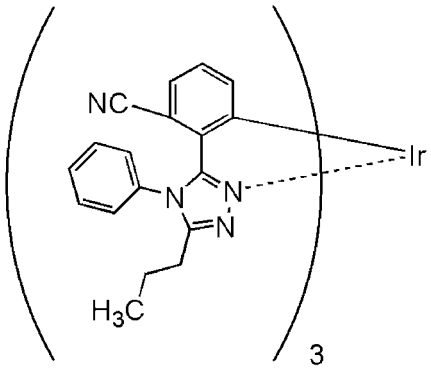
[0215] Spezifische Beispiele für Strukturen der Iridiumkomplexe, die durch die allgemeinen Formeln (G1) bis (G8) dargestellt werden, sind Verbindungen, die durch die Strukturformeln (100) bis (134) dargestellt werden. Es sei angemerkt, dass die Iridiumkomplexe, die durch die allgemeinen Formeln (G1) bis (G8) dargestellt werden, nicht auf die nachfolgend gezeigten Beispiele beschränkt sind.



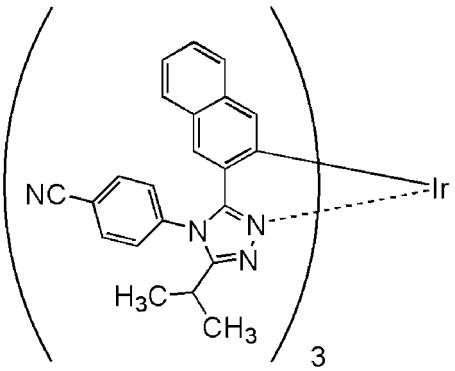
(100)



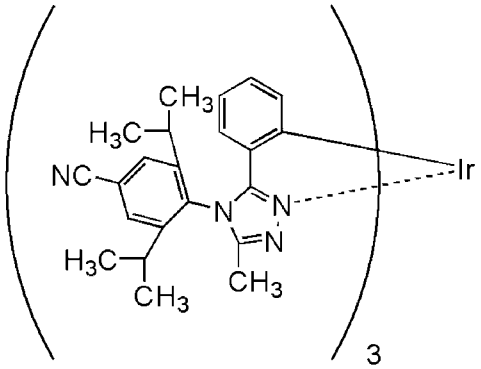
(101)



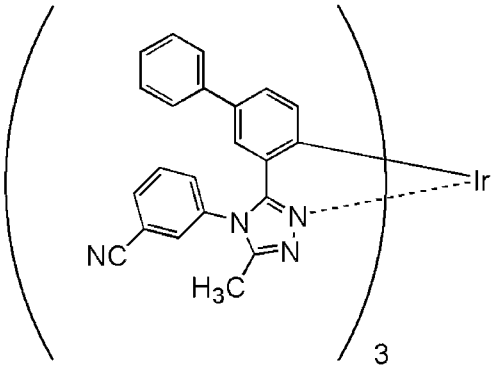
(102)



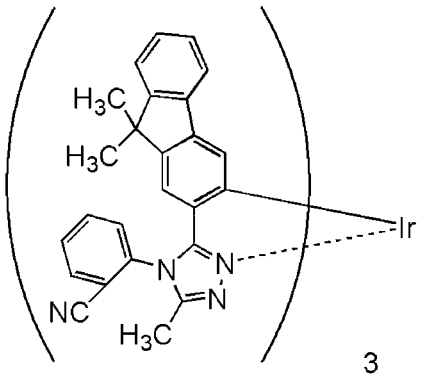
(103)



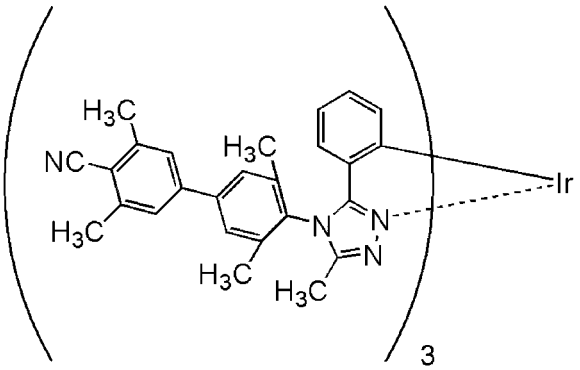
(104)



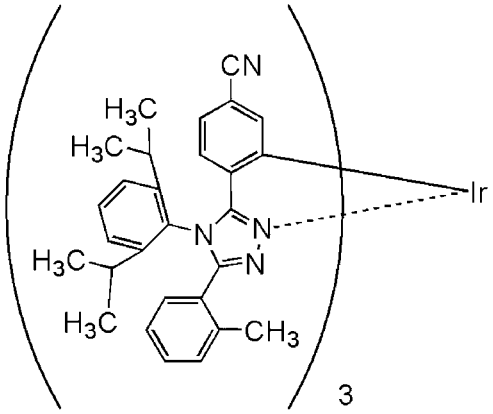
(105)



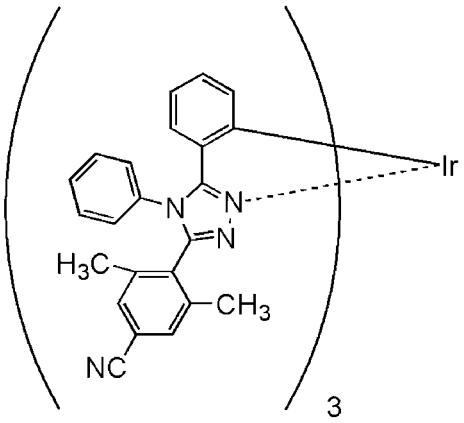
(106)



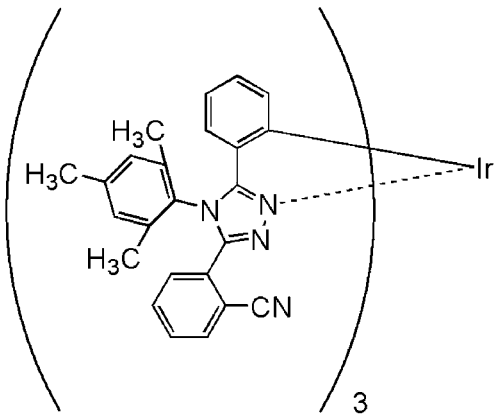
(107)



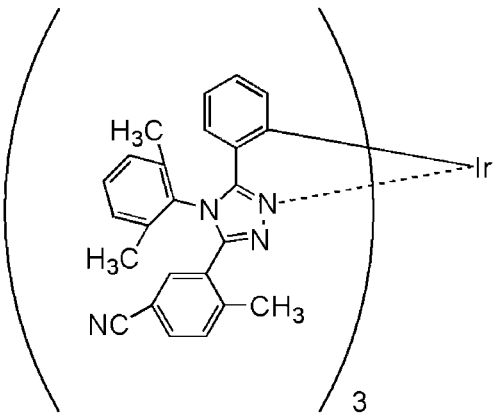
(108)



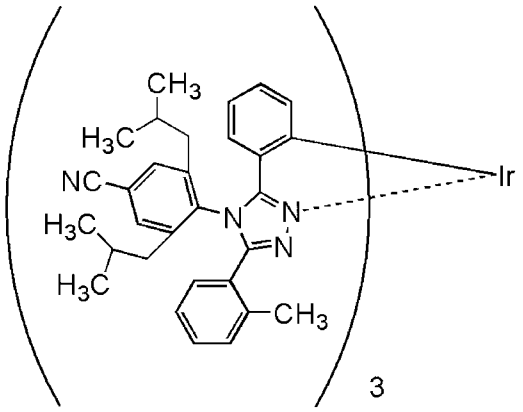
(109)



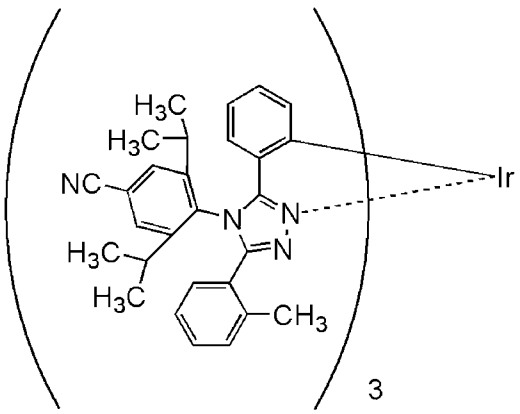
(110)



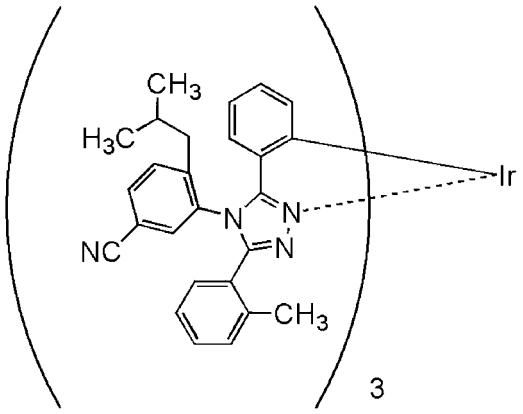
(111)



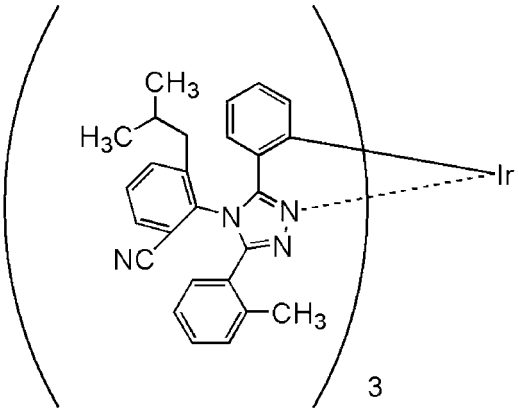
(112)



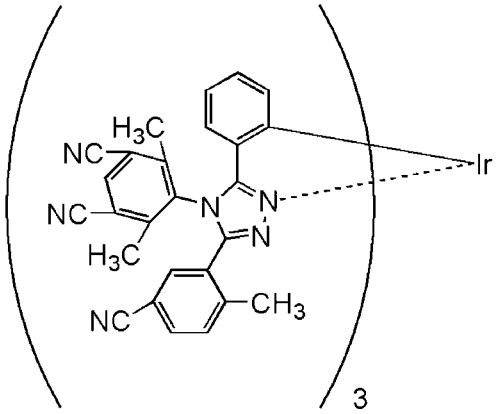
(113)



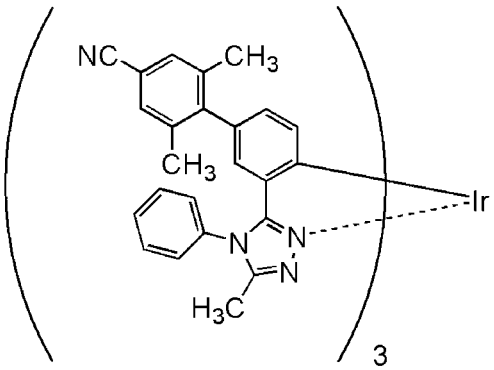
(114)



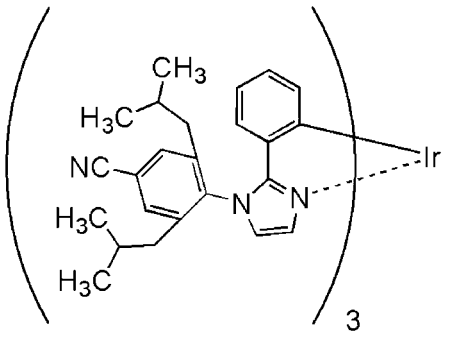
(115)



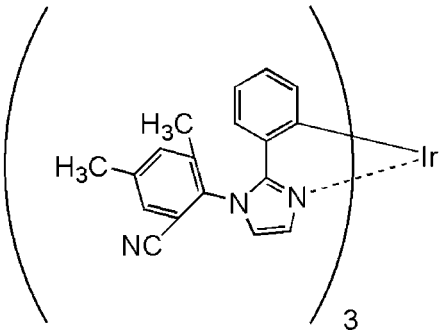
(116)



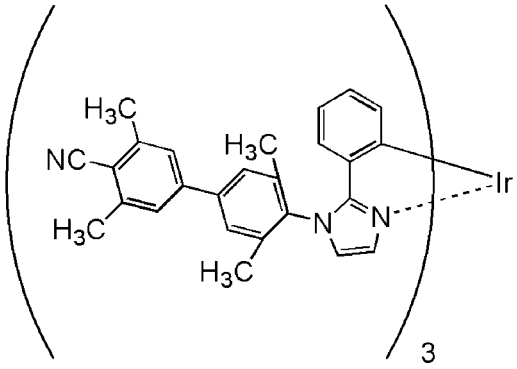
(117)



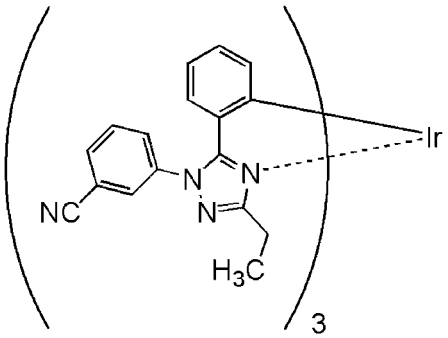
(118)



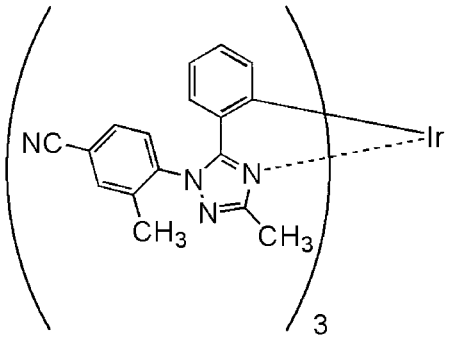
(119)



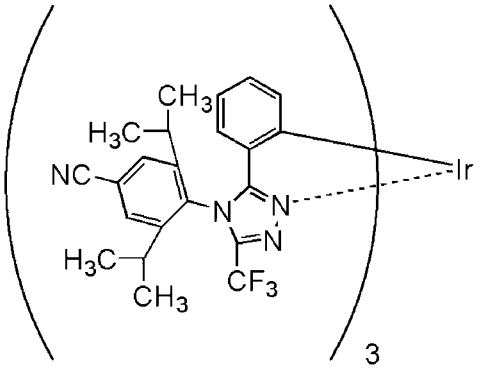
(120)



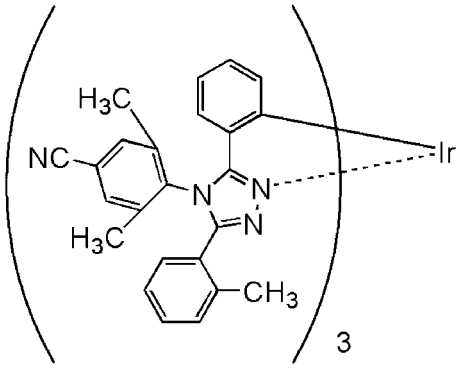
(121)



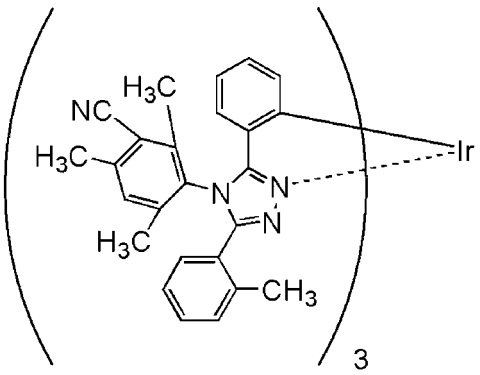
(122)



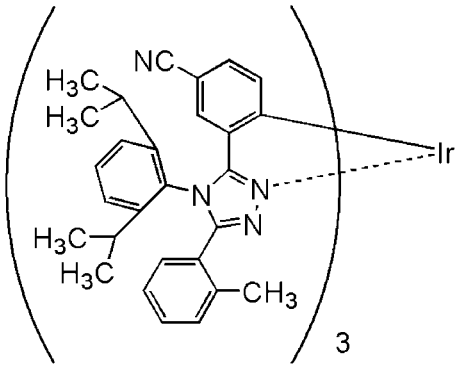
(123)



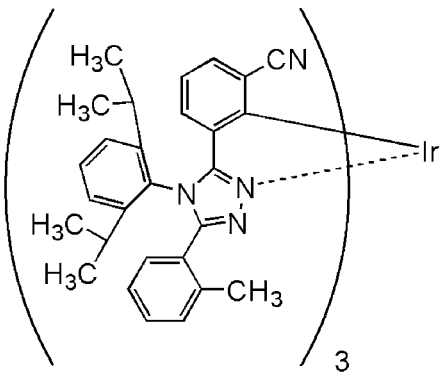
(124)



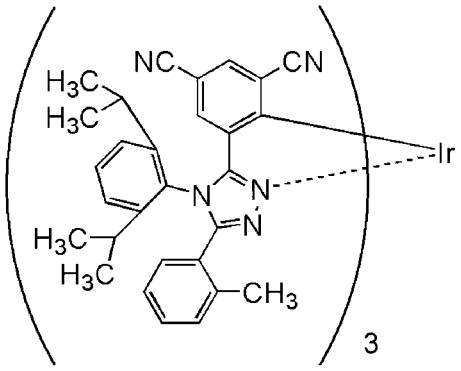
(125)



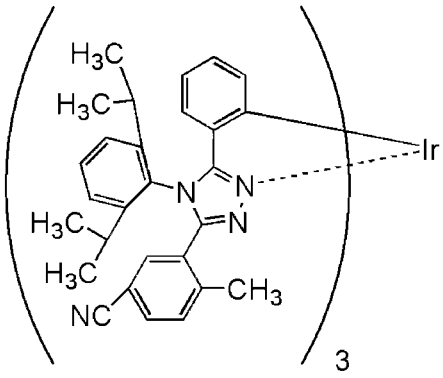
(126)



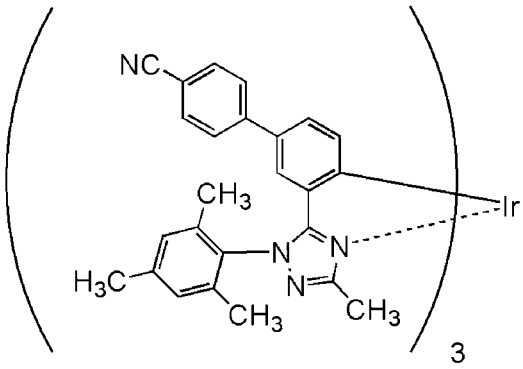
(127)



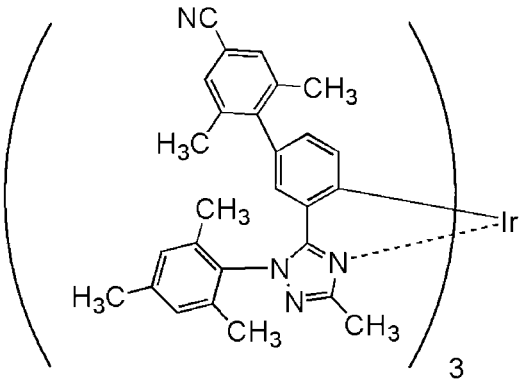
(128)



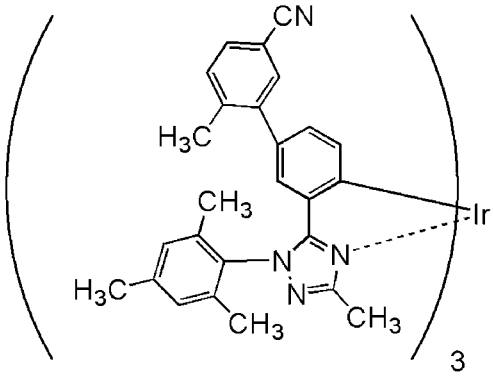
(129)



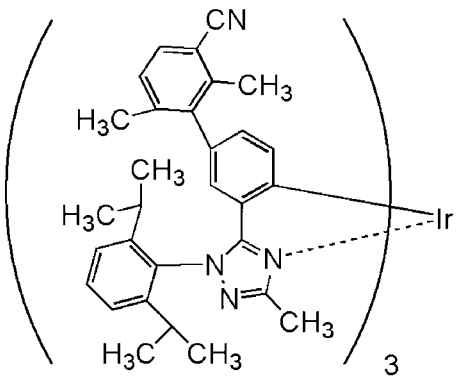
(130)



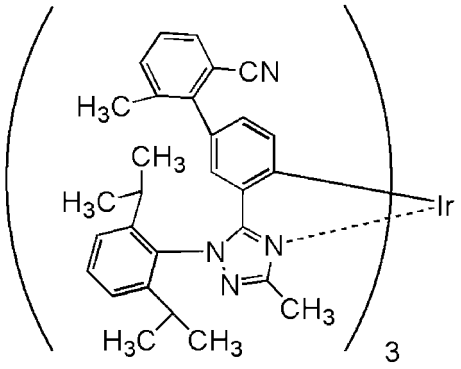
(131)



(132)



(133)



(134)

[0216] Der Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist, wie vorstehend beschrieben worden ist, relativ niedrige HOMO- und LUMO-Niveaus auf, und wird demnach als Gastmaterial eines Licht emittierenden Elements bevorzugt. In diesem Fall kann das Licht emittierende Element eine hohe Emissionseffizienz aufweisen. Außerdem weist der Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau auf, und er wird somit insbesondere als Gastmaterial eines Elements, das blaues Licht emittiert, bevorzugt. In diesem Fall kann das Element, das blaues Licht emittiert, eine hohe Emissionseffizienz aufweisen. Des Weiteren kann, da der Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sehr widerstandsfähig in Hinblick auf eine wiederholte Oxidation und Reduktion ist, ein Licht emittierendes Element, das den Iridiumkomplex umfasst, eine lange Betriebsdauer aufweisen. Demzufolge handelt es sich bei dem Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um ein Material, das in geeigneter Weise in einem Licht emittierenden Element verwendet werden kann.

[0217] Es sei angemerkt, dass der Iridiumkomplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Tiefdruckverfahren oder dergleichen abgeschieden werden kann.

[0218] Es sei angemerkt, dass die beschriebene Verbindung in einer geeigneten Kombination mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen verwendet werden kann.

(Referenzausführungsform 3)

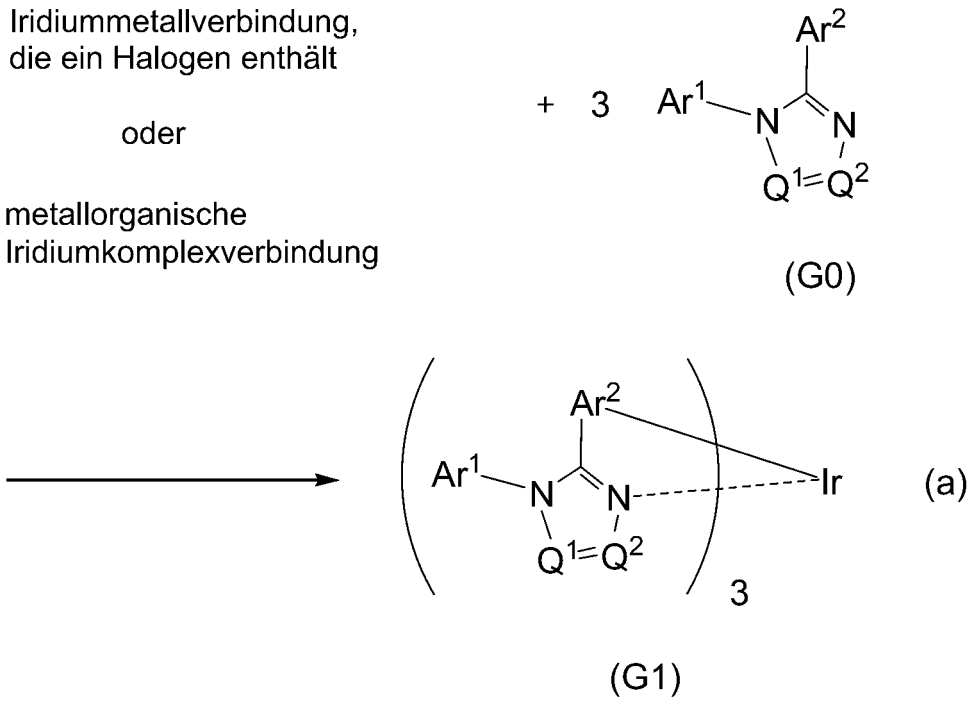
[0219] Bei dieser Referenzausführungsform wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren der Iridiumkomplexe mit den Strukturen, die durch die allgemeinen Formeln (G1), (G3), (G4) und (G7) dargestellt werden, beschrieben. Zum Synthetisieren der Iridiumkomplexe kann eine Vielzahl von Reaktionen verwendet werden. Die Iridiumkomplexe, die durch die allgemeinen Formeln (G1), (G3), (G4) und (G7) dargestellt werden, können beispielsweise durch Synthesereaktionen, die im Folgenden beschrieben werden, synthetisiert werden. Es sei angemerkt, dass das Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf die folgenden Syntheseverfahren beschränkt ist.

<Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes, der durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird>

[0220] Ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, wird beschrieben.

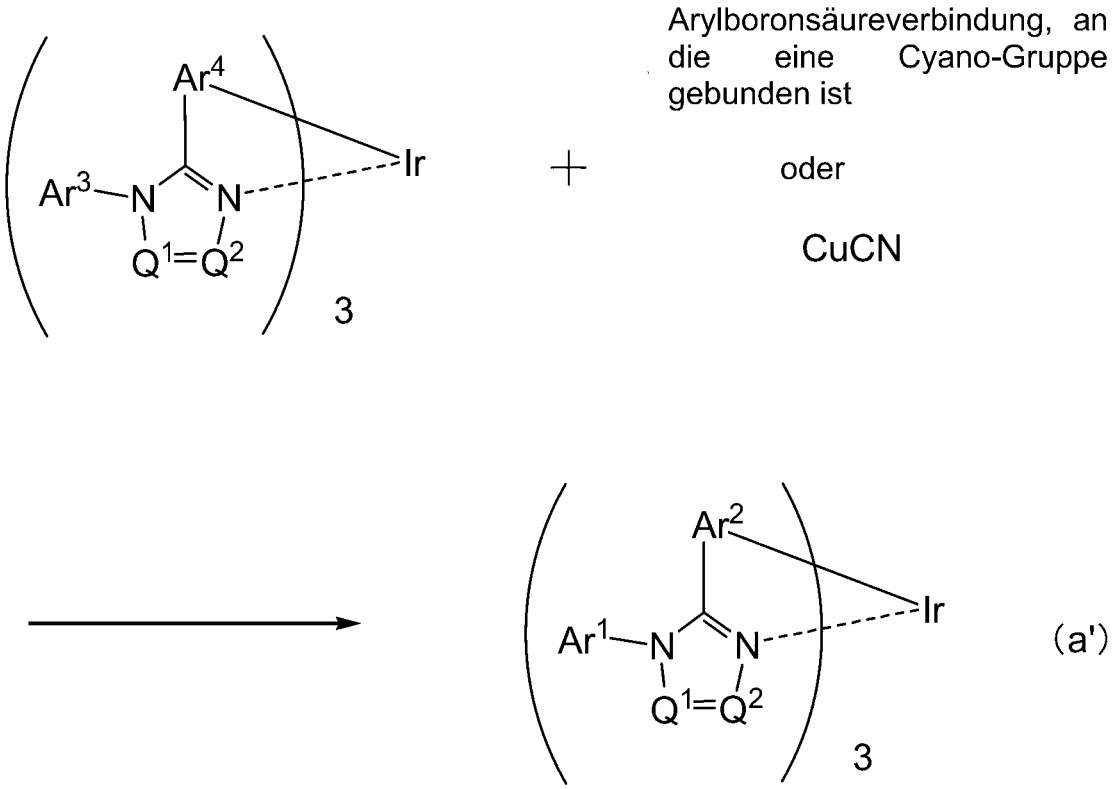
[0221] Wie in dem nachfolgenden Syntheseschema (a) gezeigt, kann der Iridiumkomplex mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, erhalten werden, wenn ein durch die allgemeine Formel (G0) dargestelltes Derivat mit einem fünfgliedrigen stickstoffhaltigen Ring mit einer Iridiummetallverbindung, die ein Halogen enthält (z. B. Iridiumchloridhydrat oder Ammoniumhexachloriridat), oder mit einer metallorganischen Iridiumkomplexverbindung (z. B. einem Acetylacetonatkomplex oder einem Diethylsulfidkomplex) gemischt wird und anschließend das Gemisch erwärmt wird. Dieser Erwärmungsprozess kann durchgeführt werden, nachdem das durch die allgemeine Formel (G0) dargestellte Derivat mit einem fünfgliedrigen stickstoffhaltigen Ring und die Iridiummetallverbindung, die ein Halogen enthält, oder die metallorganische Iridiumkomplexverbindung in einem Lösungsmittel auf Alkohol-Basis (z. B. Glycerin, Ethylenglycol,

2-Methoxyethanol oder 2-Ethoxyethanol) aufgelöst worden sind.



[0222] In dem Syntheseschema (a) stellen Ar^1 und Ar^2 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Q^1 und Q^2 stellen jeweils unabhängig voneinander N oder C-R dar, und R stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Q^1 und/oder Q^2 umfassen/umfasst C-R. Mindestens eine der Aryl-Gruppen, die durch Ar^1, Ar^2 und R dargestellt werden, umfasst eine Cyano-Gruppe.

[0223] Es sei angemerkt, dass das Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, nicht auf das Syntheseschema (a) beschränkt ist. Bei einem weiteren Beispiel, das in dem Syntheseschema (a') gezeigt wird, reagiert ein Iridiumkomplex, der einen Liganden umfasst, in dem eine Halogen-Gruppe an mindestens eine der Aryl-Gruppen gebunden ist, die durch Ar^3 und Ar^4 dargestellt werden, mit einer Arylboronsäureverbindung, an die eine Cyano-Gruppe gebunden ist, oder mit Kupfercyanid, wodurch der Iridiumkomplex mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, erhalten werden kann. Es sei angemerkt, dass ein Iridiumkomplex, der als Liganden eine Verbindung umfasst, in der mindestens eine der Aryl-Gruppen, die durch Ar^3 und Ar^4 dargestellt werden, eine Borsäure, ein Borester oder ein cyclisches Triboratsalz ist, mit einem halogenierten Aryl reagieren kann, an das eine Cyano-Gruppe gebunden ist.



(G1)

[0224] In dem Syntheseschema (a') stellen Ar^1 und Ar^2 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Q^1 und Q^2 stellen jeweils unabhängig voneinander N oder C-R dar, und R stellt Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Q^1 und/oder Q^2 umfassen/umfasst C-R. Mindestens eine der Aryl-Gruppen, die durch Ar^1, Ar^2 und R dargestellt werden, umfasst eine Cyano-Gruppe.

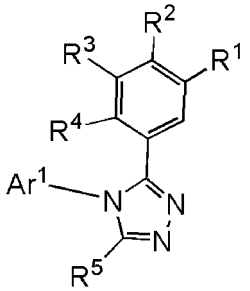
[0225] Der Iridiumkomplex, der durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, synthetisiert werden.

<Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes, der durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt wird>

[0226] Als Nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt wird, beschrieben.

<<Verfahren zum Synthetisieren des 1,2,4-Triazol-Derivats>>

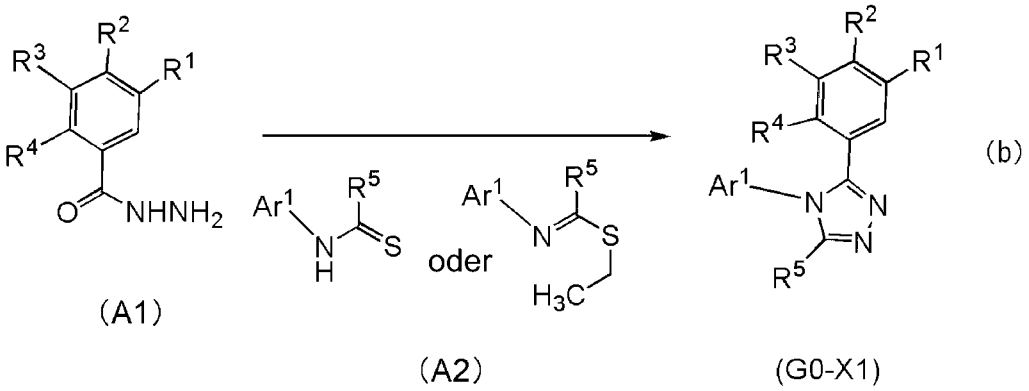
[0227] Als Erstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren eines 1,2,4-Triazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X1) dargestellt wird, beschrieben.



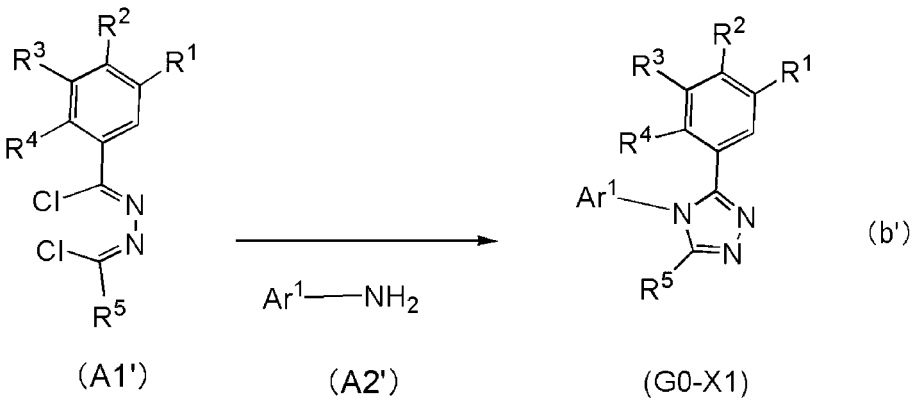
(G0-X1)

[0228] In der allgemeinen Formel (G0-X1) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder eine Cyano-Gruppe dar, und stellt R^5 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^5 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.

[0229] Wie in dem Syntheseschema (b) gezeigt, reagiert eine Hydrazidverbindung (A1) mit einer Thioetherverbindung oder einer N-substituierten Thioamidverbindung (A2), wodurch das 1,2,4-Triazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X1) dargestellt wird, erhalten werden kann. In dem Syntheseschema (b) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt R^5 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^5 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.



[0230] Es sei angemerkt, dass das Verfahren zum Synthetisieren des 1,2,4-Triazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X1) dargestellt wird, nicht auf das Syntheseschema (b) beschränkt ist. Als Beispiel für ein weiteres Syntheseverfahren gibt es ein Verfahren, bei dem, wie in dem Syntheseschema (b') gezeigt, eine Dihydrazidverbindung (A1') mit einer primären Aminverbindung (A2') reagiert. In dem Syntheseschema (b') stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder eine Cyano-Gruppe dar, und stellt R^5 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^5 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.



[0231] Das 1,2,4-Triazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X1) dargestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, unter Anwendung eines einfachen Syntheseschemas synthetisiert werden.

[0232] Anschließend kann der Iridiumkomplex mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt wird, durch ein Syntheseverfahren, das demjenigen des Syntheseschemas (a) ähnlich ist, erhalten werden, wenn das 1,2,4-Triazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X1) dargestellt wird, mit einer Iridiummetallverbindung, die ein Halogen enthält (z. B. Iridiumchloridhydrat oder Ammoniumhexachloriridat), oder mit einer metallorganischen Iridiumkomplexverbindung (z. B. einem Acetylacetonatkomplex oder einem Diethylsulfidkomplex) gemischt wird und anschließend das Gemisch erwärmt wird.

[0233] Der Iridiumkomplex, der durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, synthetisiert werden.

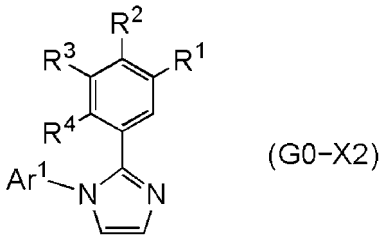
[0234] Um einen ortho-metallierten Komplex, der das 1,2,4-Triazol-Derivat als Liganden umfasst, bei dem es sich um den Iridiumkomplex handelt, der durch die allgemeine Formel (G3) dargestellt wird, zu erhalten, ein Substituent an die 5-Position (d. h. R^5) des 1,2,4-Triazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X1) dargestellt wird, gebunden werden. Im Besonderen wird für R^5 vorzugsweise eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen verwendet, wobei in diesem Falle die Ausbeute beim Syntheseschema (a) im Vergleich zu dem Fall, in dem Wasserstoff für R^5 verwendet wird, erhöht werden kann.

<Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes, der durch die allgemeine Formel (G4) dargestellt wird>

[0235] Als Nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G4) dargestellt wird, beschrieben.

<<Verfahren zum Synthetisieren des Imidazol-Derivats>>

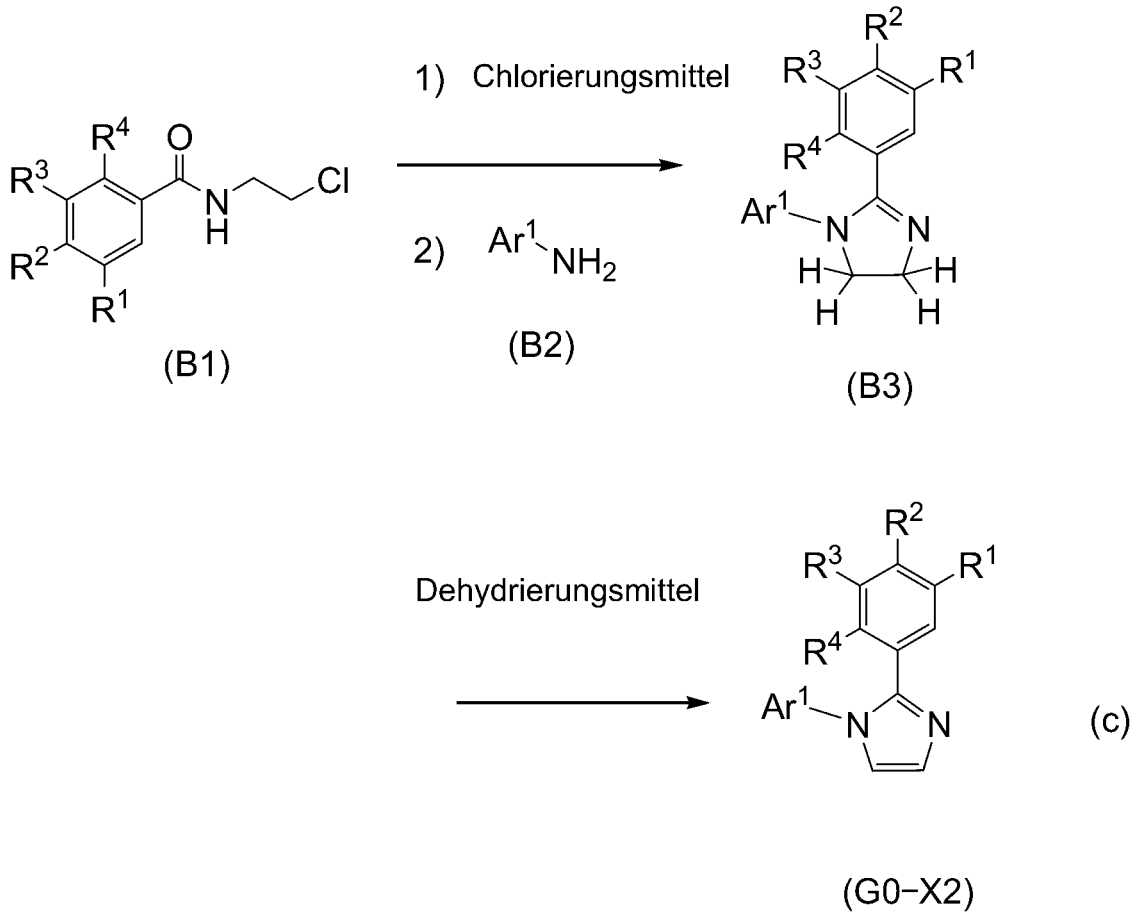
[0236] Als Erstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren eines Imidazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X2) dargestellt wird, beschrieben.



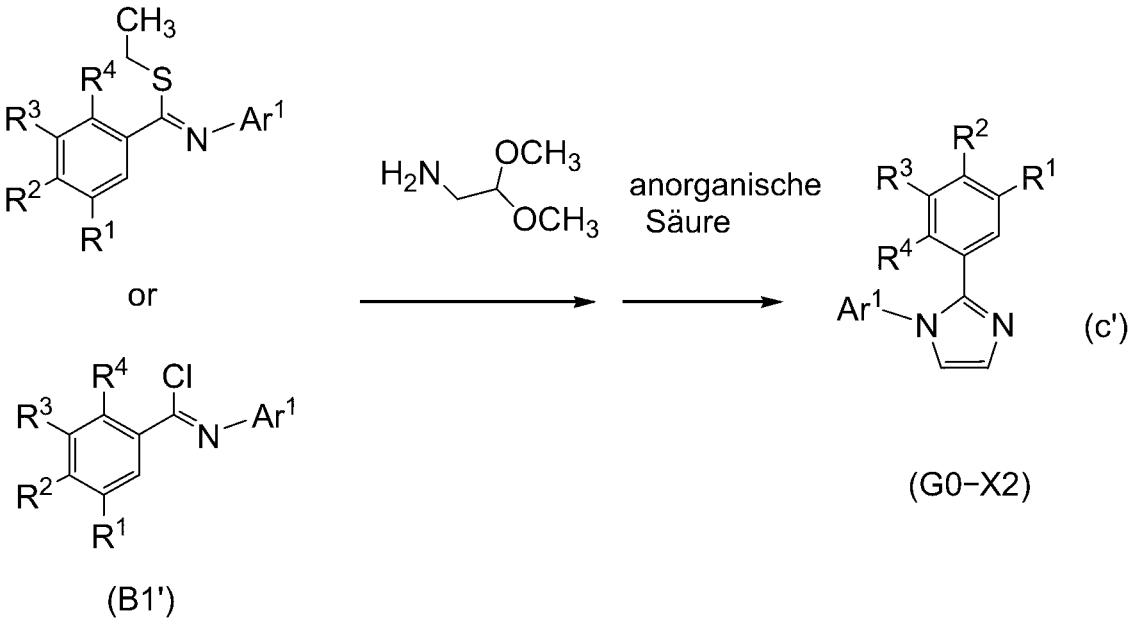
[0237] In der allgemeinen Formel (G0-X2) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar und stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen dar,

wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.

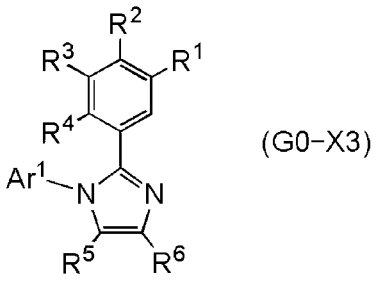
[0238] Wie in dem Syntheseschema (c) gezeigt, reagiert zuerst eine N-(2-Chlorethyl)benzamidverbindung (B1) mit einem Chlorierungsmittel und dann mit einer primären Aminverbindung (B2), wodurch ein Zwischenprodukt (B3) erhalten werden kann. Beispiele für das Chlorierungsmittel umfassen Phosphorpentachlorid und Phosphorylchlorid. Anschließend reagiert das Zwischenprodukt (B3) mit einem Dehydrierungsmittel, wodurch ein Imidazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X2) dargestellt wird, erhalten werden kann. Beispiele für das Dehydrierungsmittel umfassen Kaliumpermanganat und ein Benzochinon-Derivat. In dem Syntheseschema (c) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar und stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.



[0239] Es sei angemerkt, dass das Verfahren zum Synthetisieren des Imidazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X2) dargestellt wird, nicht auf das Syntheseschema (c) beschränkt ist. Bei einem weiteren Beispiel, das in dem Syntheseschema (c') gezeigt wird, reagiert zuerst eine Thioetherverbindung oder eine Iminochloridverbindung (B1') mit Aminoacetaldehyddimethylacetal und wird dann eine anorganische Säure hinzugegeben. Beispiele für die anorganische Säure umfassen ein Phosphorsäure und eine Chlorwasserstoffsäure. In dem Syntheseschema (c') stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar und stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.



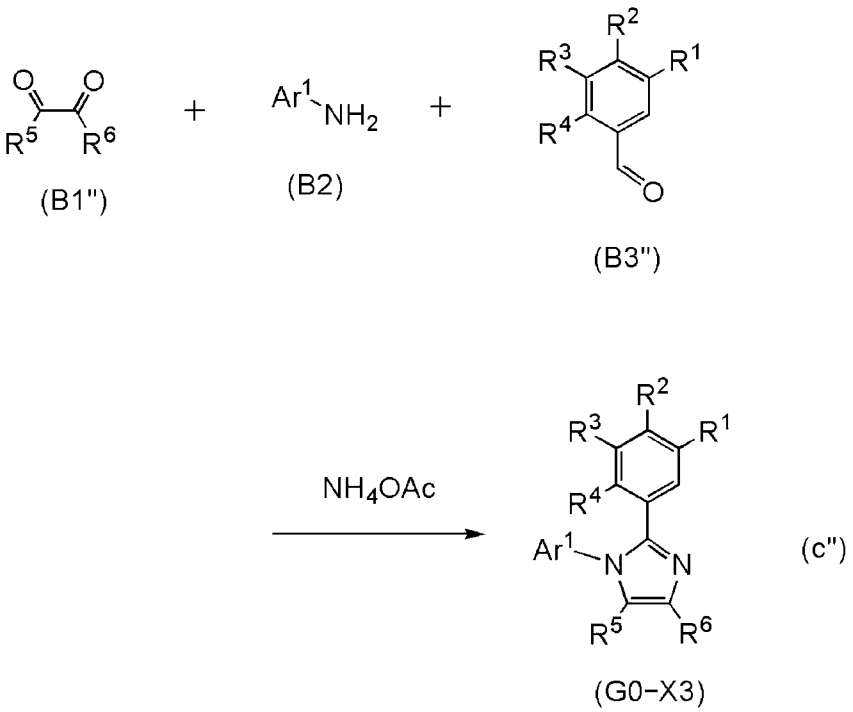
[0240] Als Nächstes wird ein Beispiel zum Synthetisieren eines Imidazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X3) dargestellt wird, beschrieben.



(G0−X3)

[0241] In der allgemeinen Formel (G0-X3) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellen R^5 und R^6 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^6 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^6 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.

[0242] Wie in dem Syntheseschema (c") gezeigt, werden eine β-Diketonverbindung (B1"), die primäre Aminverbindung (B2) und eine Benzaldehydverbindung (B3") gemischt, um miteinander zu reagieren. In dem Syntheseschema (c") stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellen R^5 und R^6 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.



[0243] Das Imidazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X3) dargestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, unter Anwendung eines einfachen Syntheseschemas synthetisiert werden.

[0244] Anschließend kann der Iridiumkomplex mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G4) dargestellt wird, durch ein Syntheseverfahren, das demjenigen des Syntheseschemas (a) ähnlich ist, erhalten werden, wenn das Imidazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X3) dargestellt wird, mit einer Iridiummetallverbindung, die ein Halogen enthält (z. B. Iridiumchloridhydrat oder Ammoniumhexachloriridat), oder mit einer metallorganischen Iridiumkomplexverbindung (z. B. einem Acetylacetonatkomplex oder einem Diethylsulfidkomplex) gemischt wird und anschließend das Gemisch erwärmt wird.

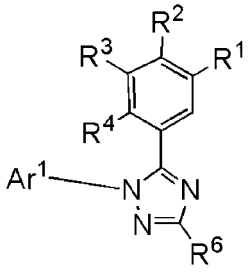
[0245] Der Iridiumkomplex, der durch die allgemeine Formel (G4) dargestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, synthetisiert werden.

<Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes, der durch die allgemeine Formel (G7) dargestellt wird>

[0246] Als Nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren des Iridiumkomplexes mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G7) dargestellt wird, beschrieben.

<<Verfahren zum Synthetisieren des 1H-1,2,4-Triazol-Derivats>>

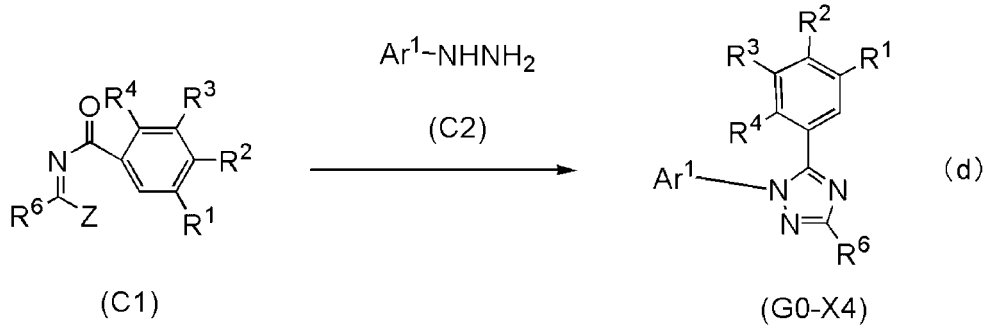
[0247] Als Erstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren eines 1H-1,2,4-Triazol-Derivats, das durch die allgemeine Formel (G0-X4) dargestellt wird, beschrieben.



(G0-X4)

[0248] In der allgemeinen Formel (G0-X4) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt R^6 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 und R^6 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.

[0249] Wie in dem Syntheseschema (d) gezeigt, reagiert eine Acylamidinverbindung (C1) mit einer Hydrazinverbindung (C2), wodurch das 1H-1,2,4-Triazol-Derivat erhalten werden kann. Es sei angemerkt, dass Z in der Formel eine Gruppe (eine Abgangsgruppe), wie z. B. eine Alkoxy-Gruppe, eine Alkylthio-Gruppe, eine Amino-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe, darstellt, die durch eine Ring-Closure-Reaktion abgespalten wird. In dem Syntheseschema (d) stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellen R^1 bis R^4 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt R^6 Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, wobei mindestens eines/eine von R^1 bis R^4 und den Aryl-Gruppen, die durch Ar^1 und R^1 bis R^4 und R^6 dargestellt werden, eine Cyano-Gruppe umfasst.



[0250] Es sei angemerkt, dass das Verfahren zum Synthetisieren des 1H-1,2,4-Triazol-Derivats nicht auf das Syntheseschema (d) beschränkt ist. Das 1H-1,2,4-Triazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X4) dargestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben worden ist, unter Anwendung eines einfachen Syntheseschemas synthetisiert werden.

[0251] Anschließend kann der Iridiumkomplex mit der Struktur, die durch die allgemeine Formel (G7) dargestellt wird, durch ein Syntheseverfahren, das demjenigen des Syntheseschemas (a) ähnlich ist, erhalten werden, wenn das 1H-1,2,4-Triazol-Derivat, das durch die allgemeine Formel (G0-X4) dargestellt wird, mit einer Iridiummetallverbindung, die ein Halogen enthält (z. B. Iridiumchloridhydrat oder Ammoniumhexachloriridat), oder mit einer metallorganischen Iridiumkomplexverbindung (z. B. einem Acetylacetonatkomplex oder einem Diethylsulfidkomplex) gemischt wird und anschließend das Gemisch erwärmt wird.

[0252] Es sei angemerkt, dass die bei dieser Referenzausführungsform beschriebene Verbindung in einer geeigneten Kombination mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen verwendet werden kann.

(Ausführungsform 4)

[0253] Bei dieser Ausführungsform wird ein Strukturbeispiel eines Licht emittierenden Elements, das den Iridiumkomplex umfasst, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, anhand von **Fig.** 3A und **Fig.** 3B nachstehend beschrieben.

<Strukturbeispiel des Licht emittierenden Elements>

[0254] **Fig.** 3A ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 152 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0255] Das Licht emittierende Element 152 umfasst die EL-Schicht 100 zwischen einem Paar von Elektroden, und eine Schicht in der EL-Schicht 100 umfasst den Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist.

[0256] Die EL-Schicht 100 umfasst mindestens eine Licht emittierende Schicht 140. Die EL-Schicht 100 kann zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 140 die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 umfassen, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind. Die mehrschichtige Struktur der EL-Schicht 100 ist nicht darauf beschränkt.

[0257] Die Materialien, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind, können für das Paar von Elektroden (die Elektroden 101 und 102), die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 dieser Ausführungsform verwendet werden.

[0258] **Fig.** 3B ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Beispiel für die Licht emittierende Schicht 140 darstellt, die in dem Licht emittierenden Element 152 enthalten ist. Die Licht emittierende Schicht 140 enthält ein Wirtsmaterial 141 und ein Gastmaterial 142. Die Materialien für das Wirtsmaterial 131, das bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, können für das Wirtsmaterial 141 verwendet werden. Das heißt, dass die organische Verbindung 131_1 und die organische Verbindung 131_2, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind, jeweils als organische Verbindung 141_1 und organische Verbindung 141_2 verwendet werden, die in dem Wirtsmaterial 141 enthalten sind.

[0259] Der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, weist relativ niedrige HOMO- und LUMO-Niveaus auf und ist somit für die Verwendung als Gastmaterial eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet. Somit kann unter Verwendung des Iridiumkomplexes, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, als Gastmaterial 142 in dem Licht emittierenden Element 152, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden. Des Weiteren kann, da der Iridiumkomplex ein hohes Triplett-Anregungsenergieniveau aufweist, ein blaues Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden. Demzufolge kann die Struktur dieser Ausführungsform ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz und einem Emissionsspektrumspeak in dem blauen Wellenlängenbereich bereitstellen. Der Iridiumkomplex, der sehr widerstandsfähig in Hinblick auf eine wiederholte Oxidation und Reduktion ist, kann ein Licht emittierendes Element mit einer langen Betriebsdauer bereitstellen.

[0260] Wie bei dem Lichtemissionsmechanismus, der in **Fig.** 2A und **Fig.** 2B gezeigt wird, ist das HOMO-Niveau des Gastmaterials 142 vorzugsweise niedriger als dasjenige der organischen Verbindung 141_2 und ist das LUMO-Niveau des Gastmaterials vorzugsweise höher als dasjenige der organischen Verbindung 141_1. Der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, weist relativ niedrige HOMO- und LUMO-Niveaus auf und kann in geeigneter Weise als Gastmaterial mit der vorstehend erwähnten Struktur verwendet werden. Materialien für die organische Verbindung 141_1, die organische Verbindung 141_2 und das Gastmaterial 142 werden derart ausgewählt, dass eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO- und HOMO-Niveau des Gastmaterials 142 größer ist als eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 141_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 141_2. Der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, wird vorzugsweise als Gastmaterial 142 verwendet. Mit einer derartigen Struktur kann die Bildung eines Exciplex von dem Gastmaterial 142 und der organischen Verbindung 141_1 oder der organischen Verbindung 141_2 unterdrückt werden, wodurch ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden kann.

[0261] Der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, weist eine Funktion zum Umwandeln von Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission auf. Aus diesem Grund kann der Iridiumkomplex Licht mit einer Energie emittieren, die kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau ist. Dementsprechend ist selbst in dem Fall, in dem die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau des Iridiumkomplexes größer als die Energiedifferenz

zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 141_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 141_2 ist, solange die Lichtemissionsenergie oder die Absorptionsenergie des Iridiumkomplexes kleiner als eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der organischen Verbindung 141_1 und dem HOMO-Niveau der organischen Verbindung 141_2 ist, eine Anregungsenergieübertragung von einem Exciplex, der von der organischen Verbindung 141_1 und der organischen Verbindung 141_2 gebildet wird, auf den Iridiumkomplex möglich, und Lichtemission kann von dem Iridiumkomplex erhalten werden.

[0262] Vorzugsweise ist das Oxidationspotential des Gastmaterials 142 höher als dasjenige der organischen Verbindung 141_2 und ist das Reduktionspotential des Gastmaterials 142 niedriger als dasjenige der organischen Verbindung 141_1. Der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, weist relativ hohe Oxidations- und Reduktionspotentiale auf und kann in geeigneter Weise als Gastmaterial mit der vorstehend erwähnten Struktur verwendet werden. Mit einer derartigen Struktur kann die Bildung eines Exciplex von dem Gastmaterial 142 und der organischen Verbindung 141_1 oder der organischen Verbindung 141_2 unterdrückt werden, wodurch ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden kann. Es sei angemerkt, dass das Oxidationspotential und das Reduktionspotential durch Cyclovoltammetrie (CV) gemessen werden können.

[0263] Die Licht emittierende Schicht 140 kann eine Struktur aufweisen, bei der zwei oder mehr Schichten übereinander angeordnet sind. In dem Fall, in dem beispielsweise die Licht emittierende Schicht 140 ausgebildet wird, indem eine erste Licht emittierende Schicht und eine zweite Licht emittierende Schicht in dieser Reihenfolge von der Lochtransportschichtseite aus gestapelt werden, wird die erste Licht emittierende Schicht unter Verwendung einer Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet und wird die zweite Licht emittierende Schicht unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet. Ein Licht emittierendes Material, das in der ersten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, kann einem Licht emittierenden Material, das in der zweiten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, gleichen oder sich von ihm unterscheiden. Außerdem können die Materialien Funktionen zum Emittieren von Licht der gleichen Farbe oder Licht unterschiedlicher Farben aufweisen. Zwei Arten von Licht emittierenden Materialien mit Funktionen zum Emittieren von Licht unterschiedlicher Farben werden für die zwei Licht emittierenden Schichten verwendet, so dass Licht einer Vielzahl von Emissionsfarben zur gleichen Zeit erhalten werden kann. Insbesondere werden die Licht emittierenden Materialien der Licht emittierenden Schichten vorzugsweise derart ausgewählt, dass weißes Licht durch Kombination von Lichtemissionen von den zwei Licht emittierenden Schichten erhalten werden kann.

[0264] Die Licht emittierende Schicht 140 kann zusätzlich zu dem Wirtsmaterial 141 und dem Gastmaterial 142 ein weiteres Material enthalten.

[0265] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht 140 durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, Tiefdruck oder dergleichen ausgebildet werden kann. Neben den vorstehend erwähnten Materialien können eine anorganische Verbindung, wie z. B. ein Quantenpunkt, oder eine hochmolekulare Verbindung (z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer und ein Polymer) verwendet werden.

[0266] Für die anderen Strukturen des Licht emittierenden Elements 152, das bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, kann auf die Strukturen des Licht emittierenden Elements 150 verwiesen werden, das bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist.

[0267] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Ausführungsform 5)

[0268] Bei dieser Ausführungsform wird ein Licht emittierendes Element mit einer Struktur, die sich von derjenigen unterscheidet, die bei den Ausführungsformen 1 und 4 beschrieben worden ist, im Folgenden anhand von **Fig.** 4 beschrieben. In **Fig.** 4 wird in einigen Fällen ein Abschnitt mit einer ähnlichen Funktion wie derjenige in **Fig.** 1A durch das gleiche Schraffurmuster wie in **Fig.** 1A dargestellt und nicht eigens mit einem Bezugszeichen versehen. Zudem werden gleiche Bezugszeichen für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und eine ausführliche Beschreibung der Abschnitte wird in einigen Fällen weggelassen.

[0269] **Fig.** 4 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 250.

[0270] Das Licht emittierende Element 250, das in **Fig.** 4 dargestellt wird, umfasst eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten (eine Licht emittierende Einheit 106 und eine Licht emittierende Einheit 108 in **Fig.** 4) zwischen einem Paar von Elektroden (der Elektrode 101 und der Elektrode 102). Eine der Licht emittierenden Einheiten weist vorzugweise die gleiche Struktur wie die EL-Schicht 100 auf, die in **Fig.** 1A und **Fig.** 1B oder **Fig.** 3A und **Fig.** 3B dargestellt wird. Das heißt: Das Licht emittierende Element 150, das in **Fig.** 1A und **Fig.** 1B dargestellt wird, und das Licht emittierende Element 152, das in **Fig.** 3A und **Fig.** 3B dargestellt wird, umfassen jeweils vorzugsweise eine Licht emittierende Einheit, wohingegen das Licht emittierende Element 250 eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten umfasst. Es sei angemerkt, dass die Elektrode 101 als Anode dient und dass die Elektrode 102 als Kathode in der folgenden Beschreibung des Licht emittierenden Elements 250 dient; jedoch können die Funktionen bei dem Licht emittierenden Element 250 ausgetauscht werden.

[0271] In dem Licht emittierenden Element 250, das in **Fig.** 4 dargestellt wird, sind die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 übereinander angeordnet, und eine Ladungserzeugungsschicht 115 ist zwischen der Licht emittierenden Einheit 106 und der Licht emittierenden Einheit 108 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 die gleiche Struktur oder unterschiedliche Strukturen aufweisen können. Beispielsweise wird die EL-Schicht 100, die in **Fig.** 1A und **Fig.** 1B oder **Fig.** 3A und **Fig.** 3B dargestellt wird, vorzugsweise für die Licht emittierende Einheit 108 verwendet.

[0272] Das Licht emittierende Element 250 umfasst eine Licht emittierende Schicht 170 und eine Licht emittierende Schicht 180. Die Licht emittierende Einheit 106 umfasst neben der Licht emittierenden Schicht 170 die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 113 und eine Elektroneninjektionsschicht 114. Die Licht emittierende Einheit 108 umfasst neben der Licht emittierenden Schicht 180 eine Lochinjektionsschicht 116, eine Lochtransportschicht 117, eine Elektronentransportschicht 118 und eine Elektroneninjektionsschicht 119.

[0273] Die Ladungserzeugungsschicht 115 kann entweder eine Struktur, bei der einem Lochtransportmaterial eine Akzeptorsubstanz, bei der es sich um einen Elektronenakzeptor handelt, zugesetzt worden ist, oder eine Struktur aufweisen, bei der einem Elektronentransportmaterial eine Donatorsubstanz, bei der es sich um einen Elektronendonator handelt, zugesetzt worden ist. Alternativ können beide dieser Strukturen übereinander angeordnet sein.

[0274] In dem Fall, in dem die Ladungserzeugungsschicht 115 ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, kann das Verbundmaterial, das für die Lochinjektionsschicht 111, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, verwendet werden kann, für das Verbundmaterial verwendet werden. Als organische Verbindung können verschiedene Verbindungen, wie z. B. eine aromatische Aminverbindung, eine Carbazolverbindung, ein aromatischer Kohlenwasserstoff und eine hochmolekulare Verbindung (wie z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer oder ein Polymer), verwendet werden. Eine organische Verbindung mit einer Löcherbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm^2/Vs oder höher wird vorzugsweise als organische Verbindung verwendet. Es sei angemerkt, dass ein beliebiges anderes Material verwendet werden kann, solange es eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen aufweist. Da das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz ausgezeichnete Ladungsträgerinjektions- und Ladungsträgertransporteigenschaften aufweist, kann ein Betrieb bei einer niedrigen Spannung oder ein Betrieb mit einem niedrigen Strom erzielt werden. Es sei angemerkt, dass dann, wenn eine Oberfläche einer Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht 115 ist, wie bei der Licht emittierenden Einheit 108, die Ladungserzeugungsschicht 115 auch als Lochinjektionsschicht oder Lochtransportschicht der Licht emittierenden Einheit dienen kann; daher muss in der Licht emittierenden Einheit eine Lochinjektionsschicht oder eine Lochtransportschicht nicht notwendigerweise enthalten sein.

[0275] Die Ladungserzeugungsschicht 115 kann eine mehrschichtige Struktur aus einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, und einer Schicht aufweisen, die ein anderes Material enthält. Beispielsweise kann die Ladungserzeugungsschicht 115 ausgebildet werden, indem eine Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, mit einer Schicht kombiniert wird, die eine Verbindung, die aus Elektronen abgebenden Materialien ausgewählt wird, und eine Verbindung mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft enthält. Außerdem kann die Ladungserzeugungsschicht 115 ausgebildet werden, indem eine Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, mit einer Schicht kombiniert wird, die ein durchsichtiges leitendes Material enthält.

[0276] Die Ladungserzeugungsschicht 115, die zwischen der Licht emittierenden Einheit 106 und der Licht emittierenden Einheit 108 bereitgestellt ist, kann eine beliebige Struktur aufweisen, solange Elektronen in die Licht emittierende Einheit auf einer Seite injiziert werden können und Löcher in die Licht emittierende Einheit auf der anderen Seite injiziert werden können, wenn eine Spannung zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 angelegt wird. Zum Beispiel injiziert in **Fig.** 4 die Ladungserzeugungsschicht 115 Elektronen in die Licht emittierende Einheit 106 und Löcher in die Licht emittierende Einheit 108, wenn eine Spannung derart angelegt wird, dass das Potential der Elektrode 101 höher als dasjenige der Elektrode 102 wird.

[0277] Es sei angemerkt, dass hinsichtlich der Lichtextraktionseffizienz die Ladungserzeugungsschicht 115 bevorzugt sichtbares Licht durchlässt (im Besonderen weist sie eine Lichtdurchlässigkeit für sichtbares Licht von höher als oder gleich 40 % auf). Die Ladungserzeugungsschicht 115 arbeitet selbst dann, wenn sie eine niedrigere Leitfähigkeit aufweist als das Paar von Elektroden (die Elektroden 101 und 102).

[0278] Es sei angemerkt, dass das Ausbilden der Ladungserzeugungsschicht 115 unter Verwendung eines der vorstehenden Materialien einen durch die Schichtanordnung der Licht emittierenden Schichten verursachten Anstieg der Ansteuerspannung unterdrücken kann.

[0279] Das Licht emittierende Element, das zwei Licht emittierende Einheiten umfasst, wurde anhand von **Fig.** 4 beschrieben; jedoch kann eine ähnliche Struktur auch auf ein Licht emittierendes Element angewandt werden, bei dem drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind. Durch eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die von der Ladungserzeugungsschicht getrennt werden, zwischen einem Paar von Elektroden kann, genauso wie bei dem Licht emittierenden Element 250, ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das Licht mit einer hohen Leuchtdichte emittieren kann, wobei die Stromdichte niedrig gehalten wird, und eine lange Lebensdauer aufweist. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann ebenfalls bereitgestellt werden.

[0280] Wenn die Strukturen, die bei den Ausführungsformen 1 und 4 beschrieben worden sind, für mindestens eine der Vielzahl von Einheiten verwendet werden, kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden.

[0281] Es sei angemerkt, dass bei jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen die Gastmaterialien (Licht emittierenden Materialien), die in der Licht emittierenden Einheit 106 und der Licht emittierenden Einheit 108 verwendet werden, gleich oder unterschiedlich sein können. In dem Fall, in dem die gleichen Gastmaterialien, die Licht der gleichen Farbe emittieren, für die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 verwendet werden, kann das Licht emittierende Element 250 eine hohe Emissionsleuchtdichte bei einem kleinen Stromwert aufweisen, was vorzuziehen ist. In dem Fall, in dem Gastmaterialien, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren, für die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 verwendet werden, kann das Licht emittierende Element 250 eine mehrfarbige Lichtemission aufweisen, was vorzuziehen ist. In diesem Fall, synthetisieren dann, wenn eine Vielzahl von Licht emittierenden Substanzen mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen in einer oder beiden der Licht emittierenden Schichten 170 und 180 verwendet wird, Lichter mit unterschiedlichen Emissionspeaks eine Lichtemission von dem Licht emittierenden Element 250. Das heißt: Das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 250 weist mindestens zwei Peaks auf.

[0282] Die vorstehende Struktur ist ebenfalls dazu geeignet, eine weiße Lichtemission zu erhalten. Wenn die Licht emittierende Schicht 170 und die Licht emittierende Schicht 180 Licht von Komplementärfarben emittieren, kann eine weiße Lichtemission erhalten werden. Vorzugsweise werden die Gastmaterialien insbesondere derart ausgewählt, dass eine weiße Lichtemission mit einer hohen Farbwiedergabeeigenschaft oder eine Lichtemission von mindestens Rot, Grün und Blau erhalten werden kann.

[0283] Eine oder beide der Licht emittierenden Schichten 170 und 180 kann/können in Schichten unterteilt sein, und die geteilten Schichten können jeweils ein unterschiedliches Licht emittierendes Material aufweisen. Das heißt: Eine oder beide der Licht emittierenden Schichten 170 und 180 kann/können aus zwei oder mehr Schichten bestehen. Beispielsweise wird in dem Fall, in dem die Licht emittierende Schicht ausgebildet wird, indem eine erste Licht emittierende Schicht und eine zweite Licht emittierende Schicht in dieser Reihenfolge von der Lochtransportschichtseite aus übereinander angeordnet werden, die erste Licht emittierende Schicht unter Verwendung einer Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet und wird die zweite Licht emittierende Schicht unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet. In diesem Fall kann ein Licht emittierendes Material, das in der ersten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, einem Licht emittierenden Material, das in der zweiten Licht emittier-

enden Schicht enthalten ist, gleichen oder sich von ihm unterscheiden. Außerdem können die Materialien Funktionen zum Emittieren von Licht der gleichen Farbe oder Licht unterschiedlicher Farben aufweisen. Eine weiße Lichtemission mit einer hohen Farbwiedergabeeigenschaft, die aus drei Primärfarben oder vier oder mehr Farben gebildet wird, kann erhalten werden, indem eine Vielzahl von Licht emittierenden Materialien verwendet wird, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren.

[0284] Als Material, das für die Licht emittierenden Schichten 170 und 180 verwendet werden kann, kann ein Material verwendet werden, das für die Licht emittierende Schicht 130 bei der Ausführungsform 1 oder für die Licht emittierende Schicht 140 bei der Ausführungsform 4 verwendet werden kann. Der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, wird vorzugsweise als Gastmaterial verwendet. Somit kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden.

[0285] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Einheiten 106 und 108 sowie die Ladungserzeugungsschicht 115 durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, Tiefdruck oder dergleichen ausgebildet werden können.

[0286] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Ausführungsform 6)

[0287] Bei dieser Ausführungsform werden im Folgenden Beispiele für Licht emittierende Elemente mit Strukturen, die sich von denjenigen unterscheiden, die bei den Ausführungsformen 1, 4 und 5 beschrieben worden sind, anhand von **Fig.** 5A und **Fig.** 5B, **Fig.** 6A und **Fig.** 6B, **Fig.** 7A bis **Fig.** 7C sowie **Fig.** 8A bis **Fig.** 8C beschrieben.

<Strukturbeispiel 1 des Licht emittierenden Elements>

[0288] **Fig.** 5A und **Fig.** 5B sind Querschnittsansichten, die jeweils ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen. In **Fig.** 5A und **Fig.** 5B wird in einigen Fällen ein Abschnitt mit einer ähnlichen Funktion wie derjenige in **Fig.** 1A durch das gleiche Schraffurmuster wie in **Fig.** 1A dargestellt und nicht eigens mit einem Bezugszeichen versehen. Zudem werden gleiche Bezugszeichen für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und eine ausführliche Beschreibung der Abschnitte wird in einigen Fällen weggelassen.

[0289] Licht emittierende Elemente 260a und 260b in **Fig.** 5A und **Fig.** 5B können eine Bottom-Emission-Struktur aufweisen, bei der Licht über das Substrat 200 entnommen wird, oder können eine Top-Emission-Struktur aufweisen, bei der Licht, das von dem Licht emittierenden Element emittiert wird, in der Richtung entnommen wird, die dem Substrat 200 gegenüber liegt. Jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Struktur beschränkt, und ein Licht emittierendes Element mit einer Dual-Emission-Struktur, bei der Licht, das von dem Licht emittierenden Element emittiert wird, sowohl in Top- als auch in Bottom-Richtung des Substrats 200 entnommen wird, kann zum Einsatz kommen.

[0290] In dem Fall, in dem die Licht emittierenden Elemente 260a und 260b jeweils eine Bottom-Emission-Struktur aufweisen, weist die Elektrode 101 vorzugsweise eine Funktion zum Durchlassen von Licht auf und weist die Elektrode 102 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf. Alternativ weist in dem Fall, in dem die Licht emittierenden Elemente 260a und 260b jeweils eine Top-Emission-Struktur aufweisen, die Elektrode 101 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf und weist die Elektrode 102 vorzugsweise eine Funktion zum Durchlassen von Licht auf.

[0291] Die Licht emittierenden Elemente 260a und 260b umfassen jeweils die Elektrode 101 und die Elektrode 102 über dem Substrat 200. Zwischen den Elektroden 101 und 102 sind eine Licht emittierende Schicht 123B, eine Licht emittierende Schicht 123G und eine Licht emittierende Schicht 123R bereitgestellt. Die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 sind ebenfalls bereitgestellt.

[0292] Das Licht emittierende Element 260b umfasst, als Teil der Elektrode 101, eine leitende Schicht 101a, eine leitende Schicht 101b über der leitenden Schicht 101a und eine leitende Schicht 101c unter der leitenden Schicht 101a. Mit anderen Worten: Das Licht emittierende Element 260b umfasst die Elektrode 101 mit

einer Struktur, bei der die leitende Schicht 101a zwischen der leitenden Schicht 101b und der leitenden Schicht 101c angeordnet ist.

[0293] In dem Licht emittierenden Element 260b können die leitende Schicht 101b und die leitende Schicht 101c aus unterschiedlichen Materialien oder dem gleichen Material ausgebildet werden. Die Elektrode 101 weist vorzugsweise eine Struktur auf, bei der die leitende Schicht 101a zwischen den Schichten angeordnet ist, die aus dem gleichen leitenden Material ausgebildet werden, wobei in diesem Fall ein Strukturieren durch Ätzen in dem Prozess zum Ausbilden der Elektrode 101 leicht durchgeführt werden kann.

[0294] In dem Licht emittierenden Element 260b kann die Elektrode 101 entweder die leitende Schicht 101b oder die leitende Schicht 101c umfassen.

[0295] Für jede der leitenden Schichten 101a, 101b und 101c, die in der Elektrode 101 enthalten sind, können die Struktur und Materialien der Elektrode 101 oder 102 verwendet werden, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind.

[0296] In **Fig.** 5A und **Fig.** 5B ist eine Trennwand 145 zwischen einem Bereich 221B, einem Bereich 221G und einem Bereich 221R bereitgestellt, die zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 angeordnet sind. Die Trennwand 145 weist eine isolierende Eigenschaft auf. Die Trennwand 145 bedeckt Endabschnitte der Elektrode 101 und weist Öffnungen auf, die sich mit der Elektrode überlappen. Durch die Trennwand 145 kann die Elektrode 101, die über dem Substrat 200 in den Bereichen bereitgestellt ist, in Inselformen geteilt werden.

[0297] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht 123B und die Licht emittierende Schicht 123G einander in einem Bereich überlappen können, in dem sie sich mit der Trennwand 145 überlappen. Die Licht emittierende Schicht 123G und die Licht emittierende Schicht 123R können einander in einem Bereich überlappen, in dem sie sich mit der Trennwand 145 überlappen. Die Licht emittierende Schicht 123R und die Licht emittierende Schicht 123B können einander in einem Bereich überlappen, in dem sie sich mit der Trennwand 145 überlappen.

[0298] Die Trennwand 145 weist eine isolierende Eigenschaft auf und wird unter Verwendung eines anorganischen oder organischen Materials ausgebildet. Beispiele für das anorganische Material umfassen Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid und Aluminiumnitrid. Beispiele für das organische Material umfassen lichtempfindliche Harzmaterialien, wie z. B. ein Acrylharz und ein Polyimidharz.

[0299] Es sei angemerkt, dass ein Siliziumoxynitridfilm einen Film meint, bei dem der Anteil von Sauerstoff höher ist als derjenige von Stickstoff. Der Siliziumoxynitridfilm enthält vorzugsweise Sauerstoff, Stickstoff, Silizium und Wasserstoff in den Bereichen von jeweils 55 Atom-% bis 65 Atom-%, 1 Atom-% bis 20 Atom-%, 25 Atom-% bis 35 Atom-% und 0,1 Atom-% bis 10 Atom-%. Ein Siliziumnitridoxidfilm meint einen Film, bei dem der Anteil von Stickstoff höher ist als derjenige von Sauerstoff. Der Siliziumnitridoxidfilm enthält vorzugsweise Stickstoff, Sauerstoff, Silizium und Wasserstoff in den Bereichen von jeweils 55 Atom-% bis 65 Atom-%, 1 Atom-% bis 20 Atom-%, 25 Atom-% bis 35 Atom-% und 0,1 Atom-% bis 10 Atom-%.

[0300] Die Licht emittierenden Schichten 123R, 123G und 123B enthalten vorzugsweise Licht emittierende Materialien mit Funktionen zum Emittieren von Licht unterschiedlicher Farben. Wenn die Licht emittierende Schicht 123R beispielsweise ein Licht emittierendes Material mit einer Funktion zum Emittieren von Rot aufweist, emittiert der Bereich 221R rotes Licht. Wenn die Licht emittierende Schicht 123G ein Licht emittierendes Material mit einer Funktion zum Emittieren von Grün aufweist, emittiert der Bereich 221G grünes Licht. Wenn die Licht emittierende Schicht 123B ein Licht emittierendes Material mit einer Funktion zum Emittieren von Blau aufweist, emittiert der Bereich 221B blaues Licht. Das Licht emittierende Element 260a oder 260b mit einer derartigen Struktur wird in einem Pixel einer Anzeigevorrichtung verwendet, wodurch eine Vollfarbanzeigevorrichtung hergestellt werden kann. Die Dicken der Licht emittierenden Schichten können gleich sein oder sich voneinander unterscheiden.

[0301] Eine oder mehrere der Licht emittierenden Schicht 123B, der Licht emittierenden Schicht 123G und der Licht emittierenden Schicht 123R weisen vorzugsweise mindestens eine der Struktur der Licht emittierenden Schicht 130, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, und der Struktur der Licht emittierenden Schicht 140 auf, die bei der Ausführungsform 4 beschrieben worden ist. Außerdem umfasst/umfassen vorzugsweise eine oder mehrere der Licht emittierenden Schicht 123B, der Licht emittierenden Schicht 123G

und der Licht emittierenden Schicht 123R den Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, als Licht emittierendes Material. In diesem Fall kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden.

[0302] Eine oder mehrere der Licht emittierenden Schichten 123B, 123G und 123R kann/können zwei oder mehr übereinander angeordnete Schichten umfassen.

[0303] Wenn, wie vorstehend beschrieben, mindestens eine Licht emittierende Schicht die Licht emittierende Schicht, die bei den Ausführungsformen 1 und 4 beschrieben worden ist, oder das Licht emittierende Material, das bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, umfasst und das Licht emittierende Element 260a oder 260b, das die Licht emittierende Schicht umfasst, in Pixeln einer Anzeigevorrichtung verwendet wird, kann eine Anzeigevorrichtung mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden. Die Anzeigevorrichtung, die das Licht emittierende Element 260a oder 260b umfasst, kann somit einen verringerten Stromverbrauch aufweisen.

[0304] Indem ein optisches Element (z. B. ein Farbfilter, eine polarisierende Platte und ein Antireflexionsfilm) auf der Seite der Lichtextraktion der Elektrode bereitgestellt wird, über die Licht entnommen wird, kann die Farbreinheit von jedem der Licht emittierenden Elemente 260a und 260b verbessert werden. Demzufolge kann die Farbreinheit einer Anzeigevorrichtung, die das Licht emittierende Element 260a oder 260b umfasst, verbessert werden. Alternativ kann die Reflexion von Außenlicht von jedem der Licht emittierenden Elemente 260a und 260b verringert werden. Demzufolge kann das Kontrastverhältnis einer Anzeigevorrichtung, die das Licht emittierende Element 260a oder 260b umfasst, verbessert werden.

[0305] Für die anderen Komponenten der Licht emittierenden Elemente 260a und 260b kann auf die Komponenten des Licht emittierenden Elements bei den Ausführungsformen 1, 4 und 5 verwiesen werden.

<Strukturbeispiel 2 des Licht emittierenden Elements>

[0306] Als Nächstes werden Strukturbeispiele, die sich von den Licht emittierenden Elementen unterscheiden, die in **Fig.** 5A und **Fig.** 5B dargestellt werden, im Folgenden anhand von **Fig.** 6A und **Fig.** 6B beschrieben.

[0307] **Fig.** 6A und **Fig.** 6B sind Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In **Fig.** 6A und **Fig.** 6B wird in einigen Fällen ein Abschnitt mit einer ähnlichen Funktion wie derjenige in **Fig.** 5A und **Fig.** 5B durch das gleiche Schraffurmuster wie in **Fig.** 5A und **Fig.** 5B dargestellt und nicht eigens mit einem Bezugszeichen versehen. Zudem werden gleiche Bezugszeichen für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und eine ausführliche Beschreibung derartiger Abschnitte wird in einigen Fällen nicht wiederholt.

[0308] **Fig.** 6A und **Fig.** 6B stellen Strukturbeispiele eines Licht emittierenden Elements dar, das die Licht emittierende Schicht zwischen einem Paar von Elektroden umfasst. Ein Licht emittierendes Element 262a, das in **Fig.** 6A dargestellt wird, weist eine Top-Emission-Struktur auf, bei der Licht in einer Richtung entnommen wird, die dem Substrat 200 gegenüber liegt, und ein Licht emittierendes Element 262b, das in **Fig.** 6B dargestellt wird, weist eine Bottom-Emission-Struktur auf, bei der Licht zu der Seite des Substrats 200 entnommen wird. Jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Strukturen beschränkt, und sie kann eine Dual-Emission-Struktur aufweisen, bei der Licht, das von dem Licht emittierenden Element entnommen wird, in Bezug auf das Substrat 200, über dem das Licht emittierende Element ausgebildet ist, sowohl in Top- als auch in Bottom-Richtung entnommen wird.

[0309] Die Licht emittierenden Elemente 262a und 262b umfassen jeweils die Elektrode 101, die Elektrode 102, eine Elektrode 103 und eine Elektrode 104 über dem Substrat 200. Mindestens eine Licht emittierende Schicht 170, eine Licht emittierende Schicht 190 und eine Ladungserzeugungsschicht 115 sind zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102, zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 103 sowie zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 104 bereitgestellt. Die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Elektronentransportschicht 113, die Elektroneninjektionsschicht 114, die Lochinjektionsschicht 116, die Lochtransportschicht 117, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 sind ferner bereitgestellt.

[0310] Die Elektrode 101 umfasst eine leitende Schicht 101a und eine leitende Schicht 101b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 101a. Die Elektrode 103 umfasst eine leitende Schicht 103a und eine lei-

tende Schicht 103b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 103a. Die Elektrode 104 umfasst eine leitende Schicht 104a und eine leitende Schicht 104b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 104a.

[0311] Das Licht emittierende Element 262a, das in **Fig.** 6A dargestellt wird, und das Licht emittierende Element 262b, das in **Fig.** 6B dargestellt wird, umfassen jeweils eine Trennwand 145 zwischen einem Bereich 222B, der zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 angeordnet ist, einem Bereich 222G, der zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 103 angeordnet ist, und einem Bereich 222R, der zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 104 angeordnet ist. Die Trennwand 145 weist eine isolierende Eigenschaft auf. Die Trennwand 145 bedeckt Endabschnitte der Elektroden 101, 103 und 104 und weist Öffnungen auf, die sich mit den Elektroden überlappen. Durch die Trennwand 145 können die Elektroden, die über dem Substrat 200 in den Bereichen bereitgestellt sind, in Inselformen geteilt werden.

[0312] Die Ladungserzeugungsschicht 115 kann aus einem Material, das durch Hinzufügen eines Elektronenakzeptors (Akzeptors) zu einem Lochtransportmaterial erhalten wird, oder einem Material ausgebildet werden, das durch Hinzufügen eines Elektronendonators (Donators) zu einem Elektronentransportmaterial erhalten wird. Es sei angemerkt, dass dann, wenn die Leitfähigkeit der Ladungserzeugungsschicht 115 genauso hoch wie diejenige des Paars von Elektroden ist, die Ladungsträger, die in der Ladungserzeugungsschicht 115 erzeugt werden, zu einem benachbarten Pixel wandern könnten und eine Lichtemission in dem Pixel auftreten könnte. Um eine derartig verfälschte Lichtemission von einem benachbarten Pixel zu vermeiden, wird die Ladungserzeugungsschicht 115 vorzugsweise aus einem Material ausgebildet, dessen Leitfähigkeit niedriger ist als diejenige des Paars von Elektroden.

[0313] Die Licht emittierenden Elemente 262a und 262b umfassen jeweils ein Substrat 220, das mit einem optischen Element 224B, einem optischen Element 224G und einem optischen Element 224R in der Richtung bereitgestellt ist, in der Licht, das von dem Bereich 222B emittiert wird, Licht, das von dem Bereich 222G emittiert wird, und Licht, das von dem Bereich 222R emittiert wird, entnommen werden. Das Licht, das von jedem Bereich emittiert wird, wird zur Außenseite des Licht emittierenden Elements über jedes optische Element emittiert. Mit anderen Worten: Das Licht von dem Bereich 222B, das Licht von dem Bereich 222G und das Licht von dem Bereich 222R werden jeweils über das optische Element 224B, das optische Element 224G und das optische Element 224R emittiert.

[0314] Die optischen Elemente 224B, 224G und 224R weisen jeweils eine Funktion zum selektiven Übertragen von Licht einer bestimmten Farbe des einfallenden Lichts auf. Beispielsweise handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 222B über das optische Element 224B emittiert wird, um blaues Licht, handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 222G über das optische Element 224G emittiert wird, um grünes Licht, und handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 222R über das optische Element 224R emittiert wird, um rotes Licht.

[0315] Beispielsweise kann eine Farbschicht (auch als Farbfilter bezeichnet), ein Bandpassfilter, ein Multilayer-Filter oder dergleichen für die optischen Elemente 224R, 224G und 224B verwendet werden. Alternativ können Farbumwandlungselemente als optische Elemente verwendet werden. Ein Farbumwandlungselement ist ein optisches Element, das einfallendes Licht in Licht mit einer längeren Wellenlänge als das einfallende Licht umwandelt. Als Farbumwandlungselemente können Quantenpunktelemente vorteilhaft verwendet werden. Die Verwendung des Quantenpunktes kann die Farbreproduzierbarkeit der Anzeigevorrichtung erhöhen.

[0316] Ein oder mehrere optische Element/e kann/können über jedem der optischen Elemente 224R, 224G und 224B angeordnet werden. Als weiteres optisches Element kann beispielsweise eine zirkular polarisierende Platte, ein Antireflexionsfilm oder dergleichen bereitgestellt werden. Eine zirkular polarisierende Platte, die auf der Seite bereitgestellt ist, auf der Licht, das von dem Licht emittierenden Element der Anzeigevorrichtung emittiert wird, entnommen wird, kann ein Phänomen verhindern, bei dem Licht, das von der Außenseite der Anzeigevorrichtung einfällt, in der Anzeigevorrichtung reflektiert und zurück nach außen geleitet wird. Ein Antireflexionsfilm kann Außenlicht, das von einer Oberfläche der Anzeigevorrichtung reflektiert wird, schwächen. Dies führt zu einer eindeutigen Beobachtung von Licht, das von der Anzeigevorrichtung emittiert wird.

[0317] Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 6A und **Fig.** 6B blaues Licht (B), grünes Licht (G) und rotes Licht (R), die über die optischen Elemente von den Bereichen emittiert werden, schematisch durch Pfeile aus gestrichelten Linien dargestellt werden.

[0318] Eine lichtundurchlässige Schicht 223 ist zwischen den optischen Elementen bereitgestellt. Die lichtundurchlässige Schicht 223 weist eine Funktion zum Blockieren von Licht auf, das von den benachbarten Bereichen emittiert wird. Es sei angemerkt, dass eine Struktur ohne die lichtundurchlässige Schicht 223 ebenfalls zum Einsatz kommen kann.

[0319] Die lichtundurchlässige Schicht 223 weist eine Funktion zum Verringern der Reflexion von Außenlicht auf. Die lichtundurchlässige Schicht 223 weist eine Funktion zum Verhindern einer Mischung von Licht auf, das von einem benachbarten Licht emittierenden Element emittiert wird. Als lichtundurchlässige Schicht 223 kann ein Metall, ein Harz, das ein schwarzes Pigment enthält, Kohlenschwarz, ein Metalloxid, ein Verbundoxid, das eine feste Lösung aus einer Vielzahl von Metalloxiden enthält, oder dergleichen verwendet werden.

[0320] Es sei angemerkt, dass das optische Element 224B und das optische Element 224G einander in einem Bereich überlappen können, in dem sie sich mit der lichtundurchlässigen Schicht 223 überlappen. Außerdem können das optische Element 224G und das optische Element 224R einander in einem Bereich überlappen, in dem sie sich mit der lichtundurchlässigen Schicht 223 überlappen. Außerdem können das optische Element 224R und das optische Element 224B einander in einem Bereich überlappen, in dem sie sich mit der lichtundurchlässigen Schicht 223 überlappen.

[0321] Für die Strukturen des Substrats 200 und des Substrats 220, die mit den optischen Elementen bereitgestellt sind, kann auf die Ausführungsform 1 verwiesen werden.

[0322] Des Weiteren weisen die Licht emittierenden Elemente 262a und 262b eine Mikrokavitätsstruktur auf.

<<Mikrokavitätsstruktur>>

[0323] Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 170 und der Licht emittierenden Schicht 190 emittiert wird, schwingt zwischen einem Paar von Elektroden (z. B. der Elektrode 101 und der Elektrode 102). Die Licht emittierende Schicht 170 und die Licht emittierende Schicht 190 werden an einer derartigen Stelle ausgebildet, dass sie das Licht einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das emittiert werden soll, verstärken. Indem beispielsweise die optische Länge von einem reflektierenden Bereich der Elektrode 101 zu dem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 170 sowie die optische Länge von einem reflektierenden Bereich der Elektrode 102 zu dem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 170 angepasst werden, kann das Licht einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 170 emittiert wird, verstärkt werden. Indem die optische Länge von dem reflektierenden Bereich der Elektrode 101 zu dem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 190 sowie die optische Länge von dem reflektierenden Bereich der Elektrode 102 zu dem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 190 angepasst werden, kann das Licht einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 190 emittiert wird, verstärkt werden. Im Falle eines Licht emittierenden Elements, bei dem eine Vielzahl von Licht emittierenden Schichten (hier die Licht emittierenden Schichten 170 und 190) übereinander angeordnet wird, werden die optischen Längen der Licht emittierenden Schichten 170 und 190 vorzugsweise optimiert.

[0324] In jedem der Licht emittierenden Elemente 262a und 262b kann das Licht einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das von den Licht emittierenden Schichten 170 und 190 emittiert wird, erhöht werden, indem die Dicken der leitenden Schichten (der leitenden Schicht 101b, der leitenden Schicht 103b und der leitenden Schicht 104b) in jedem Bereich angepasst werden. Es sei angemerkt, dass sich die Dicke von mindestens einer der Lochinjektionsschicht 111 und der Lochtransportschicht 112 zwischen den Bereichen unterscheiden kann, um das Licht, das von den Licht emittierenden Schichten 170 und 190 emittiert wird, zu erhöhen.

[0325] Beispielsweise wird in dem Fall, in dem der Brechungsindex des leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht in den Elektroden 101 bis 104 niedriger als der Brechungsindex der Licht emittierenden Schicht 170 oder 190 ist, die Dicke der leitenden Schicht 101b der Elektrode 101 derart angepasst, dass die optische Länge zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 zu $m_B\lambda_B/2$ wird (m_B ist eine natürliche Zahl und λ_B ist die Wellenlänge des Lichts, das in dem Bereich 222B verstärkt wird). Die Dicke der leitenden Schicht 103b der Elektrode 103 wird auf ähnliche Weise derart angepasst, dass die optische Länge zwischen der Elektrode 103 und der Elektrode 102 zu $M_G\lambda_G/2$ wird (m_G ist eine natürliche Zahl und λ_G ist die Wellenlänge des Lichts, das in dem Bereich 222G verstärkt wird). Des Weiteren wird die Dicke der leitenden Schicht 104b der Elektrode 104 derart angepasst, dass die optische Länge zwischen der Elekt-

rode 104 und der Elektrode 102 zu $m_R\lambda_R/2$ wird (m_R ist eine natürliche Zahl und λ_R ist die Wellenlänge des Lichts, das in dem Bereich 222R verstärkt wird).

[0326] In dem Fall, in dem es schwierig ist, die reflektierenden Bereiche der Elektroden 101 bis 104 präzise zu bestimmen, kann die optische Länge zum Erhöhen der Intensität des Lichts, das von der Licht emittierenden Schicht 170 oder der Licht emittierenden Schicht 190 emittiert wird, abgeleitet werden, indem angenommen wird, dass es sich bei bestimmten Bereichen der Elektroden 101 bis 104 um die reflektierenden Bereiche handelt. In dem Fall, in dem es schwierig ist, die Licht emittierenden Bereiche der Licht emittierenden Schicht 170 und der Licht emittierenden Schicht 190 präzise zu bestimmen, kann die optische Länge zum Erhöhen der Intensität des Lichts, das von der Licht emittierenden Schicht 170 und der Licht emittierenden Schicht 190 emittiert wird, abgeleitet werden, indem angenommen wird, dass es sich bei bestimmten Bereichen der Licht emittierenden Schicht 170 und der Licht emittierenden Schicht 190 um die Licht emittierenden Bereiche handelt.

[0327] Auf die vorstehende Weise können durch die Mikrokavitätsstruktur, bei der die optische Länge zwischen dem Paar von Elektroden in den jeweiligen Bereichen angepasst wird, eine Streuung und Absorption von Licht in der Umgebung der Elektroden unterdrückt werden, was zu einer hohen Lichtextraktionseffizienz führt.

[0328] Bei der vorstehenden Struktur weisen die leitenden Schichten 101b, 103b und 104b vorzugsweise eine Funktion zum Durchlassen von Licht auf. Die Materialien für die leitenden Schichten 101b, 103b und 104b können gleich sein oder sich voneinander unterscheiden. Vorzugsweise wird das gleiche Material für die leitende Schicht 101b, die leitende Schicht 103b und die leitende Schicht 104b verwendet, da eine Strukturierung durch Ätzen in dem Ausbildungsprozess der Elektrode 101, der Elektrode 103 und der Elektrode 104 leicht durchgeführt werden kann. Jede der leitenden Schichten 101b, 103b und 104b kann eine mehrschichtige Struktur aus zwei oder mehr Schichten aufweisen.

[0329] Da das Licht emittierende Element 262a, das in **Fig.** 6A dargestellt wird, eine Top-Emission-Struktur aufweist, weisen die leitende Schicht 101a, die leitende Schicht 103a und die leitende Schicht 104a eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf. Außerdem weist die Elektrode 102 vorzugsweise Funktionen zum Durchlassen und Reflektieren von Licht auf.

[0330] Da das Licht emittierende Element 262b, das in **Fig.** 6B dargestellt wird, eine Bottom-Emission-Struktur aufweist, weisen die leitende Schicht 101a, die leitende Schicht 103a und die leitende Schicht 104a vorzugsweise Funktionen zum Durchlassen und Reflektieren von Licht auf. Außerdem weist die Elektrode 102 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf.

[0331] In jedem der Licht emittierenden Elemente 262a und 262b können die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a aus unterschiedlichen Materialien oder dem gleichen Material ausgebildet werden. Wenn die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a aus dem gleichen Material ausgebildet werden, können die Herstellungskosten der Licht emittierenden Elemente 262a und 262b verringert werden. Es sei angemerkt, dass jede der leitenden Schichten 101a, 103a und 104a eine mehrschichtige Struktur aus zwei oder mehr Schichten aufweisen kann.

[0332] Mindestens eine der Strukturen, die bei den Ausführungsformen 1 und 4 beschrieben worden sind, wird vorzugsweise für mindestens eine der Licht emittierenden Schichten 170 und 190 verwendet, die in den Licht emittierenden Elementen 262a und 262b enthalten sind. Außerdem ist der Iridiumkomplex, der bei der Referenzausführungsform 2 beschrieben worden ist, vorzugsweise als Licht emittierendes Material enthalten. Auf diese Weise können die Licht emittierenden Elemente eine hohe Emissionseffizienz aufweisen.

[0333] Eine oder beide der Licht emittierenden Schichten 170 und 190 kann/können, wie die Licht emittierenden Schichten 190a und 190b, beispielsweise eine mehrschichtige Struktur aus zwei Schichten aufweisen. Die zwei Licht emittierenden Schichten, die jeweils zwei Arten von Licht emittierenden Materialien (eine erste Verbindung und eine zweite Verbindung) zum Emittieren von Licht unterschiedlicher Farben umfassen, ermöglichen eine Lichtemission einer Vielzahl von Farben. Vorzugsweise werden die Licht emittierenden Materialien der Licht emittierenden Schichten insbesondere derart ausgewählt, dass weißes Licht erhalten werden kann, indem Lichtemissionen von den Licht emittierenden Schichten 170 und 190 kombiniert werden.

[0334] Eine oder beide der Licht emittierenden Schichten 170 und 190 kann/können eine mehrschichtige Struktur aus drei oder mehr Schichten aufweisen, bei der eine Schicht enthalten sein kann, die kein Licht emittierendes Material enthält.

[0335] Indem das Licht emittierende Element 262a oder 262b, das die Licht emittierende Schicht umfasst, die mindestens eine der Strukturen aufweist, die bei den Ausführungsformen 1 und 4 beschrieben worden sind, in Pixeln einer Anzeigevorrichtung verwendet wird, kann auf die vorstehend beschriebene Weise eine Anzeigevorrichtung mit einer hohen Emissionseffizienz hergestellt werden. Die Anzeigevorrichtung, die das Licht emittierende Element 262a oder 262b umfasst, kann somit einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

[0336] Für die anderen Komponenten der Licht emittierenden Elemente 262a und 262b kann auf die Komponenten des Licht emittierenden Elements 260a oder 260b oder des Licht emittierenden Elements bei der Ausführungsform 1, 4 oder 5 verwiesen werden.

<Herstellungsverfahren des Licht emittierenden Elements>

[0337] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Folgenden anhand von **Fig.** 7A bis **Fig.** 7C und **Fig.** 8A bis **Fig.** 8C beschrieben. Hier wird ein Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 262a, das in **Fig.** 6A dargestellt wird, beschrieben.

[0338] **Fig.** 7A bis **Fig.** 7C und **Fig.** 8A bis **Fig.** 8C sind Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0339] Das im Folgenden beschriebene Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 262a umfasst einen ersten bis siebten Schritt.

<<Erster Schritt>>

[0340] In dem ersten Schritt werden die Elektroden (insbesondere die leitende Schicht 101a der Elektrode 101, die leitende Schicht 103a der Elektrode 103 und die leitende Schicht 104a der Elektrode 104) der Licht emittierenden Elemente über dem Substrat 200 ausgebildet (siehe **Fig.** 7A).

[0341] Bei dieser Ausführungsform wird eine leitende Schicht mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht über dem Substrat 200 ausgebildet und zu einer erwünschten Form verarbeitet; wodurch die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a ausgebildet werden. Als leitende Schicht mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht wird ein Legierungsfilm aus Silber, Palladium und Kupfer (auch als Ag-Pg-Cu-Film oder APC bezeichnet) verwendet. Die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a werden vorzugsweise durch einen Schritt zum Verarbeiten der gleichen leitenden Schicht ausgebildet, da dadurch die Herstellungskosten verringert werden können.

[0342] Es sei angemerkt, dass eine Vielzahl von Transistoren vor dem ersten Schritt über dem Substrat 200 ausgebildet werden kann. Die Vielzahl von Transistoren kann elektrisch mit den leitenden Schichten 101a, 103a und 104a verbunden sein.

<<Zweiter Schritt>>

[0343] In dem zweiten Schritt wird die durchsichtige leitende Schicht 101b mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht über der leitenden Schicht 101a der Elektrode 101 ausgebildet, wird die durchsichtige leitende Schicht 103b mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht über der leitenden Schicht 103a der Elektrode 103 ausgebildet, und wird die durchsichtige leitende Schicht 104b mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht über der leitenden Schicht 104a der Elektrode 104 ausgebildet (siehe **Fig.** 7B).

[0344] Bei dieser Ausführungsform werden die leitenden Schichten 101b, 103b und 104b, die jeweils eine Funktion zum Durchlassen von Licht aufweisen, über den leitenden Schichten 101a, 103a und 104a ausgebildet, die jeweils eine Funktion zum Reflektieren von Licht aufweisen, wodurch die Elektrode 101, die Elektrode 103 und die Elektrode 104 ausgebildet werden. Als leitende Schichten 101b, 103b und 104b werden ITSO-Filme verwendet.

[0345] Die leitenden Schichten 101b, 103b und 104b mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht können in einer Vielzahl von Schritten ausgebildet werden. Wenn die leitenden Schichten 101b, 103b und 104b mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht in einer Vielzahl von Schritten ausgebildet werden, können sie derart ausgebildet werden, dass sie Dicken aufzuweisen, die in den jeweiligen Bereichen geeignete Mikrokavitätsstrukturen ermöglichen.

<<Dritter Schritt>>

[0346] In dem dritten Schritt wird die Trennwand 145, die Endabschnitte der Elektroden des Licht emittierenden Elements bedeckt, ausgebildet (siehe **Fig.** 7C).

[0347] Die Trennwand 145 umfasst eine Öffnung, die sich mit der Elektrode überlappt. Der leitende Film, der durch die Öffnung freiliegt, dient als Anode des Licht emittierenden Elements. Als Trennwand 145 wird bei dieser Ausführungsform ein Harz auf Polyimid-Basis verwendet.

[0348] In dem ersten bis dritten Schritt können verschiedene Filmausbildungsverfahren und Mikrobearbeitungstechniken zum Einsatz kommen, da keine Möglichkeit besteht, dass die EL-Schicht (eine Schicht, die eine organische Verbindung enthält) beschädigt wird. Bei dieser Ausführungsform wird eine reflektierende leitende Schicht durch ein Sputterverfahren ausgebildet, ein Muster wird durch ein Lithografieverfahren über der leitenden Schicht ausgebildet, und dann wird die leitende Schicht durch ein Trockenätzverfahren oder ein Nassätzverfahren zu einer Inselform verarbeitet, um die leitende Schicht 101a der Elektrode 101, die leitende Schicht 103a der Elektrode 103 und die leitende Schicht 104a der Elektrode 104 auszubilden. Dann wird ein durchsichtiger leitender Film durch ein Sputterverfahren ausgebildet, ein Muster wird durch ein Lithografieverfahren über dem durchsichtigen leitenden Film ausgebildet, und dann wird der durchsichtige leitende Film durch ein Nassätzverfahren zu einer Inselform verarbeitet, um die Elektroden 101, 103 und 104 auszubilden.

<<Vierter Schritt>>

[0349] In dem vierten Schritt werden die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Licht emittierende Schicht 190, die Elektronentransportschicht 113, die Elektroneninjektionsschicht 114 und die Ladungserzeugungsschicht 115 ausgebildet (siehe **Fig.** 8A).

[0350] Die Lochinjektionsschicht 111 kann durch Co-Verdampfung eines Lochtransportmaterials und eines Materials, das eine Akzeptorsubstanz enthält, ausgebildet werden. Es sei angemerkt, dass ein Co-Verdampfungsverfahren ein Verdampfungsverfahren ist, bei dem eine Vielzahl von unterschiedlichen Substanzen gleichzeitig aus jeweils unterschiedlichen Verdampfungsquellen verdampft wird. Die Lochtransportschicht 112 kann durch Verdampfung eines Lochtransportmaterials ausgebildet werden.

[0351] Die Licht emittierende Schicht 190 kann durch Verdampfung eines Gastmaterials, das Licht in mindestens einer Farbe ausgewählt aus Violett, Blau, Blaugrün, Grün, Gelbgrün, Gelb, Orange und Rot emittiert, ausgebildet werden. Als Gastmaterial kann eine fluoreszierende oder phosphoreszierende organische Verbindung verwendet werden. Die Struktur der Licht emittierenden Schicht, die bei der Ausführungsform 1 oder 4 beschrieben worden ist, kommt vorzugsweise zur Anwendung. Die Licht emittierende Schicht 190 kann eine zweischichtige Struktur aufweisen. In einem derartigen Fall enthalten die zwei Licht emittierenden Schichten vorzugsweise jeweils ein Licht emittierendes Material, das Licht einer anderen Farbe emittiert.

[0352] Die Elektronentransportschicht 113 kann durch Verdampfung einer Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft ausgebildet werden. Die Elektroneninjektionsschicht 114 kann durch Verdampfung einer Substanz mit einer hohen Elektroneninjektionseigenschaft ausgebildet werden.

[0353] Die Ladungserzeugungsschicht 115 kann durch Verdampfung eines Materials, das durch Zusatz eines Elektronenakzeptors (Akzeptors) zu einem Lochtransportmaterial erhalten wird, oder eines Materials ausgebildet werden, das durch Zusatz eines Elektronendonators (Donators) zu einem Elektronentransportmaterial erhalten wird.

<<Fünfter Schritt>>

[0354] In dem fünften Schritt werden die Lochinjektionsschicht 116, die Lochtransportschicht 117, die Licht emittierende Schicht 170, die Elektronentransportschicht 118, die Elektroneninjektionsschicht 119 und die Elektrode 102 ausgebildet (siehe **Fig.** 8B).

[0355] Die Lochinjektionsschicht 116 kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Lochinjektionsschicht 111 ähnlich sind. Die Lochtransportschicht 117 kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Lochtransportschicht 112 ähnlich sind.

[0356] Die Licht emittierende Schicht 170 kann durch Verdampfung eines Gastmaterials, das Licht in mindestens einer Farbe aus Violett, Blau, Blaugrün, Grün, Gelbgrün, Gelb, Orange und Rot emittiert, ausgebildet werden. Als Gastmaterial kann eine fluoreszierende oder phosphoreszierende organische Verbindung verwendet werden. Die Struktur der Licht emittierenden Schicht, die bei der Ausführungsform 1 oder 4 beschrieben worden ist, wird vorzugsweise verwendet. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht 170 und/oder die Licht emittierende Schicht 190 vorzugsweise die Struktur einer Licht emittierenden Schicht, die bei der Ausführungsform 1 oder 4 beschrieben worden ist, aufweist/aufweisen. Die Licht emittierende Schicht 170 und die Licht emittierende Schicht 190 enthalten vorzugsweise Licht emittierende organische Verbindungen, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren.

[0357] Die Elektronentransportschicht 118 kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Elektronentransportschicht 113 ähnlich sind. Die Elektroneninjektionsschicht 119 kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Elektroneninjektionsschicht 114 ähnlich sind.

[0358] Die Elektrode 102 kann ausgebildet werden, indem ein reflektierender leitender Film und ein lichtdurchlässiger leitender Film übereinander angeordnet werden. Die Elektrode 102 kann eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur aufweisen.

[0359] Durch die vorstehend beschriebenen Schritte wird das Licht emittierende Element, das den Bereich 222B, den Bereich 222G und den Bereich 222R über der Elektrode 101, der Elektrode 103 bzw. der Elektrode 104 umfasst, über dem Substrat 200 ausgebildet.

<<Sechster Schritt>>

[0360] In dem sechsten Schritt werden die lichtundurchlässige Schicht 223, das optische Element 224B, das optische Element 224G und das optische Element 224R über dem Substrat 220 ausgebildet (siehe **Fig.** 8C).

[0361] Als lichtundurchlässige Schicht 223 wird ein Harzfilm, der ein schwarzes Pigment enthält, in einem erwünschten Bereich ausgebildet. Anschließend werden das optische Element 224B, das optische Element 224G und das optische Element 224R über dem Substrat 220 und der lichtundurchlässigen Schicht 223 ausgebildet. Als optisches Element 224B wird ein Harzfilm, der ein blaues Pigment enthält, in einem erwünschten Bereich ausgebildet. Als optisches Element 224G wird ein Harzfilm, der ein grünes Pigment enthält, in einem erwünschten Bereich ausgebildet. Als optisches Element 224R wird ein Harzfilm, der ein rotes Pigment enthält, in einem erwünschten Bereich ausgebildet.

<<Siebter Schritt>>

[0362] In dem siebten Schritt wird das Licht emittierende Element, das über dem Substrat 200 ausgebildet ist, an der lichtundurchlässigen Schicht 223, dem optischen Element 224B, dem optischen Element 224G und dem optischen Element 224R, die über dem Substrat 220 ausgebildet sind, angebracht und mit einem Dichtungsmittel (nicht dargestellt) versiegelt.

[0363] Durch die vorstehend beschriebenen Schritte kann das Licht emittierende Element 262a, das in **Fig.** 6A dargestellt wird, ausgebildet werden.

[0364] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Ausführungsform 7)

[0365] Bei dieser Ausführungsform wird eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Folgenden anhand von **Fig.** 9A und **Fig.** 9B, **Fig.** 10A und **Fig.** 10B, **Fig.** 11, **Fig.** 12A und **Fig.** 12B, **Fig.** 13A und **Fig.** 13B, **Fig.** 14, **Fig.** 15A und **Fig.** 15B, **Fig.** 16 sowie **Fig.** 17A und **Fig.** 17B beschrieben.

<Strukturbeispiel 1 der Anzeigevorrichtung>

[0366] **Fig.** 9A ist eine Draufsicht, die eine Anzeigevorrichtung 600 darstellt, und **Fig.** 9B ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie A-B und der Strichpunktlinie C-D in **Fig.** 9A. Die Anzeigevorrichtung 600 umfasst Treiberschaltungsabschnitte (einen Signalleitungstreiberschaltungsabschnitt 601 und einen Abtastleitungstreiberschaltungsabschnitt 603) und einen Pixelabschnitt 602. Es sei angemerkt, dass der Signalleitungstreiberschaltungsabschnitt 601, der Abtastleitungstreiberschaltungsabschnitt 603 und der Pixelabschnitt 602 eine Funktion zum Steuern einer Lichtemission von einem Licht emittierenden Element aufweisen.

[0367] Die Anzeigevorrichtung 600 umfasst ebenfalls ein Elementsubstrat 610, ein Dichtungssubstrat 604, ein Dichtungsmittel 605, einen Bereich 607, der von dem Dichtungsmittel 605 umschlossen ist, eine Anschlussleitung 608 und eine FPC 609.

[0368] Es sei angemerkt, dass die Anschlussleitung 608 eine Leitung zum Übertragen von Signalen, die in den Signalleitungstreiberschaltungsabschnitt 601 und den Abtastleitungstreiberschaltungsabschnitt 603 eingegeben werden, und zum Empfangen eines Videosignals, eines Taktsignals, eines Startsignals, eines Rücksetzsignals und dergleichen aus der FPC 609 ist, die als externer Eingangsanschluss dient. Obwohl hier nur die FPC 609 dargestellt wird, kann die FPC 609 mit einer gedruckten Leiterplatte (printed wiring board, PWB) versehen sein.

[0369] Als Signalleitungstreiberschaltungsabschnitt 601 wird eine CMOS-Schaltung, bei der ein n-Kanal-Transistor 623 und ein p-Kanal-Transistor 624 kombiniert werden, ausgebildet. Als Signalleitungstreiberschaltungsabschnitt 601 oder als Abtastleitungstreiberschaltungsabschnitt 603 können verschiedene Schaltungsarten, wie z. B. eine CMOS-Schaltung, eine PMOS-Schaltung oder eine NMOS-Schaltung, verwendet werden. Obwohl ein Treiber, bei dem ein Treiberschaltungsabschnitt ausgebildet wird, und ein Pixel über der gleichen Oberfläche eines Substrats in der Anzeigevorrichtung dieser Ausführungsform ausgebildet werden, wird der Treiberschaltungsabschnitt nicht notwendigerweise über dem Substrat ausgebildet und kann außerhalb des Substrats ausgebildet werden.

[0370] Der Pixelabschnitt 602 umfasst einen Schalt-Transistor 611, einen Stromsteuertransistor 612 und eine untere Elektrode 613, die elektrisch mit einem Drain des Stromsteuertransistors 612 verbunden ist. Es sei angemerkt, dass eine Trennwand 614 derart ausgebildet ist, dass sie Endabschnitte der unteren Elektrode 613 bedeckt. Ein positiver lichtempfindlicher Acrylharzfilm kann beispielsweise als Trennwand 614 verwendet werden.

[0371] Um eine vorteilhafte Abdeckung zu erhalten, wird die Trennwand 614 derart ausgebildet, dass sie eine gekrümmte Oberfläche mit einer Krümmung an ihrem oberen oder unteren Endabschnitt aufweist. Beispielsweise weist in dem Fall, in dem ein positives lichtempfindliches Acryl als Material der Trennwand 614 verwendet wird, vorzugsweise nur der obere Endabschnitt der Trennwand 614 eine gekrümmte Oberfläche mit einer Krümmung auf (wobei der Krümmungsradius 0,2 μm bis 3 μm beträgt). Als Trennwand 614 kann entweder ein negatives lichtempfindliches Harz oder ein positives lichtempfindliches Harz verwendet werden.

[0372] Es sei angemerkt, dass es keine besondere Beschränkung hinsichtlich einer Struktur der Transistoren (der Transistoren 611, 612, 623 und 624) gibt. Beispielsweise kann ein Staggered-Transistor verwendet werden. Zudem gibt es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Polarität dieser Transistoren. Für diese Transistoren können n-Kanal- und p-Kanal-Transistoren verwendet werden, oder beispielsweise können entweder n-Kanal-Transistoren oder p-Kanal-Transistoren verwendet werden. Darüber hinaus gibt es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Kristallinität eines Halbleiterfilms, der für diese Transistoren verwendet wird. Beispielsweise kann ein amorpher Halbleiterfilm oder ein kristalliner Halbleiterfilm verwendet werden. Beispiele für ein Halbleitermaterial umfassen Halbleiter der Gruppe 14 (z. B. einen Halbleiter, der Silizium umfasst), Verbundhalbleiter (einschließlich Oxidhalbleiter), organische Halbleiter und dergleichen. Beispielsweise wird vorzugsweise ein Oxidhalbleiter, der eine Energielücke von 2 eV oder mehr, bevorzugt 2,5 eV oder mehr, stärker bevorzugt 3 eV oder mehr aufweist, für die Transistoren verwendet, so dass der

Sperrstrom der Transistoren verringert werden kann. Beispiele des Oxidhalbleiters umfassen ein In-Ga-Oxid und ein In-M-Zn-Oxid (M ist Aluminium (Al), Gallium (Ga), Yttrium (Y), Zirconium (Zr), Lanthan (La), Cer (Ce), Zinn (Sn), Hafnium (Hf) oder Neodym (Nd)).

[0373] Eine EL-Schicht 616 und eine obere Elektrode 617 werden über der unteren Elektrode 613 ausgebildet. Hier dient die untere Elektrode 613 als Anode, und die obere Elektrode 617 dient als Kathode.

[0374] Außerdem wird die EL-Schicht 616 durch verschiedene Verfahren, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren mittels einer Verdampfungsmaske, ein Tintenstrahlverfahren oder ein Rotationsbeschichtungsverfahren, ausgebildet. Als weiteres Material, das in der EL-Schicht 616 enthalten ist, kann eine niedermolekulare Verbindung oder eine hochmolekulare Verbindung (darunter auch ein Oligomer oder ein Dendrimer) verwendet werden.

[0375] Es sei angemerkt, dass ein Licht emittierendes Element 618 mit der unteren Elektrode 613, der EL-Schicht 616 und der oberen Elektrode 617 ausgebildet wird. Das Licht emittierende Element 618 weist vorzugsweise eine beliebige der bei den Ausführungsformen 1, 4, 5 und 6 beschriebenen Strukturen auf. In dem Fall, in dem der Pixelabschnitt eine Vielzahl von Licht emittierenden Elementen umfasst, kann der Pixelabschnitt sowohl eines der bei den Ausführungsformen 1, 4, 5 und 6 beschriebenen Licht emittierenden Elemente als auch ein Licht emittierendes Element mit einer anderen Struktur umfassen.

[0376] Wenn das Dichtungssubstrat 604 und das Elementsubstrat 610 mit dem Dichtungsmittel 605 aneinander befestigt werden, wird das Licht emittierende Element 618 in dem Bereich 607 bereitgestellt, der von dem Elementsubstrat 610, dem Dichtungssubstrat 604 und dem Dichtungsmittel 605 umschlossen ist. Der Bereich 607 ist mit einem Füllmaterial gefüllt. In einigen Fällen ist der Bereich 607 mit einem Inertgas (Stickstoff, Argon oder dergleichen) gefüllt oder mit einem UV-härtenden Harz oder einem wärmehärtenden Harz gefüllt, das für das Dichtungsmittel 605 verwendet werden kann. Beispielsweise kann ein Harz auf Polyvinylchlorid- (PVC-) Basis, ein Harz auf Acryl-Basis, ein Harz auf Polyimid-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis, ein Harz auf Silikon-Basis, ein Harz auf Polyvinylbutyral- (PVB-) Basis oder ein Harz auf Ethylenvinylacetat- (EVA-) Basis verwendet werden. Vorzugsweise ist das Dichtungssubstrat mit einem vertieften Teil versehen und ist ein Trockenmittel in dem vertieften Teil angeordnet, wobei in diesem Falle eine Verschlechterung infolge des Einflusses von Feuchtigkeit unterdrückt werden kann.

[0377] Ein optisches Element 621 ist unter dem Dichtungssubstrat 604 bereitgestellt, um sich mit dem Licht emittierenden Element 618 zu überlappen. Eine lichtundurchlässige Schicht 622 ist unter dem Dichtungssubstrat 604 bereitgestellt. Die Strukturen des optischen Elements 621 und der lichtundurchlässigen Schicht 622 können jeweils die gleichen sein wie diejenigen des optischen Elements und der lichtundurchlässigen Schicht der Ausführungsform 6.

[0378] Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise für das Dichtungsmittel 605 verwendet. Vorzugsweise lässt ein derartiges Material so wenig Feuchtigkeit oder Sauerstoff wie möglich durch. Als Dichtungssubstrat 604 kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat aus faserverstärktem Kunststoff (fiber reinforced plastic, FRP), Poly(vinylfluorid) (PVF), Polyester, Acryl oder dergleichen verwendet werden.

[0379] Auf die vorstehend beschriebene Weise kann die Anzeigevorrichtung, die ein beliebiges der Licht emittierenden Elemente und der optischen Elemente umfasst, die bei den Ausführungsformen 1, 4, 5 und 6 beschrieben worden sind, erhalten werden.

<Strukturbeispiel 2 der Anzeigevorrichtung>

[0380] Als Nächstes wird ein weiteres Beispiel für die Anzeigevorrichtung anhand von **Fig.** 10A und **Fig.** 10B sowie **Fig.** 11 beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig.** 10A und **Fig.** 10B sowie **Fig.** 11 jeweils eine Querschnittsansicht einer Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind.

[0381] In **Fig.** 10A werden ein Substrat 1001, ein Basis-Isolierfilm 1002, ein Gate-Isolierfilm 1003, Gate-Elektroden 1006, 1007 und 1008, ein erster Zwischenschicht-Isolierfilm 1020, ein zweiter Zwischenschicht-Isolierfilm 1021, ein peripherer Abschnitt 1042, ein Pixelabschnitt 1040, ein Treiberschaltungsabschnitt 1041, untere Elektroden 1024R, 1024G und 1024B der Licht emittierenden Elemente, eine Trennwand 1025, eine EL-Schicht 1028, eine obere Elektrode 1026 der Licht emittierenden Elemente, eine Dichtungsschicht 1029, ein Dichtungssubstrat 1031, ein Dichtungsmittel 1032 und dergleichen dargestellt.

[0382] In **Fig.** 10A sind Beispiele für die optischen Elemente, d. h. Farbschichten (eine rote Farbschicht 1034R, eine grüne Farbschicht 1034G und eine blaue Farbschicht 1034B), an einem durchsichtigen Basismaterial 1033 bereitgestellt. Eine lichtundurchlässige Schicht 1035 kann ferner bereitgestellt sein. Das durchsichtige Basismaterial 1033, das mit den Farbschichten und der lichtundurchlässigen Schicht versehen ist, befindet sich an dem Substrat 1001 und ist an diesem befestigt. Es sei angemerkt, dass die Farbschichten und die lichtundurchlässige Schicht mit einer Abdeckungsschicht 1036 bedeckt sind. Bei der Struktur in **Fig.** 10A werden rotes Licht, grünes Licht und blaues Licht von den Farbschichten durchgelassen, und demzufolge kann ein Bild unter Verwendung der Pixel von drei Farben angezeigt werden.

[0383] **Fig.** 10B stellt ein Beispiel dar, in dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) als Beispiele für die optischen Elemente zwischen dem Gate-Isolierfilm 1003 und dem ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020 bereitgestellt sind. Wie bei dieser Struktur können die Farbschichten zwischen dem Substrat 1001 und dem Dichtungssubstrat 1031 angeordnet werden.

[0384] **Fig.** 11 stellt ein Beispiel dar, in dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) als Beispiele für die optischen Elemente zwischen dem ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020 und dem zweiten Zwischenschicht-Isolierfilm 1021 bereitgestellt sind. Wie bei dieser Struktur können die Farbschichten zwischen dem Substrat 1001 und dem Dichtungssubstrat 1031 angeordnet werden.

[0385] Die vorstehend beschriebene Anzeigevorrichtung weist eine Struktur auf, bei der Licht von der Seite des Substrats 1001 entnommen wird, auf der die Transistoren ausgebildet sind (eine Bottom-Emission-Struktur), jedoch kann sie eine Struktur aufweisen, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats 1031 entnommen wird (eine Top-Emission-Struktur).

<Strukturbeispiel 3 der Anzeigevorrichtung>

[0386] **Fig.** 12A und **Fig.** 12B sind jeweils ein Beispiel für eine Querschnittsansicht einer Anzeigevorrichtung mit einer Top-Emission-Struktur. Es sei angemerkt, dass **Fig.** 12A und **Fig.** 12B jeweils eine Querschnittsansicht sind, die die Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen, und der Treiberschaltungsabschnitt 1041, der periphere Abschnitt 1042 und dergleichen, die in **Fig.** 10A und **Fig.** 10B sowie **Fig.** 11 dargestellt werden, sind in diesen nicht dargestellt.

[0387] In diesem Fall kann ein Substrat, das kein Licht durchlässt, als Substrat 1001 verwendet werden. Der Prozess bis zu dem Schritt zum Ausbilden einer Verbindungselektrode, die den Transistor und die Anode des Licht emittierenden Elements verbindet, wird auf ähnliche Weise wie derjenige der Anzeigevorrichtung mit einer Bottom-Emission-Struktur durchgeführt. Anschließend wird ein dritter Zwischenschicht-Isolierfilm 1037 derart ausgebildet, dass er eine Elektrode 1022 bedeckt. Dieser isolierende Film kann eine Ebnungsfunktion aufweisen. Der dritte Zwischenschicht-Isolierfilm 1037 kann unter Verwendung eines Materials, das demjenigen des zweiten Zwischenschicht-Isolierfilms ähnlich ist, ausgebildet werden oder kann unter Verwendung verschiedener anderer Materialien ausgebildet werden.

[0388] Die unteren Elektroden 1024R, 1024G und 1024B der Licht emittierenden Elemente dienen hier jeweils als Anode, jedoch können sie auch als Kathode dienen. Im Falle einer in **Fig.** 12A und **Fig.** 12B dargestellten Anzeigevorrichtung mit einer Top-Emission-Struktur weisen die unteren Elektroden 1024R, 1024G und 1024B vorzugsweise ferner eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf. Die obere Elektrode 1026 wird über der EL-Schicht 1028 bereitgestellt. Vorzugsweise weist die obere Elektrode 1026 eine Funktion zum Reflektieren von Licht sowie eine Funktion zum Durchlassen von Licht auf und wird eine Mikrokavitätsstruktur zwischen der oberen Elektrode 1026 und den unteren Elektroden 1024R, 1024G und 1024B verwendet, wobei in diesem Falle die Intensität des Lichts mit einer spezifischen Wellenlänge erhöht wird.

[0389] Im Falle einer in **Fig.** 12A dargestellten Top-Emission-Struktur kann das Abdichten mit dem Dichtungssubstrat 1031 durchgeführt werden, auf dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) bereitgestellt sind. Das Dichtungssubstrat 1031 kann mit der lichtundurchlässigen Schicht 1035 bereitgestellt werden, die zwischen Pixeln positioniert ist. Es sei angemerkt, dass ein lichtdurchlässiges Substrat auf vorteilhafte Weise als Dichtungssubstrat 1031 verwendet wird.

[0390] **Fig.** 12A stellt beispielhaft die Struktur dar, die mit den Licht emittierenden Elementen und den Farbschichten für die Licht emittierenden Elemente bereitgestellt ist; jedoch ist die Struktur nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann, wie in **Fig.** 12B gezeigt, eine Struktur, die die rote Farbschicht 1034R und die blaue Farbschicht 1034B, jedoch keine grüne Farbschicht umfasst, zum Einsatz kommen, um eine Vollfarbanzeige mit den drei Farben von Rot, Grün und Blau zu erhalten. Die in **Fig.** 12A dargestellte Struktur, bei der die Licht emittierenden Elemente mit den Farbschichten bereitgestellt sind, ist beim Unterdrücken der Reflexion von Außenlicht effektiv. Im Gegensatz dazu ist die in **Fig.** 12B dargestellte Struktur, bei der die Licht emittierenden Elemente mit der roten Farbschicht und der blauen Farbschicht, jedoch ohne grüne Farbschicht bereitgestellt sind, auf Grund eines geringen Energieverlustes des Lichts, das von dem grünes Licht emittierenden Element emittiert wird, zum Verringern des Stromverbrauchs effektiv.

<Strukturbeispiel 4 der Anzeigevorrichtung>

[0391] Obwohl vorstehend eine Anzeigevorrichtung beschrieben wurde, die Subpixel von drei Farben (Rot, Grün und Blau) umfasst, kann die Anzahl an Farben von Subpixeln vier sein (Rot, Grün, Blau und Gelb, oder Rot, Grün, Blau und Weiß). **Fig.** 13A und **Fig.** 13B, **Fig.** 14 sowie **Fig.** 15A und **Fig.** 15B stellen Strukturen von Anzeigevorrichtungen dar, die jeweils die unteren Elektroden 1024R, 1024G, 1024B und 1024Y umfassen. **Fig.** 13A und **Fig.** 13B sowie **Fig.** 14 stellen jeweils eine Anzeigevorrichtung mit einer Struktur dar, bei der Licht von der Seite des Substrats 1001 entnommen wird, auf der Transistoren ausgebildet sind (Bottom-Emissions-Struktur), und **Fig.** 15A und **Fig.** 15B stellen jeweils eine Anzeigevorrichtung mit einer Struktur dar, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats 1031 entnommen wird (Top-Emission-Struktur).

[0392] **Fig.** 13A stellt ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung dar, bei der optische Elemente (die Farbschicht 1034R, die Farbschicht 1034G, die Farbschicht 1034B und eine Farbschicht 1034Y) auf dem durchsichtigen Basismaterial 1033 bereitgestellt sind. **Fig.** 13B stellt ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung dar, bei der optische Elemente (die Farbschicht 1034R, die Farbschicht 1034G, die Farbschicht 1034B und die Farbschicht 1034Y) zwischen dem Gate-Isolierfilm 1003 und dem ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020 bereitgestellt sind. **Fig.** 14 stellt ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung dar, bei der optische Elemente (die Farbschicht 1034R, die Farbschicht 1034G, die Farbschicht 1034B und die Farbschicht 1034Y) zwischen dem ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020 und dem zweiten Zwischenschicht-Isolierfilm 1021 bereitgestellt sind.

[0393] Die Farbschicht 1034R lässt rotes Licht durch, die Farbschicht 1034G lässt grünes Licht durch, und die Farbschicht 1034B lässt blaues Licht durch. Die Farbschicht 1034Y lässt gelbes Licht oder Licht einer Vielzahl von Farben durch, die aus Blau, Grün, Gelb und Rot ausgewählt werden. Wenn die Farbschicht 1034Y Licht einer Vielzahl von Farben ausgewählt aus Blau, Grün, Gelb und Rot durchlassen kann, kann es sich bei Licht, das von der Farbschicht 1034Y durchgelassen wird, um weißes Licht handeln. Da das Licht emittierende Element, das gelbes oder weißes Licht emittiert, eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann die Anzeigevorrichtung, die die Farbschicht 1034Y umfasst, einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

[0394] Bei den Top-Emission-Anzeigevorrichtungen, die in **Fig.** 15A und **Fig.** 15B dargestellt werden, weist ein Licht emittierendes Element, das die untere Elektrode 1024Y umfasst, vorzugsweise eine Mikrokavitätsstruktur zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode 1026 und den unteren Elektroden 1024R, 1024G, 1024B und 1024Y auf, wie bei der Anzeigevorrichtung, die in **Fig.** 12A dargestellt wird. Bei der Anzeigevorrichtung, die in **Fig.** 15A dargestellt wird, kann ein Abdichten mit dem Dichtungssubstrat 1031 durchgeführt werden, auf dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G, die blaue Farbschicht 1034B und die gelbe Farbschicht 1034Y) bereitgestellt sind.

[0395] Licht, das über die Mikrokavität und die gelbe Farbschicht 1034Y emittiert wird, weist ein Emissionsspektrum in einem gelben Bereich auf. Da Gelb eine Farbe mit einem hohen Leuchtstärkefaktor ist, weist ein Licht emittierendes Element, das gelbes Licht emittiert, eine hohe Emissionseffizienz auf. Demzufolge kann die Anzeigevorrichtung in **Fig.** 15A den Stromverbrauch verringern.

[0396] **Fig.** 15A stellt beispielhaft die Struktur dar, die mit den Licht emittierenden Elementen und den Farbschichten für die Licht emittierenden Elemente bereitgestellt ist; jedoch ist die Struktur nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann, wie in **Fig.** 15B gezeigt, eine Struktur, die die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B, jedoch keine gelbe Farbschicht umfasst, zum Einsatz kommen, um eine Vollfarbanzeige mit den vier Farben von Rot, Grün, Blau und Gelb, oder von Rot, Grün, Blau und Weiß zu erhalten. Die Struktur, bei der, wie in **Fig.** 15A dargestellt, die Licht emittierenden Elemente mit den Farbschichten bereitgestellt sind, ist beim Unterdrücken der Reflexion von Außenlicht

effektiv. Im Gegensatz dazu ist die Struktur, bei der die Licht emittierenden Elemente mit der roten Farbschicht, der grünen Farbschicht und der blauen Farbschicht, jedoch ohne gelbe Farbschicht bereitgestellt sind, wie in **Fig.** 15B dargestellt, auf Grund eines geringen Energieverlustes des Lichts, das von dem gelbes oder weißes Licht emittierenden Element emittiert wird, zum Verringern des Stromverbrauchs effektiv.

<Strukturbeispiel 5 der Anzeigevorrichtung>

[0397] Als Nächstes wird eine Anzeigevorrichtung einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von **Fig.** 16 beschrieben. **Fig.** 16 ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie A-B und der Strichpunktlinie C-D in **Fig.** 9A. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 16 Abschnitte mit Funktionen, die denjenigen der Abschnitte in **Fig.** 9B gleichen, mit den gleichen Bezugszeichen wie in **Fig.** 9B versehen sind, und eine detaillierte Beschreibung der Abschnitte wird weggelassen.

[0398] Die Anzeigevorrichtung 600 in **Fig.** 16 umfasst eine Dichtungsschicht 607a, eine Dichtungsschicht 607b und eine Dichtungsschicht 607c in einem Bereich 607, der von dem Elementsubstrat 610, dem Dichtungssubstrat 604 und dem Dichtungsmittel 605 umschlossen ist. Für eine oder mehrere von der Dichtungsschicht 607a, der Dichtungsschicht 607b und der Dichtungsschicht 607c kann ein Harz, wie z. B. ein Harz auf Polyvinylchlorid- (PVC-) Basis, ein Harz auf Acryl-Basis, ein Harz auf Polyimid-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis, ein Harz auf Silikon-Basis, ein Harz auf Polyvinylbutyral- (PVB-) Basis oder ein Harz auf Ethylenvinylacetat- (EVA-) Basis, verwendet werden. Alternativ kann ein anorganisches Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, verwendet werden. Die Ausbildung der Dichtungsschichten 607a, 607b und 607c kann verhindern, dass sich das Licht emittierende Element 618 auf Grund von Verunreinigungen, wie z. B. Wasser, verschlechtert, was vorzuziehen ist. In dem Fall, in dem die Dichtungsschichten 607a, 607b und 607c ausgebildet werden, wird das Dichtungsmittel 605 nicht notwendigerweise bereitgestellt.

[0399] Alternativ kann/können eine oder zwei beliebige der Dichtungsschichten 607a, 607b und 607c bereitgestellt sein, oder vier oder mehr Dichtungsschichten können ausgebildet werden. Wenn die Dichtungsschicht eine mehrschichtige Struktur aufweist, können die Verunreinigungen, wie z. B. Wasser, effektiv davon abgehalten werden, von der Außenseite der Anzeigevorrichtung 600 in das Licht emittierende Element 618 einzudringen, das sich innerhalb der Anzeigevorrichtung befindet. In dem Fall, in dem die Dichtungsschicht eine mehrschichtige Struktur aufweist, werden vorzugsweise ein Harz und ein anorganisches Material übereinander angeordnet.

<Strukturbeispiel 6 der Anzeigevorrichtung>

[0400] Obwohl die Anzeigevorrichtungen in den Strukturbeispielen 1 bis 4 dieser Ausführungsform jeweils eine Struktur aufweisen, die optische Elemente umfasst, umfasst eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht notwendigerweise ein optisches Element.

[0401] **Fig.** 17A und **Fig.** 17B stellen jeweils eine Anzeigevorrichtung mit einer Struktur dar, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats 1031 entnommen wird (eine Top-Emissions-Anzeigevorrichtung). **Fig.** 17A stellt ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung dar, die eine Licht emittierende Schicht 1028R, eine Licht emittierende Schicht 1028G und eine Licht emittierende Schicht 1028B umfasst. **Fig.** 17B stellt ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung dar, die eine Licht emittierende Schicht 1028R, eine Licht emittierende Schicht 1028G, eine Licht emittierende Schicht 1028B und eine Licht emittierende Schicht 1028Y umfasst.

[0402] Die Licht emittierende Schicht 1028R weist eine Funktion zum Emittieren von rotem Licht auf, die Licht emittierende Schicht 1028G weist eine Funktion zum Emittieren von grünem Licht auf und die Licht emittierende Schicht 1028B weist eine Funktion zum Emittieren von blauem Licht auf. Die Licht emittierende Schicht 1028Y weist eine Funktion zum Emittieren von gelbem Licht oder eine Funktion zum Emittieren von Licht einer Vielzahl von Farben auf, die aus Blau, Grün und Rot ausgewählt werden. Die Licht emittierende Schicht 1028Y kann weißes Licht emittieren. Da das Licht emittierende Element, das gelbes oder weißes Licht emittiert, eine hohe Lichtemissionseffizienz aufweist, kann die Anzeigevorrichtung, die die Licht emittierende Schicht 1028Y umfasst, einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

[0403] Jede der Anzeigevorrichtungen in **Fig.** 17A und **Fig.** 17B umfasst nicht notwendigerweise Farbschichten, die als optische Elemente dienen, da EL-Schichten, die Licht unterschiedlicher Farben aufweisen, in Subpixeln enthalten sind.

[0404] Für die Dichtungsschicht 1029 kann ein Harz, wie z. B. ein Harz auf Polyvinylchlorid- (PVC-) Basis, ein Harz auf Acryl-Basis, ein Harz auf Polyimid-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis, ein Harz auf Silikon-Basis, ein Harz auf Polyvinylbutyral- (PVB-) Basis oder ein Harz auf Ethylenvinylacetat- (EVA-) Basis, verwendet werden. Alternativ kann ein anorganisches Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, verwendet werden. Die Ausbildung der Dichtungsschicht 1029 kann verhindern, dass sich das Licht emittierende Element auf Grund von Verunreinigungen, wie z. B. Wasser, verschlechtert, was vorzuziehen ist.

[0405] Alternativ kann die Dichtungsschicht 1029 eine einschichtige oder eine zweischichtige Struktur aufweisen, oder vier oder mehr Dichtungsschichten können als Dichtungsschicht 1029 ausgebildet werden. Wenn die Dichtungsschicht eine mehrschichtige Struktur aufweist, können die Verunreinigungen, wie z. B. Wasser, effektiv davon abgehalten werden, von der Außenseite der Anzeigevorrichtung in das Innere der Anzeigevorrichtung einzudringen. In dem Fall, in dem die Dichtungsschicht eine mehrschichtige Struktur aufweist, werden vorzugsweise ein Harz und ein anorganisches Material übereinander angeordnet.

[0406] Es sei angemerkt, dass das Dichtungssubstrat 1031 eine Funktion zum Schützen des Licht emittierenden Elements aufweist. Somit kann für das Dichtungssubstrat 1031 ein flexibles Substrat oder ein flexibler Film verwendet werden.

[0407] Die Strukturen, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind, können in geeigneter Weise mit einer der anderen Strukturen dieser Ausführungsform und den anderen Ausführungsformen kombiniert werden.

(Ausführungsform 8)

[0408] Bei dieser Ausführungsform wird eine Anzeigevorrichtung, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst, anhand von **Fig.** 18A und **Fig.** 18B, **Fig.** 19A und **Fig.** 19B sowie **Fig.** 20A und **Fig.** 20B beschrieben.

[0409] **Fig.** 18A ist ein Blockdiagramm, das die Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und **Fig.** 18B ist ein Schaltplan, der eine Pixelschaltung der Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

<Beschreibung der Anzeigevorrichtung>

[0410] Die Anzeigevorrichtung, die in **Fig.** 18A dargestellt wird, umfasst einen Bereich, der Pixel von Anzeigeelementen umfasst (nachstehend wird der Bereich als Pixelabschnitt 802 bezeichnet), einen Schaltungsabschnitt, der außerhalb des Pixelabschnitts 802 bereitgestellt ist und Schaltungen zur Ansteuerung der Pixel umfasst (nachstehend wird der Abschnitt als Treiberschaltungsabschnitt 804 bezeichnet), Schaltungen, die eine Funktion zum Schützen von Elementen aufweisen (nachstehend werden die Schaltungen als Schutzschaltungen 806 bezeichnet), und einen Anschlussabschnitt 807. Es sei angemerkt, dass die Schutzschaltungen 806 nicht notwendigerweise bereitgestellt sind.

[0411] Vorzugsweise ist ein Teil des Treiberschaltungsabschnitts 804 oder der gesamte Treiberschaltungsabschnitt 804 über einem Substrat ausgebildet, über dem der Pixelabschnitt 802 ausgebildet wird, wobei in diesem Falle die Anzahl der Komponenten und die Anzahl der Anschlüsse verringert werden können. Wenn ein Teil des Treiberschaltungsabschnitts 804 oder der gesamte Treiberschaltungsabschnitt 804 nicht über dem Substrat ausgebildet wird, über dem der Pixelabschnitt 802 ausgebildet wird, kann der Teil des Treiberschaltungsabschnitts 804 oder der gesamte Treiberschaltungsabschnitt 804 durch COG oder Tape-Automated-Bonding bzw. automatisiertes Band-Bonding (TAB) montiert werden.

[0412] Der Pixelabschnitt 802 umfasst eine Vielzahl von Schaltungen zum Ansteuern der Anzeigeelemente, die in X Zeilen (X ist eine natürliche Zahl größer als oder gleich 2) und Y Spalten (Y ist eine natürliche Zahl größer als oder gleich 2) angeordnet sind (nachstehend werden derartige Schaltungen als Pixelschaltungen 801 bezeichnet). Der Treiberschaltungsabschnitt 804 umfasst Treiberschaltungen, wie z. B. eine Schaltung zum Zuführen eines Signals (Abtastsignals), um ein Pixel auszuwählen (nachstehend wird die Schaltung als Abtastleitungstreiberschaltung 804a bezeichnet), und eine Schaltung zum Zuführen eines Signals (Datensignals), um ein Anzeigeelement in einem Pixel anzusteuern (nachstehend wird die Schaltung als Signalleitungstreiberschaltung 804b bezeichnet).

[0413] Die Abtastleitungstreiberschaltung 804a umfasst ein Schieberegister oder dergleichen. Über den Anschlussabschnitt 807 empfängt die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ein Signal zum Ansteuern des Schieberegisters und gibt ein Signal aus. Beispielsweise empfängt die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ein Startimpulssignal, ein Taktsignal oder dergleichen und gibt ein Impulssignal aus. Die Abtastleitungstreiberschaltung 804a weist eine Funktion zum Steuern der Potentiale von Leitungen auf, denen Abtastsignale zugeführt werden (nachstehend werden derartige Leitungen als Abtastleitungen GL_1 bis GL_X bezeichnet). Es sei angemerkt, dass eine Vielzahl von Abtastleitungstreiberschaltungen 804a bereitgestellt sein kann, um die Abtastleitungen GL_1 bis GL_X getrennt zu steuern. Alternativ weist die Abtastleitungstreiberschaltung 804a eine Funktion zum Zuführen eines Initialisierungssignals auf. Ohne darauf beschränkt zu sein, kann die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ein anderes Signal zuführen.

[0414] Die Signalleitungstreiberschaltung 804b umfasst ein Schieberegister oder dergleichen. Über den Anschlussabschnitt 807 empfängt die Signalleitungstreiberschaltung 804b ein Signal (Videosignal), von dem ein Datensignal abgeleitet wird, und ein Signal zum Ansteuern des Schieberegisters. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b weist eine Funktion zum Erzeugen eines Datensignals, das in die Pixelschaltung 801 geschrieben wird, basierend auf dem Videosignal auf. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b weist ferner eine Funktion zum Steuern einer Ausgabe eines Datensignals als Antwort auf ein Impulssignal auf, das durch Eingabe eines Startimpulses, eines Taktsignals oder dergleichen erzeugt wird. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b weist darüber hinaus eine Funktion zum Steuern der Potentiale von Leitungen auf, denen Datensignale zugeführt werden (nachstehend werden derartige Leitungen als Datenleitungen DL_1 bis DL_Y bezeichnet). Alternativ weist die Signalleitungstreiberschaltung 804b eine Funktion zum Zuführen eines Initialisierungssignals auf. Ohne darauf beschränkt zu sein, kann die Signalleitungstreiberschaltung 804b ein anderes Signal zuführen.

[0415] Die Signalleitungstreiberschaltung 804b umfasst beispielsweise eine Vielzahl von analogen Schaltern oder dergleichen. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b kann durch sequentielles Einschalten der Vielzahl von analogen Schaltern Signale, die durch zeitliches Teilen des Videosignals erhalten werden, als Datensignale ausgeben. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b kann ein Schieberegister oder dergleichen umfassen.

[0416] Ein Impulssignal und ein Datensignal werden über eine der Vielzahl von Abtastleitungen GL, denen Abtastsignale zugeführt werden, bzw. über eine der Vielzahl von Datenleitungen DL, denen Datensignale zugeführt werden, in jede der Vielzahl von Pixelschaltungen 801 eingegeben. Das Schreiben und das Halten des Datensignals in jeder der Vielzahl von Pixelschaltungen 801 werden durch die Abtastleitungstreiberschaltung 804a gesteuert. Beispielsweise wird in die Pixelschaltung 801 in der m-ten Zeile und der n-ten Spalte (m ist eine natürliche Zahl kleiner als oder gleich X, und n ist eine natürliche Zahl kleiner als oder gleich Y) ein Impulssignal aus der Abtastleitungstreiberschaltung 804a über die Abtastleitung GL_m eingegeben, und ein Datensignal wird aus der Signalleitungstreiberschaltung 804b über die Datenleitung DL_n entsprechend dem Potential der Abtastleitung GL_m eingegeben.

[0417] Die in **Fig.** 18A gezeigte Schutzschaltung 806 ist beispielsweise mit der Abtastleitung GL zwischen der Abtastleitungstreiberschaltung 804a und der Pixelschaltung 801 verbunden. Die Schutzschaltung 806 ist alternativ mit der Datenleitung DL zwischen der Signalleitungstreiberschaltung 804b und der Pixelschaltung 801 verbunden. Die Schutzschaltung 806 kann alternativ mit einer Leitung zwischen der Abtastleitungstreiberschaltung 804a und dem Anschlussabschnitt 807 verbunden sein. Die Schutzschaltung 806 kann alternativ mit einer Leitung zwischen der Signalleitungstreiberschaltung 804b und dem Anschlussabschnitt 807 verbunden sein. Es sei angemerkt, dass der Anschlussabschnitt 807 einen Abschnitt mit Anschlüssen bezeichnet, über den Energie, Steuersignale und Videosignale von externen Schaltungen in die Anzeigevorrichtung eingegeben werden.

[0418] Die Schutzschaltung 806 ist eine Schaltung, die eine Leitung, die mit der Schutzschaltung verbunden ist, elektrisch mit einer weiteren Leitung verbindet, wenn ein außerhalb eines bestimmten Bereichs liegendes Potential an die Leitung angelegt wird, die mit der Schutzschaltung verbunden ist.

[0419] Wie in **Fig.** 18A dargestellt, sind die Schutzschaltungen 806 mit dem Pixelabschnitt 802 und dem Treiberschaltungsabschnitt 804 verbunden, so dass die Beständigkeit der Anzeigevorrichtung gegen einen Überstrom, der durch elektrostatische Entladung (electrostatic discharge, ESD) oder dergleichen erzeugt wird, verbessert werden kann. Es sei angemerkt, dass die Konfiguration der Schutzschaltungen 806 nicht darauf beschränkt ist; beispielsweise kann eine Konfiguration, bei der die Schutzschaltungen 806 mit der Abtastleitungstreiberschaltung 804a verbunden sind, oder eine Konfiguration zum Einsatz kommen, bei der

die Schutzschaltungen 806 mit der Signalleitungstreiberschaltung 804b verbunden sind. Die Schutzschaltungen 806 können alternativ derart konfiguriert sein, dass sie mit dem Anschlussabschnitt 807 verbunden sind.

[0420] In **Fig.** 18A wird ein Beispiel gezeigt, in dem der Treiberschaltungsabschnitt 804 die Abtastleitungstreiberschaltung 804a und die Signalleitungstreiberschaltung 804b umfasst; jedoch ist die Struktur nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann lediglich die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ausgebildet werden, und ein getrennt vorbereitetes Substrat, über dem eine Signalleitungstreiberschaltung ausgebildet ist (z. B. ein Treiberschaltungssubstrat, das aus einem einkristallinen Halbleiterfilm oder einem polykristallinen Halbleiterfilm ausgebildet ist), kann montiert werden.

<Strukturbeispiel der Pixelschaltung>

[0421] Jede der Vielzahl von Pixelschaltungen 801 in **Fig.** 18A kann beispielsweise eine in **Fig.** 18B dargestellte Struktur aufweisen.

[0422] Die in **Fig.** 18B dargestellte Pixelschaltung 801 umfasst Transistoren 852 und 854, einen Kondensator 862 und ein Licht emittierendes Element 872.

[0423] Entweder eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode des Transistors 852 ist elektrisch mit einer Leitung, der ein Datensignal zugeführt wird (einer Datenleitung DL_n), verbunden. Eine Gate-Elektrode des Transistors 852 ist elektrisch mit einer Leitung, der ein Gate-Signal zugeführt wird (einer Abtastleitung GL_m), verbunden.

[0424] Der Transistor 852 weist eine Funktion zum Steuern auf, ob ein Datensignal geschrieben wird.

[0425] Eine eines Paars von Elektroden des Kondensators 862 ist elektrisch mit einer Leitung verbunden, der ein Potential zugeführt wird (nachstehend als Potentialversorgungsleitung VL_a bezeichnet), und die andere ist elektrisch mit der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 852 verbunden.

[0426] Der Kondensator 862 dient als Speicherkondensator zum Speichern der geschriebenen Daten.

[0427] Entweder eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode des Transistors 854 ist elektrisch mit der Potentialversorgungsleitung VL_a verbunden. Eine Gate-Elektrode des Transistors 854 ist ferner elektrisch mit der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 852 verbunden.

[0428] Entweder eine Anode oder eine Kathode des Licht emittierenden Elements 872 ist elektrisch mit einer Potentialversorgungsleitung VL_b verbunden, und die andere ist elektrisch mit der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 854 verbunden.

[0429] Als Licht emittierendes Element 872 kann ein beliebiges der bei den Ausführungsformen 1, 4, 5 und 6 beschriebenen Licht emittierenden Elemente verwendet werden.

[0430] Es sei angemerkt, dass ein hohes Stromversorgungspotential VDD entweder der Potentialversorgungsleitung VL_a oder der Potentialversorgungsleitung VL_b zugeführt wird, und ein niedriges Stromversorgungspotential VSS wird der anderen Leitung zugeführt.

[0431] Beispielsweise werden bei der Anzeigevorrichtung mit den Pixelschaltungen 801 in **Fig.** 18B die Pixelschaltungen 801 durch die Abtastleitungstreiberschaltung 804a in **Fig.** 18A sequenziell zeilenweise ausgewählt, wodurch die Transistoren 852 eingeschaltet werden und ein Datensignal geschrieben wird.

[0432] Wenn die Transistoren 852 ausgeschaltet werden, werden die Pixelschaltungen 801, in die die Daten geschrieben worden sind, in einen Haltezustand versetzt. Die Größe des Stroms, der zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 854 fließt, wird ferner entsprechend dem Potential des geschriebenen Datensignals gesteuert. Das Licht emittierende Element 872 emittiert Licht mit einer Leuchtdichte, die der Größe des fließenden Stroms entspricht. Dieser Vorgang wird nacheinander zeilenweise durchgeführt; auf diese Weise wird ein Bild angezeigt.

[0433] Alternativ kann die Pixelschaltung eine Funktion zum Kompensieren von Schwankungen der Schwellenspannungen oder dergleichen eines Transistors aufweisen. **Fig.** 19A und **Fig.** 19B sowie **Fig.** 20A und **Fig.** 20B stellen Beispiele der Pixelschaltung dar.

[0434] Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 19A dargestellt wird, umfasst sechs Transistoren (Transistoren 303_1 bis 303_6), einen Kondensator 304 und ein Licht emittierendes Element 305. Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 19A dargestellt wird, ist elektrisch mit Leitungen 301_1 bis 301_5 sowie Leitungen 302_1 und 302_2 verbunden. Es sei angemerkt, dass als Transistoren 303_1 bis 303_6 beispielsweise p-Kanal-Transistoren verwendet werden können.

[0435] Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 19B gezeigt wird, weist eine Konfiguration auf, bei der der Pixelschaltung, die in **Fig.** 19A gezeigt wird, ein Transistor 303_7 hinzugefügt wird. Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 19B dargestellt wird, ist elektrisch mit Leitungen 301_6 und 301_7 verbunden. Die Leitungen 301_5 und 301_6 können elektrisch miteinander verbunden sein. Es sei angemerkt, dass beispielsweise ein p-Kanal-Transistor für den Transistor 303_7 verwendet werden kann.

[0436] Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 20A gezeigt wird, umfasst sechs Transistoren (Transistoren 308_1 bis 308_6), den Kondensator 304 und das Licht emittierende Element 305. Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 20A dargestellt wird, ist elektrisch mit Leitungen 306_1 bis 306_3 und Leitungen 307_1 bis 307_3 verbunden. Die Leitungen 306_1 und 306_3 können elektrisch miteinander verbunden sein. Es sei angemerkt, dass beispielsweise p-Kanal-Transistoren für die Transistoren 308_1 bis 308_6 verwendet werden können.

[0437] Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 20B dargestellt wird, umfasst zwei Transistoren (Transistoren 309_1 und 309_2), zwei Kondensatoren (Kondensatoren 304_1 und 304_2) und das Licht emittierende Element 305. Die Pixelschaltung, die in **Fig.** 20B dargestellt wird, ist elektrisch mit Leitungen 311_1 bis 311_3 sowie Leitungen 312_1 und 312_2 verbunden. Mit der Konfiguration der Pixelschaltung, die in **Fig.** 20B dargestellt wird, kann die Pixelschaltung durch ein Spannungseingabe-Stromansteuer-Verfahren (auch als CVCC (voltage inputting current driving method) bezeichnet) angesteuert werden. Es sei angemerkt, dass beispielsweise p-Kanal-Transistoren für die Transistoren 309_1 und 309_2 verwendet werden können.

[0438] Ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für ein Aktivmatrixverfahren, bei dem ein aktives Element in einem Pixel einer Anzeigevorrichtung enthalten ist, oder für ein Passivmatrixverfahren verwendet werden, bei dem kein aktives Element in einem Pixel einer Anzeigevorrichtung enthalten ist.

[0439] Bei einem Aktivmatrixverfahren können als aktives Element (nichtlineares Element) nicht nur ein Transistor, sondern auch verschiedene aktive Elemente (nichtlineare Elemente) verwendet werden. Beispielsweise kann auch ein Metall-Isolator-Metall (MIM), eine Dünnschichtdiode (thin film diode, TFD) oder dergleichen verwendet werden. Da diese Elemente mit einer geringeren Anzahl von Herstellungsschritten ausgebildet werden können, können die Herstellungskosten verringert werden oder kann die Ausbeute verbessert werden. Alternativ kann, da die Größe dieser Elemente klein ist, das Öffnungsverhältnis verbessert werden, so dass der Stromverbrauch verringert oder eine höhere Leuchtdichte erzielt werden kann.

[0440] Neben dem Aktivmatrixverfahren kann auch das Passivmatrixverfahren verwendet werden, bei dem kein aktives Element (kein nichtlineares Element) verwendet wird. Da kein aktives Element (kein nichtlineares Element) verwendet wird, ist die Anzahl der Herstellungsschritte gering, so dass die Herstellungskosten verringert werden können oder die Ausbeute verbessert werden kann. Alternativ kann, da kein aktives Element (kein nichtlineares Element) verwendet wird, das Öffnungsverhältnis verbessert werden, so dass beispielsweise der Stromverbrauch verringert oder eine höhere Leuchtdichte erzielt werden kann.

[0441] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Ausführungsform 9)

[0442] Bei dieser Ausführungsform werden eine Anzeigevorrichtung, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält, und ein elektronisches Gerät, bei dem die Anzeigevorrichtung mit einer Eingabevorrichtung bereitgestellt ist, anhand von **Fig.** 21A und **Fig.** 21B, **Fig.** 22A bis **Fig.** 22C, **Fig.** 23A und **Fig.** 23B, **Fig.** 24A und **Fig.** 24B sowie **Fig.** 25 beschrieben.

<Beschreibung 1 des Touchscreens>

[0443] Bei dieser Ausführungsform wird ein Touchscreen 2000, der eine Anzeigevorrichtung und eine Eingabevorrichtung umfasst, als Beispiel für ein elektronisches Gerät beschrieben. Außerdem wird ein Beispiel beschrieben, in dem ein Berührungssensor als Eingabevorrichtung enthalten ist.

[0444] **Fig.** 21A und **Fig.** 21B sind perspektivische Ansichten des Touchscreens 2000. Es sei angemerkt, dass **Fig.** 21A und **Fig.** 21B der Einfachheit halber nur Hauptbestandteile des Touchscreens 2000 darstellen.

[0445] Der Touchscreen 2000 umfasst eine Anzeigevorrichtung 2501 und einen Berührungssensor 2595 (siehe **Fig.** 21B). Der Touchscreen 2000 umfasst ferner ein Substrat 2510, ein Substrat 2570 und ein Substrat 2590. Das Substrat 2510, das Substrat 2570 und das Substrat 2590 weisen jeweils Flexibilität auf. Es sei angemerkt, dass eines der Substrate 2510, 2570 und 2590 oder sämtliche der Substrate 2510, 2570 und 2590 unelastisch sein kann/können.

[0446] Die Anzeigevorrichtung 2501 umfasst eine Vielzahl von Pixeln über dem Substrat 2510 und eine Vielzahl von Leitungen 2511, über die den Pixeln Signale zugeführt werden. Die Vielzahl von Leitungen 2511 erstreckt sich bis zu einem peripheren Abschnitt des Substrats 2510, und Teile der Vielzahl von Leitungen 2511 bilden einen Anschluss 2519. Der Anschluss 2519 ist elektrisch mit einer FPC 2509(1) verbunden. Die Vielzahl von Leitungen 2511 kann der Vielzahl von Pixeln Signale von einer Signalleitungstreiberschaltung 2503s(1) zuführen.

[0447] Das Substrat 2590 umfasst den Berührungssensor 2595 und eine Vielzahl von Leitungen 2598, die elektrisch mit dem Berührungssensor 2595 verbunden sind. Die Vielzahl von Leitungen 2598 erstreckt sich bis zu einem peripheren Abschnitt des Substrats 2590, und Teile der Vielzahl von Leitungen 2598 bilden einen Anschluss. Der Anschluss ist elektrisch mit einer FPC 2509(2) verbunden. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 21B Elektroden, Leitungen und dergleichen des Berührungssensors 2595, der auf der Rückseite des Substrats 2590 (der Seite, die dem Substrat 2510 zugewandt ist) bereitgestellt ist, zur Verdeutlichung durch durchgezogene Linien dargestellt werden.

[0448] Als Berührungssensor 2595 kann ein kapazitiver Berührungssensor verwendet werden. Beispiele für den kapazitiven Berührungssensor sind ein oberflächenkapazitiver Berührungssensor und ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor.

[0449] Beispiele für den projiziert-kapazitiven Berührungssensor umfassen einen eigenkapazitiven (self-capacitive) Berührungssensor und einen gegenseitig kapazitiven (mutual capacitive) Berührungssensor, welche sich hauptsächlich durch das Ansteuerverfahren voneinander unterscheiden. Vorzugsweise wird ein gegenseitig kapazitiver Berührungssensor verwendet, da mehrere Punkte gleichzeitig erkannt werden können.

[0450] Es sei angemerkt, dass der Berührungssensor 2595, der in **Fig.** 21B dargestellt wird, ein Beispiel ist, in dem ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor verwendet wird.

[0451] Es sei angemerkt, dass als Berührungssensor 2595 verschiedene Sensoren verwendet werden können, die die Nähe oder die Berührung eines Erfassungsobjekts, wie z. B. eines Fingers, erkennen können.

[0452] Der projiziert-kapazitive Berührungssensor 2595 umfasst Elektroden 2591 und Elektroden 2592. Die Elektroden 2591 sind elektrisch mit einer der Vielzahl von Leitungen 2598 verbunden, und die Elektroden 2592 sind elektrisch mit einer der anderen Leitungen 2598 verbunden.

[0453] Die Elektroden 2592 weisen jeweils eine Form einer Vielzahl von Vierecken auf, die in einer Richtung angeordnet sind, wobei eine Ecke eines Vierecks mit einer Ecke eines anderen Vierecks verbunden ist, wie in **Fig.** 21A und **Fig.** 21B dargestellt.

[0454] Die Elektroden 2591 weisen jeweils eine viereckige Form auf und sind in einer Richtung angeordnet, die die Richtung kreuzt, in die sich die Elektroden 2592 erstrecken.

[0455] Eine Leitung 2594 verbindet zwei Elektroden 2591 elektrisch, zwischen denen die Elektrode 2592 positioniert ist. Die Schnittfläche der Elektrode 2592 und der Leitung 2594 ist vorzugsweise so klein wie möglich. Eine derartige Struktur ermöglicht eine Verringerung der Fläche eines Bereichs, in dem die Elektroden

nicht bereitgestellt sind, wodurch Schwankungen der Lichtdurchlässigkeit verringert werden. Das hat zur Folge, dass die Schwankungen der Leuchtdichte von Licht, das den Berührungssensor 2595 passiert, verringert werden können.

[0456] Es sei angemerkt, dass die Formen der Elektroden 2591 und der Elektroden 2592 nicht darauf beschränkt sind und sie beliebige von verschiedenen Formen aufweisen können. Beispielsweise kann eine Struktur zum Einsatz kommen, bei der die Vielzahl von Elektroden 2591 derart angeordnet ist, dass Zwischenräume zwischen den Elektroden 2591 möglichst verringert werden und die Elektroden 2592 getrennt von den Elektroden 2591 angeordnet werden, wobei eine isolierende Schicht dazwischen liegt, um Bereiche aufzuweisen, die sich nicht mit den Elektroden 2591 überlappen. In diesem Fall wird bevorzugt, dass zwischen zwei benachbarten Elektroden 2592 eine Dummy-Elektrode bereitgestellt ist, die elektrisch von diesen Elektroden isoliert ist, da dadurch die Fläche von Bereichen, die unterschiedliche Lichtdurchlässigkeiten aufweisen, verringert werden kann.

<Beschreibung der Anzeigevorrichtung>

[0457] Als Nächstes wird die Anzeigevorrichtung 2501 ausführlich anhand von **Fig.** 22A beschrieben. **Fig.** 22A entspricht einer Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig.** 21B.

[0458] Die Anzeigevorrichtung 2501 umfasst eine Vielzahl von in einer Matrix angeordneten Pixeln. Jedes der Pixel umfasst ein Anzeigeelement und eine Pixelschaltung zum Ansteuern des Anzeigeelements.

[0459] Bei der folgenden Beschreibung wird ein Beispiel beschrieben, in dem ein Licht emittierendes Element, das weißes Licht emittiert, als Anzeigeelement verwendet wird; jedoch ist das Anzeigeelement nicht auf ein derartiges Element beschränkt. Beispielsweise können Licht emittierende Elemente, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren, enthalten sein, so dass Licht unterschiedlicher Farben von benachbarten Pixeln emittiert werden kann.

[0460] Für das Substrat 2510 und das Substrat 2570 können beispielsweise ein flexibles Material mit einer Wasserdampfdurchlässigkeit von weniger als oder gleich 1×10^{-5} $g \cdot m^{-2} \cdot Tag^{-1}$, bevorzugt weniger als oder gleich 1×10^{-6} $g \cdot m^{-2} \cdot Tag^{-1}$, vorteilhaft verwendet werden. Alternativ werden vorzugsweise Materialien für das Substrat 2510 und das Substrat 2570 verwendet, deren Wärmeausdehnungskoeffizienten einander im Wesentlichen gleichen. Zum Beispiel sind die Längenausdehnungskoeffizienten der Materialien bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{-3} /K, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 5×10^{-5} /K, und noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{-5} /K.

[0461] Es sei angemerkt, dass das Substrat 2510 eine Schichtanordnung aus einer isolierenden Schicht 2510a zum Verhindern einer Diffusion von Verunreinigungen in das Licht emittierende Element, einem flexiblen Substrat 2510b und einer Klebeschicht 2510c zum Befestigen der isolierenden Schicht 2510a an dem flexiblen Substrat 2510b ist. Das Substrat 2570 ist eine Schichtanordnung aus einer isolierenden Schicht 2570a zum Verhindern einer Diffusion von Verunreinigungen in das Licht emittierende Element, einem flexiblen Substrat 2570b und einer Klebeschicht 2570c zum Befestigen der isolierenden Schicht 2570a an dem flexiblen Substrat 2570b.

[0462] Für die Klebeschicht 2510c und die Klebeschicht 2570c können beispielsweise Polyester, Polyolefin, Polyamid (z. B. Nylon, Aramid), Polyimid, Polycarbonat oder ein Acrylharz, Polyurethan oder ein Epoxidharz verwendet werden. Alternativ kann ein Material, das ein Harz mit einer Siloxanbindung enthält, wie z. B. Silikon, verwendet werden.

[0463] Eine Dichtungsschicht 2560 ist zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2570 bereitgestellt. Die Dichtungsschicht 2560 weist vorzugsweise einen höheren Brechungsindex auf als Luft. In dem Fall, in dem Licht, wie in **Fig.** 22A dargestellt, zu der Seite der Dichtungsschicht 2560 entnommen wird, kann die Dichtungsschicht 2560 auch als optische Klebeschicht dienen.

[0464] Ein Dichtungsmittel kann in dem peripheren Abschnitt der Dichtungsschicht 2560 ausgebildet werden. Unter Verwendung des Dichtungsmittels kann ein Licht emittierendes Element 2550R in einem Bereich, der von dem Substrat 2510, dem Substrat 2570, der Dichtungsschicht 2560 und dem Dichtungsmittel umschlossen ist, bereitgestellt werden. Es sei angemerkt, dass ein Inertgas (wie z. B. Stickstoff oder Argon) anstelle der Dichtungsschicht 2560 verwendet werden kann. Ein Trocknungsmittel kann in dem Inertgas bereitgestellt werden, um Feuchtigkeit oder dergleichen zu adsorbieren. Ein Harz, wie z. B. ein Acrylharz oder ein Epoxid-

harz, kann verwendet werden. Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise für das Dichtungsmittel verwendet. Als Material, das für das Dichtungsmittel verwendet wird, wird vorzugsweise ein Material verwendet, das weder Feuchtigkeit noch Sauerstoff durchlässt.

[0465] Die Anzeigevorrichtung 2501 umfasst ein Pixel 2502R. Das Pixel 2502R umfasst ein Licht emittierendes Modul 2580R.

[0466] Das Pixel 2502R umfasst das Licht emittierende Element 2550R und einen Transistor 2502t, der dem Licht emittierenden Element 2550R elektrische Energie zuführen kann. Es sei angemerkt, dass der Transistor 2502t als Teil der Pixelschaltung dient. Das Licht emittierende Modul 2580R umfasst das Licht emittierende Element 2550R und eine Farbschicht 2567R.

[0467] Das Licht emittierende Element 2550R umfasst eine untere Elektrode, eine obere Elektrode und eine EL-Schicht zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode. Als Licht emittierendes Element 2550R kann eines der bei den Ausführungsformen 1, 4, 5 und 6 beschriebenen Licht emittierenden Elemente verwendet werden.

[0468] Eine Mikrokavitätsstruktur kann zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode zum Einsatz kommen, so dass die Intensität des Lichts mit einer spezifischen Wellenlänge erhöht werden kann.

[0469] In dem Fall, in dem die Dichtungsschicht 2560 auf der Lichtextraktionsseite bereitgestellt ist, ist die Dichtungsschicht 2560 in Kontakt mit dem Licht emittierenden Element 2550R und der Farbschicht 2567R.

[0470] Die Farbschicht 2567R ist in einem Bereich positioniert, der sich mit dem Licht emittierenden Element 2550R überlappt. Demzufolge passiert ein Teil des von dem Licht emittierenden Element 2550R emittierten Lichts die Farbschicht 2567R und wird zur Außenseite des Licht emittierenden Moduls 2580R emittiert, wie ein Pfeil in der Zeichnung zeigt.

[0471] Die Anzeigevorrichtung 2501 umfasst eine lichtundurchlässige Schicht 2567BM auf der Lichtextraktionsseite. Die lichtundurchlässige Schicht 2567BM ist derart angeordnet, dass sie die Farbschicht 2567R umschließt.

[0472] Die Farbschicht 2567R ist eine Farbschicht mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht in einem bestimmten Wellenlängenbereich. Beispielsweise kann ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem roten Wellenlängenbereich, ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem grünen Wellenlängenbereich, ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem blauen Wellenlängenbereich, ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem gelben Wellenlängenbereich oder dergleichen verwendet werden. Jeder Farbfilter kann mit beliebigen verschiedener Materialien durch ein Druckverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Ätzverfahren unter Verwendung einer Photolithographietechnik oder dergleichen ausgebildet werden.

[0473] Eine isolierende Schicht 2521 ist in der Anzeigevorrichtung 2501 bereitgestellt. Die isolierende Schicht 2521 bedeckt den Transistor 2502t. Es sei angemerkt, dass die isolierende Schicht 2521 eine Funktion zum Bedecken einer Unebenheit aufweist, die durch die Pixelschaltung hervorgerufen wurde. Die isolierende Schicht 2521 kann auch eine Funktion zum Unterdrücken einer Diffusion von Verunreinigungen aufweisen. Dies kann verhindern, dass die Zuverlässigkeit des Transistors 2502t oder dergleichen durch die Diffusion von Verunreinigungen verringert wird.

[0474] Das Licht emittierende Element 2550R wird über der isolierenden Schicht 2521 ausgebildet. Eine Trennwand 2528 wird derart bereitgestellt, dass sie sich mit einem Endabschnitt der unteren Elektrode des Licht emittierenden Elements 2550R überlappt. Es sei angemerkt, dass ein Abstandshalter zum Steuern des Abstandes zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2570 über der Trennwand 2528 ausgebildet werden kann.

[0475] Eine Abtastleitungstreiberschaltung 2503g(1) umfasst einen Transistor 2503t und einen Kondensator 2503c. Es sei angemerkt, dass die Treiberschaltung im gleichen Prozess und über dem gleichen Substrat wie die Pixelschaltungen ausgebildet werden kann.

[0476] Über dem Substrat 2510 sind die Leitungen 2511, über die Signale zugeführt werden können, bereitgestellt. Über den Leitungen 2511 ist der Anschluss 2519 bereitgestellt. Die FPC 2509(1) ist elektrisch mit dem Anschluss 2519 verbunden. Die FPC 2509(1) weist eine Funktion zum Zuführen eines Videosignals,

eines Taktsignals, eines Startsignals, eines Rücksetzsignals oder dergleichen auf. Es sei angemerkt, dass die FPC 2509(1) mit einer PWB bereitgestellt werden kann.

[0477] Bei der Anzeigevorrichtung 2501 können Transistoren mit verschiedenen Strukturen verwendet werden. **Fig.** 22A stellt ein Beispiel dar, bei dem Bottom-Gate-Transistoren verwendet werden; jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf dieses Beispiel beschränkt, und Top-Gate-Transistoren können in der Anzeigevorrichtung 2501 verwendet werden, wie in **Fig.** 22B dargestellt.

[0478] Außerdem gibt es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Polarität des Transistors 2502t und des Transistors 2503t. Für diese Transistoren können n-Kanal- und p-Kanal-Transistoren verwendet werden, oder beispielsweise können entweder n-Kanal-Transistoren oder p-Kanal-Transistoren verwendet werden. Darüber hinaus gibt es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Kristallinität eines Halbleiterfilms, der für die Transistoren 2502t und 2503t verwendet wird. Beispielsweise kann ein amorpher Halbleiterfilm oder ein kristalliner Halbleiterfilm verwendet werden. Beispiele für Halbleitermaterialien umfassen Halbleiter der Gruppe 14 (z. B. einen Halbleiter, der Silizium umfasst), Verbundhalbleiter (einschließlich Oxidhalbleiter), organische Halbleiter und dergleichen. Vorzugsweise wird ein Oxidhalbleiter, der eine Energielücke von 2 eV oder mehr, bevorzugt 2,5 eV oder mehr, stärker bevorzugt 3 eV oder mehr aufweist, für einen oder beide der Transistoren 2502t und 2503t verwendet, so dass der Sperrstrom der Transistoren verringert werden kann. Beispiele für die Oxidhalbleiter umfassen ein In-Ga-Oxid, ein In-M-Zn-Oxid (M stellt Al, Ga, Y, Zr, La, Ce, Sn, Hf oder Nd dar) und dergleichen.

<Beschreibung des Berührungssensors>

[0479] Als Nächstes wird der Berührungssensor 2595 im Detail anhand von **Fig.** 22C beschrieben. **Fig.** 22C entspricht einer Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X3-X4 in **Fig.** 21B.

[0480] Der Berührungssensor 2595 umfasst die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592, welche in einer versetzten Anordnung auf dem Substrat 2590 angeordnet sind, eine isolierende Schicht 2593, die die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592 bedeckt, und die Leitung 2594, die die benachbarten Elektroden 2591 elektrisch miteinander verbindet.

[0481] Die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592 werden unter Verwendung eines lichtdurchlässigen leitenden Materials ausgebildet. Als lichtdurchlässiges leitendes Material kann ein leitendes Oxid, wie z. B. Indiumoxid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Zinkoxid oder Zinkoxid, dem Gallium zugesetzt worden ist, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass auch ein Film, der Graphen enthält, verwendet werden kann. Der Film, der Graphen enthält, kann beispielsweise durch eine Reduktion eines Films, der Graphenoxid enthält, ausgebildet werden. Als Reduktionsverfahren kann ein Verfahren, bei dem Wärme verwendet wird, oder dergleichen zum Einsatz kommen.

[0482] Die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592 können beispielsweise ausgebildet werden, indem ein lichtdurchlässiges leitendes Material durch ein Sputterverfahren auf dem Substrat 2590 abgeschieden wird und dann ein unnötiger Teil durch eine beliebige verschiedener Strukturierungstechniken, wie z. B. Photolithographie, entfernt wird.

[0483] Beispiele für ein Material für die isolierende Schicht 2593 umfassen ein Harz, wie z. B. ein Acrylharz oder ein Epoxidharz, ein Harz mit einer Siloxanbindung, wie z. B. Silikon, und ein anorganisches isolierendes Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid oder Aluminiumoxid.

[0484] Öffnungen, die die Elektroden 2591 erreichen, werden in der isolierenden Schicht 2593 ausgebildet, und die Leitung 2594 verbindet die benachbarten Elektroden 2591 elektrisch. Ein lichtdurchlässiges leitendes Material kann für die Leitung 2594 vorteilhaft verwendet werden, da das Öffnungsverhältnis des Touchscreens erhöht werden kann. Außerdem kann ein Material, das eine höhere Leitfähigkeit aufweist als die Elektroden 2591 und 2592, für die Leitung 2594 vorteilhaft verwendet werden, da der elektrische Widerstand verringert werden kann.

[0485] Eine Elektrode 2592 erstreckt sich in eine Richtung, und eine Vielzahl von Elektroden 2592 ist in Streifenform bereitgestellt. Die Leitung 2594 kreuzt die Elektrode 2592.

[0486] Benachbarte Elektroden 2591 sind bereitgestellt, wobei eine Elektrode 2592 dazwischen angeordnet ist. Die Leitung 2594 verbindet die benachbarten Elektroden 2591 elektrisch.

[0487] Es sei angemerkt, dass die Vielzahl von Elektroden 2591 nicht notwendigerweise in der Richtung orthogonal zu einer Elektrode 2592 angeordnet ist und derart angeordnet sein kann, dass sie eine Elektrode 2592 in einem Winkel von mehr als 0° und weniger als 90° kreuzt.

[0488] Die Leitung 2598 ist elektrisch mit einer der Elektroden 2591 und 2592 verbunden. Ein Teil der Leitung 2598 dient als Anschluss. Für die Leitung 2598 kann ein Metallmaterial, wie z. B. Aluminium, Gold, Platin, Silber, Nickel, Titan, Wolfram, Chrom, Molybdän, Eisen, Kobalt, Kupfer oder Palladium, oder ein Legierungsmaterial verwendet werden, das ein beliebiges dieser Metallmaterialien enthält.

[0489] Es sei angemerkt, dass eine isolierende Schicht, die die isolierende Schicht 2593 und die Leitung 2594 bedeckt, bereitgestellt sein kann, um den Berührungssensor 2595 zu schützen.

[0490] Eine Verbindungsschicht 2599 verbindet die Leitung 2598 elektrisch mit der FPC 2509(2).

[0491] Als Verbindungsschicht 2599 können beliebige verschiedener anisotroper leitender Filme (anisotropic conductive film, ACF), anisotroper leitender Pasten (anisotropic conductive paste, ACP) oder dergleichen verwendet werden.

<Beschreibung 2 des Touchscreens>

[0492] Als Nächstes wird der Touchscreen 2000 im Detail anhand von **Fig.** 23A beschrieben. **Fig.** 23A entspricht einer Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X5-X6 in **Fig.** 21A.

[0493] In dem Touchscreen 2000, der in **Fig.** 23A dargestellt wird, sind die Anzeigevorrichtung 2501, die anhand von **Fig.** 22A beschrieben worden ist, und der Berührungssensor 2595, der anhand von **Fig.** 22C beschrieben worden ist, aneinander befestigt.

[0494] Der Touchscreen 2000, der in **Fig.** 23A dargestellt ist, umfasst zusätzlich zu den Komponenten, die anhand von **Fig.** 22A und **Fig.** 22C beschrieben worden sind, eine Klebeschicht 2597 und eine Antireflexionsschicht 2567p.

[0495] Die Klebeschicht 2597 wird in Kontakt mit der Leitung 2594 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Klebeschicht 2597 das Substrat 2590 mit dem Substrat 2570 derart verbindet, dass sich der Berührungssensor 2595 mit der Anzeigevorrichtung 2501 überlappt. Die Klebeschicht 2597 weist vorzugsweise eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft auf. Ein wärmehärtendes Harz oder ein UV-härtendes Harz kann für die Klebeschicht 2597 verwendet werden. Beispielsweise kann ein Acrylharz, ein Harz auf Urethan-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis oder ein Harz auf Siloxan-Basis verwendet werden.

[0496] Die Antireflexionsschicht 2567p ist in einem Bereich positioniert, der sich mit Pixeln überlappt. Als Antireflexionsschicht 2567p kann beispielsweise eine zirkular polarisierende Platte verwendet werden.

[0497] Als Nächstes wird ein Touchscreen mit einer Struktur, die sich von derjenigen, die in **Fig.** 23A dargestellt wird, unterscheidet, anhand von **Fig.** 23B beschrieben.

[0498] **Fig.** 23B ist eine Querschnittsansicht eines Touchscreens 2001. Der Touchscreen 2001, der in **Fig.** 23B dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Touchscreen 2000, der in **Fig.** 23A dargestellt wird, in der relativen Position des Berührungssensors 2595 zu der Anzeigevorrichtung 2501. Unterschiedliche Teile werden im Folgenden ausführlich beschrieben, und für die anderen ähnlichen Strukturen wird auf die vorstehende Beschreibung des Touchscreens 2000 verwiesen.

[0499] Die Farbschicht 2567R ist in einem Bereich positioniert, der sich mit dem Licht emittierenden Element 2550R überlappt. Das Licht emittierende Element 2550R, das in **Fig.** 23B dargestellt wird, emittiert Licht zu der Seite, auf der der Transistor 2502t bereitgestellt ist. Demzufolge passiert ein Teil des von dem Licht emittierenden Element 2550R emittierten Lichts die Farbschicht 2567R und wird zur Außenseite des Licht emittierenden Moduls 2580R emittiert, wie ein Pfeil in **Fig.** 23B zeigt.

[0500] Der Berührungssensor 2595 wird auf der Seite des Substrats 2510 der Anzeigevorrichtung 2501 bereitgestellt.

[0501] Die Klebeschicht 2597 ist zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2590 bereitgestellt und befestigt den Berührungssensor 2595 an der Anzeigevorrichtung 2501.

[0502] Wie in **Fig.** 23A oder **Fig.** 23B dargestellt, kann Licht von dem Licht emittierenden Element über eines oder beide der Substrate 2510 und 2570 emittiert werden.

<Beschreibung eines Ansteuerverfahrens des Touchscreens>

[0503] Als Nächstes wird ein Beispiel für ein Ansteuerverfahren eines Touchscreens anhand von **Fig.** 24A und **Fig.** 24B beschrieben.

[0504] **Fig.** 24A ist ein Blockdiagramm, das die Struktur eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors darstellt. **Fig.** 24A stellt eine Impulsspannungsausgabeschaltung 2601 und eine Stromerfassungsschaltung 2602 dar. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 24A sechs Leitungen X1 bis X6 die Elektroden 2621 repräsentieren, an die eine Impulsspannung angelegt wird, und sechs Leitungen Y1 bis Y6 die Elektroden 2622 repräsentieren, die die Veränderungen des Stroms erfassen. **Fig.** 24A stellt auch Kondensatoren 2603 dar, die jeweils in einem Bereich ausgebildet sind, in dem die Elektroden 2621 und 2622 einander überlappen. Es sei angemerkt, dass ein funktioneller Tausch zwischen den Elektroden 2621 und 2622 möglich ist.

[0505] Es handelt sich bei der Impulsspannungsausgabeschaltung 2601 um eine Schaltung zum sequenziellen Anlegen einer Impulsspannung an die Leitungen X1 bis X6. Durch das Anlegen einer Impulsspannung an die Leitungen X1 bis X6 wird ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden 2621 und 2622 des Kondensators 2603 erzeugt. Wenn das elektrische Feld zwischen den Elektroden abgeschirmt wird, tritt beispielsweise eine Veränderung in dem Kondensator 2603 auf (gegenseitige Kapazität). Die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts kann durch Ausnutzung dieser Veränderung erfasst werden.

[0506] Es handelt sich bei der Stromerfassungsschaltung 2602 um eine Schaltung zum Erfassen von Veränderungen des durch die Leitungen Y1 bis Y6 fließenden Stroms, welche durch die Veränderung der gegenseitigen Kapazität in dem Kondensator 2603 hervorgerufen werden. Keine Veränderung des Stromwertes wird in den Leitungen Y1 bis Y6 erfasst, wenn es keine Annäherung oder keinen Kontakt eines Erfassungsobjekts gibt, während eine Abnahme des Stromwertes erfasst wird, wenn die gegenseitige Kapazität durch die Annäherung oder den Kontakt eines Erfassungsobjekts verringert wird. Es sei angemerkt, dass eine Integratorschaltung oder dergleichen verwendet wird, um die Stromwerte zu erfassen.

[0507] **Fig.** 24B ist ein Ablaufplan, der Eingangs- und Ausgangswellenformen des in **Fig.** 24A dargestellten gegenseitig kapazitiven Berührungssensors zeigt. In **Fig.** 24B wird in einer Bildperiode (frame period) eine Erfassung eines Erfassungsobjekts in sämtlichen Zeilen und Spalten durchgeführt. **Fig.** 24B zeigt eine Periode, in der kein Erfassungsobjekt erfasst wird (keine Berührung), und eine Periode, in der ein Erfassungsobjekt erfasst wird (Berührung). Die erfassten Stromwerte der Leitungen Y1 bis Y6 werden in **Fig.** 24B als Wellenformen der Spannungswerte gezeigt.

[0508] Eine Impulsspannung wird sequenziell an die Leitungen X1 bis X6 angelegt, und die Wellenformen der Leitungen Y1 bis Y6 verändern sich entsprechend der Impulsspannung. Wenn es keine Annäherung oder keinen Kontakt eines Erfassungsobjekts gibt, verändern sich die Wellenformen der Leitungen Y1 bis Y6 entsprechend den Veränderungen der Spannungen der Leitungen X1 bis X6 gleichmäßig. Der Stromwert nimmt an der Stelle ab, an der es zu der Annäherung oder dem Kontakt eines Erfassungsobjekts kommt, und demensprechend verändert sich die Wellenform des Spannungswertes.

[0509] Indem eine Veränderung der gegenseitigen Kapazität auf diese Weise erfasst wird, kann die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts erfasst werden.

<Beschreibung der Sensorschaltung>

[0510] Obwohl **Fig.** 24A einen Passivmatrix-Berührungssensor zeigt, bei dem nur der Kondensator 2603 als Berührungssensor am Kreuzungspunkt der Leitungen bereitgestellt ist, kann auch ein Aktivmatrix-Berührungssensor verwendet werden, der einen Transistor und einen Kondensator umfasst. **Fig.** 25 stellt ein Beispiel für eine Sensorschaltung dar, die in einem Aktivmatrix-Berührungssensor enthalten ist.

[0511] Die Sensorschaltung in **Fig.** 25 umfasst den Kondensator 2603 sowie Transistoren 2611, 2612 und 2613.

[0512] Ein Signal G2 wird in ein Gate des Transistors 2613 eingegeben. Eine Spannung VRES wird an einen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2613 angelegt, und eine Elektrode des Kondensators 2603 und ein Gate des Transistors 2611 werden mit dem anderen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2613 elektrisch verbunden. Ein Anschluss von Source und Drain des Transistors 2611 wird mit einem Anschluss von Source und Drain des Transistors 2612 elektrisch verbunden, und eine Spannung VSS wird an den anderen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2611 angelegt. Ein Signal G1 wird in ein Gate des Transistors 2612 eingegeben, und eine Leitung ML wird mit dem anderen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2612 elektrisch verbunden. Die Spannung VSS wird an die andere Elektrode des Kondensators 2603 angelegt.

[0513] Als Nächstes wird die Arbeitsweise der Sensorschaltung in **Fig.** 25 beschrieben. Zuerst wird ein Potential zum Einschalten des Transistors 2613 als Signal G2 zugeführt; und ein Potential in Bezug auf die Spannung VRES wird somit an den Knoten n angelegt, der mit dem Gate des Transistors 2611 verbunden ist. Anschließend wird ein Potential zum Ausschalten des Transistors 2613 als Signal G2 angelegt, wodurch das Potential des Knotens n gehalten wird.

[0514] Danach verändert sich die gegenseitige Kapazität des Kondensators 2603 infolge der Annäherung oder des Kontakts zu einem Erfassungsobjekt, wie z. B. einem Finger; dementsprechend wird das Potential des Knotens n von VRES verändert.

[0515] Bei einem Lesevorgang wird ein Potential zum Einschalten des Transistors 2612 als Signal G1 zugeführt. Dem Potential des Knotens n entsprechend wird ein Strom verändert, der durch den Transistor 2611 fließt, das heißt ein Strom, der durch die Leitung ML fließt. Durch Erfassung dieses Stroms kann die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts erfasst werden.

[0516] Bei jedem der Transistoren 2611, 2612 und 2613 wird eine Oxidhalbleiterschicht vorzugsweise als Halbleiterschicht verwendet, in der ein Kanalbereich gebildet wird. Im Besonderen wird vorzugsweise für den Transistor 2613 ein derartiger Transistor verwendet, so dass das Potential des Knotens n für eine lange Zeit gehalten werden kann und die Häufigkeit eines Vorgangs zum nochmaligen Zuführen von VRES zu dem Knoten n (Aktualisierungsvorgangs) verringert werden kann.

[0517] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Ausführungsform 10)

[0518] Bei dieser Ausführungsform werden ein Anzeigemodul und elektronische Geräte, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen, anhand von **Fig.** 26, **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G, **Fig.** 28A bis **Fig.** 28D sowie **Fig.** 29A und **Fig.** 29B beschrieben.

<Anzeigemodul>

[0519] Bei einem Anzeigemodul 8000 in **Fig.** 26 sind ein Berührungssensor 8004, der mit einer FPC 8003 verbunden ist, eine Anzeigevorrichtung 8006, die mit einer FPC 8005 verbunden ist, ein Rahmen 8009, eine gedruckte Leiterplatte 8010 und eine Batterie 8011 zwischen einer oberen Abdeckung 8001 und einer unteren Abdeckung 8002 angeordnet.

[0520] Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise für die Anzeigevorrichtung 8006 verwendet werden.

[0521] Die Formen und Größen der oberen Abdeckung 8001 und der unteren Abdeckung 8002 können je nach Bedarf entsprechend den Größen des Berührungssensors 8004 und der Anzeigevorrichtung 8006 verändert werden.

[0522] Der Berührungssensor 8004 kann ein resistiver Berührungssensor oder ein kapazitiver Berührungssensor sein und derart ausgebildet sein, dass er sich mit der Anzeigevorrichtung 8006 überlappt. Ein Gegensubstrat (Dichtungssubstrat) der Anzeigevorrichtung 8006 kann eine Berührungssensor-Funktion aufweisen. Ein Fotosensor kann in jedem Pixel der Anzeigevorrichtung 8006 bereitgestellt sein, so dass ein optischer Berührungssensor erhalten wird.

[0523] Der Rahmen 8009 schützt die Anzeigevorrichtung 8006 und dient auch als elektromagnetischer Schild zum Blockieren von elektromagnetischen Wellen, die durch den Betrieb der gedruckten Leiterplatte 8010 erzeugt werden. Der Rahmen 8009 kann als Abstrahlplatte dienen.

[0524] Die gedruckte Leiterplatte 8010 weist eine Stromversorgungsschaltung und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Ausgeben eines Videosignals und eines Taktsignals auf. Als Stromquelle zum Zuführen von Strom zu der Stromversorgungsschaltung kann eine externe Netzstromquelle oder die Batterie 8011 verwendet werden, die getrennt bereitgestellt ist. Die Batterie 8011 kann im Falle der Verwendung einer Netzstromquelle weggelassen werden.

[0525] Das Anzeigemodul 8000 kann zusätzlich mit einem Bestandteil, wie z. B. einer polarisierenden Platte, einer Retardationsplatte oder einer Prismenfolie, versehen sein.

<Elektronisches Gerät>

[0526] **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G stellen elektronische Geräte dar. Diese elektronischen Geräte können ein Gehäuse 9000, einen Anzeigeabschnitt 9001, einen Lautsprecher 9003, Bedienungstasten 9005 (darunter auch einen Netzschalter oder einen Bedienungsschalter), einen Verbindungsanschluss 9006, einen Sensor 9007 (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen oder Erfassen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemischer Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrischem Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussmenge, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahl), ein Mikrofon 9008 und dergleichen umfassen. Außerdem kann der Sensor 9007 genauso wie ein Pulssensor und ein Fingerabdrucksensor eine Funktion zum Messen biologischer Informationen aufweisen.

[0527] Die elektronischen Geräte, die in **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G dargestellt werden, können verschiedene Funktionen, so beispielsweise eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Daten (eines Standbildes, eines Bewegtbildes, eines Textbildes und dergleichen) auf dem Anzeigeabschnitt, eine Berührungssensor-Funktion, eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, des Datums, der Zeit und dergleichen, eine Funktion zum Steuern einer Verarbeitung mit diversen Arten von Software (Programmen), eine drahtlose Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Verbinden mit verschiedenen Computernetzwerken mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Übertragen und Empfangen verschiedener Daten mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Lesen eines Programms oder Daten, das/die in einem Speichermedium gespeichert ist/sind, und Anzeigen des Programms oder der Daten auf dem Anzeigeabschnitt und dergleichen aufweisen. Es sei angemerkt, dass Funktionen der elektronischen Geräte, die in **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G dargestellt werden, nicht auf diejenigen, die vorstehend beschrieben worden sind, beschränkt sind und die elektronischen Geräte weitere Funktionen aufweisen können. Obwohl in **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G nicht dargestellt, können die elektronischen Geräte eine Vielzahl von Anzeigeabschnitten umfassen. Die elektronischen Geräte können eine Kamera oder dergleichen sowie eine Funktion zum Aufnehmen eines Standbildes, eine Funktion zum Aufnehmen eines Bewegtbildes, eine Funktion zum Speichern des aufgenommenen Bildes in einem Speichermedium (einem externen Speichermedium oder einem Speichermedium, das in der Kamera eingebaut ist), eine Funktion zum Anzeigen des aufgenommenen Bildes auf dem Anzeigeabschnitt oder dergleichen aufweisen.

[0528] Die elektronischen Geräte, die in **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G dargestellt werden, werden nachstehend ausführlich beschrieben.

[0529] **Fig.** 27A ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9100. Der Anzeigeabschnitt 9001 des tragbaren Informationsendgeräts 9100 ist flexibel. Daher kann der Anzeigeabschnitt 9001 entlang einer gekrümmten Oberfläche eines gekrümmten Gehäuses 9000 integriert sein. Der Anzeigeabschnitt 9001 umfasst ferner einen Berührungssensor, und eine Bedienung kann durch Berühren des Bildschirms mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen durchgeführt werden. Wenn beispielsweise ein auf dem Anzeigeabschnitt 9001 angezeigtes Icon berührt wird, kann eine Applikation gestartet werden.

[0530] **Fig.** 27B ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9101. Das tragbare Informationsendgerät 9101 dient beispielsweise als ein oder mehrere Gerät/e von einem Telefonapparat, einem Laptop und einem Informationssuchsystem. Insbesondere kann das tragbare Informationsendgerät als Smartphone verwendet werden. Es sei angemerkt, dass der Lautsprecher 9003, der Verbindungsanschluss 9006, der Sensor 9007 und dergleichen, die in **Fig.** 27B nicht gezeigt werden, in dem tragbaren Informationsendgerät 9101 wie in dem tragbaren Informationsendgerät 9100, das in **Fig.** 27A gezeigt wird, ange-

ordnet sein können. Das tragbare Informationsendgerät 9101 kann Schriftzeichen und Bildinformationen auf seiner Vielzahl von Oberflächen anzeigen. Beispielsweise können drei Bedienungsknöpfe 9050 (auch als Bedienungsicons oder einfach als Icons bezeichnet) auf einer Oberfläche des Anzeigeabschnitts 9001 angezeigt werden. Außerdem können Informationen 9051, die durch gestrichelte Rechtecke dargestellt werden, auf einer anderen Oberfläche des Anzeigeabschnitts 9001 angezeigt werden. Beispiele für die Informationen 9051 umfassen eine Anzeige, die auf die Ankunft einer eingehenden E-Mail, einer Mitteilung von einem sozialen Netzwerk (social networking service, SNS), eines Anrufs und dergleichen hinweist, den Betreff und Absender einer E-Mail und einer SNS-Mitteilung, das Datum, die Zeit, die verbleibende Batterieleistung und die Stärke eines Empfangssignals einer Antenne. Anstelle der Informationen 9051 können die Bedienungsknöpfe 9050 oder dergleichen an der Stelle, an der die Informationen 9051 angezeigt werden, angezeigt werden.

[0531] Fig. 27C ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9102. Das tragbare Informationsendgerät 9102 weist eine Funktion zum Anzeigen von Informationen auf drei oder mehr Oberflächen des Anzeigeabschnitts 9001 auf. Hier werden Informationen 9052, Informationen 9053 und Informationen 9054 auf unterschiedlichen Oberflächen angezeigt. Beispielsweise kann ein Benutzer des tragbaren Informationsendgeräts 9102 die Anzeige (hier die Informationen 9053) ansehen, wobei das tragbare Informationsendgerät 9102 in einer Brusttasche eines Kleidungsstücks platziert ist. Insbesondere kann die Telefonnummer, der Name oder dergleichen eines Anrufers an einer Stelle angezeigt werden, die von oberhalb des tragbaren Informationsendgeräts 9102 aus eingesehen werden kann. Daher kann der Benutzer die Anzeige ansehen, ohne dabei das tragbare Informationsendgerät 9102 aus der Tasche herausnehmen zu müssen, und entscheiden, ob er den Anruf annehmen möchte.

[0532] Fig. 27D ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9200 in Form einer Armbanduhr. Das tragbare Informationsendgerät 9200 kann verschiedene Applikationen, wie z. B. Mobiltelefongespräche, E-Mails verschicken und empfangen, Texte anzeigen und bearbeiten, Musik wiedergeben, Internet-Kommunikation und Computerspiele, ausführen. Die Anzeigeoberfläche des Anzeigeabschnitts 9001 ist gekrümmt, und Bilder können auf der gekrümmten Anzeigeoberfläche angezeigt werden. Das tragbare Informationsendgerät 9200 kann die Nahbereichskommunikation entsprechend einem bestehenden Kommunikationsstandard verwenden. Zum Beispiel kann in diesem Fall eine gegenseitige Kommunikation zwischen dem tragbaren Informationsendgerät 9200 und einem Headset durchgeführt werden, das zur drahtlosen Kommunikation geeignet ist, wodurch ein freihändiges Telefongespräch ermöglicht wird. Das tragbare Informationsendgerät 9200 umfasst den Verbindungsanschluss 9006, und Daten können über ein Verbindungselement direkt zu/von einem anderen Informationsendgerät gesendet und empfangen werden. Ein Aufladen mit Strom durch den Verbindungsanschluss 9006 ist möglich. Es sei angemerkt, dass der Ladevorgang ohne den Verbindungsanschluss 9006 durch drahtlose Stromzufuhr durchgeführt werden kann.

[0533] Fig. 27E, **Fig.** 27F und **Fig.** 27G sind perspektivische Ansichten eines zusammenklappbaren, tragbaren Informationsendgeräts 9201. **Fig.** 27E ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9201, das geöffnet ist, darstellt. **Fig.** 27F ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9201, das geöffnet oder zusammengeklappt wird, darstellt. **Fig.** 27G ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9201, das zusammengeklappt ist, darstellt. Das tragbare Informationsendgerät 9201 ist sehr gut tragbar, wenn es zusammengeklappt ist. Wenn das tragbare Informationsendgerät 9201 geöffnet ist, ist ein nahtloser großer Anzeigebereich gut durchsuchbar. Der Anzeigeabschnitt 9001 des tragbaren Informationsendgeräts 9201 wird von drei Gehäusen 9000 getragen, die durch Gelenke 9055 miteinander verbunden sind. Indem das tragbare Informationsendgerät 9201 an einer Verbindungsstelle zwischen zwei Gehäusen 9000 an den Gelenken 9055 zusammengeklappt wird, kann die Form des tragbaren Informationsendgeräts 9201 reversibel von dem geöffneten Zustand zu dem zusammengeklappten Zustand geändert werden. Beispielsweise kann das tragbare Informationsendgerät 9201 mit einem Krümmungsradius von größer als oder gleich 1 mm und kleiner als oder gleich 150 mm gebogen werden.

[0534] Beispiele für elektronische Geräte umfassen ein Fernsehgerät (auch als Fernseher oder Fernsehempfänger bezeichnet), einen Monitor für einen Computer oder dergleichen, eine Kamera, wie z. B. eine Digitalkamera und eine digitale Videokamera, einen digitalen Fotorahmen, ein Mobiltelefon (auch als Handy oder tragbares Telefongerät bezeichnet), eine Videobrille (eine am Kopf tragbare Anzeige), eine tragbare Spielekonsole, ein tragbares Informationsendgerät, ein Audiowiedergabegerät und einen großen Spielautomaten, wie z. B. einen Pachinko-Automaten.

[0535] Fig. 28A stellt ein Beispiel für ein Fernsehgerät dar. Bei dem Fernsehgerät 9300 ist der Anzeigeabschnitt 9001 in dem Gehäuse 9000 eingebaut. Hier wird das Gehäuse 9000 von einem Fuß 9301 getragen.

[0536] Das Fernsehgerät 9300, das in **Fig.** 28A dargestellt wird, kann mittels eines Betriebsschalters des Gehäuses 9000 oder mittels einer separaten Fernbedienung 9311 bedient werden. Der Anzeigeabschnitt 9001 kann einen Berührungssensor umfassen. Das Fernsehgerät 9300 kann durch Berührung des Anzeigeabschnitts 9001 mit einem Finger oder dergleichen bedient werden. Die Fernbedienung 9311 kann mit einem Anzeigeabschnitt zum Anzeigen von Daten, die von der Fernbedienung 9311 ausgegeben werden, bereitgestellt sein. Durch Bedienungstasten oder einen Touchscreen der Fernbedienung 9311 können die Fernsehsender und die Lautstärke gesteuert werden, und Bilder, die auf dem Anzeigeabschnitt 9001 angezeigt werden, können gesteuert werden.

[0537] Das Fernsehgerät 9300 wird mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen ausgestattet. Unter Verwendung des Empfängers kann allgemeiner Fernsehrundfunk empfangen werden. Wenn das Fernsehgerät via Modem drahtlos oder nicht drahtlos mit einem Kommunikationsnetzwerk verbunden ist, kann eine unidirektionale (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine bidirektionale (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Datenkommunikation durchgeführt werden.

[0538] Das elektronische Gerät oder die Beleuchtungsvorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist Flexibilität auf und kann deshalb entlang einer gekrümmten Innen-/Außenwandfläche eines Hauses oder eines Gebäudes oder entlang einer gekrümmten Innen-/Außenfläche eines Autos integriert werden.

[0539] **Fig.** 28B ist eine Außenansicht eines Fahrzeugs 9700. **Fig.** 28C stellt einen Fahrersitz des Fahrzeugs 9700 dar. Das Fahrzeug 9700 umfasst eine Karosserie 9701, Räder 9702, ein Armaturenbrett 9703, Scheinwerfer 9704 und dergleichen. Die Anzeigevorrichtung, die Licht emittierende Vorrichtung oder dergleichen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann in einem Anzeigeabschnitt oder dergleichen des Fahrzeugs 9700 verwendet werden. Beispielsweise kann die Anzeigevorrichtung, die Licht emittierende Vorrichtung oder dergleichen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Anzeigeabschnitten 9710 bis 9715, die in **Fig.** 28C dargestellt werden, verwendet werden.

[0540] Der Anzeigeabschnitt 9710 und der Anzeigeabschnitt 9711 sind jeweils eine Anzeigevorrichtung, die in der Autowindschutzscheibe bereitgestellt ist. Die Anzeigevorrichtung, die Licht emittierende Vorrichtung oder dergleichen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine durchsichtige Anzeigevorrichtung sein, durch die die gegenüberliegende Seite gesehen werden kann, indem ein lichtdurchlässiges leitendes Material für ihre Elektroden und Leitungen verwendet wird. Ein derartiger durchsichtiger Anzeigeabschnitt 9710 oder 9711 behindert nicht die Sicht des Fahrers während des Fahrens des Fahrzeugs 9700. Demzufolge kann die Anzeigevorrichtung, die Licht emittierende Vorrichtung oder dergleichen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in der Windschutzscheibe des Fahrzeugs 9700 bereitgestellt werden. Es sei angemerkt, dass dann, wenn ein Transistor oder dergleichen zum Betreiben der Anzeigevorrichtung, der Licht emittierenden Vorrichtung oder dergleichen bereitgestellt wird, ein Transistor mit einer Lichtdurchlässigkeitseigenschaft, wie z. B. ein organischer Transistor, bei dem ein organisches Halbleitermaterial verwendet wird, oder ein Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter verwendet wird, vorzugsweise verwendet wird.

[0541] Der Anzeigeabschnitt 9712 ist eine Anzeigevorrichtung, die an einem Säulenabschnitt bereitgestellt ist. Beispielsweise wird ein Bild, das von einer Bilderfassungseinheit, die in der Karosserie bereitgestellt ist, aufgenommen wird, auf dem Anzeigeabschnitt 9712 angezeigt, wodurch die Sicht, die von dem Säulenabschnitt behindert wird, kompensiert werden kann. Der Anzeigeabschnitt 9713 ist eine Anzeigevorrichtung, die auf dem Armaturenbrett bereitgestellt ist. Beispielsweise wird ein Bild, das von einer Bilderfassungseinheit, die in der Karosserie bereitgestellt ist, aufgenommen wird, auf dem Anzeigeabschnitt 9713 angezeigt, wodurch die Sicht, die von dem Armaturenbrett behindert wird, kompensiert werden kann. Das heißt, dass tote Winkel beseitigt werden können und die Sicherheit erhöht werden kann, indem ein Bild, das von einer Bilderfassungseinheit aufgenommen wird, die an der Außenseite des Fahrzeugs bereitgestellt ist, angezeigt wird. Indem ein Bild angezeigt wird, um einen Bereich zu kompensieren, den ein Fahrer nicht einsehen kann, kann der Fahrer leicht und komfortabel die Sicherheit überprüfen.

[0542] **Fig.** 28D stellt das Innere eines Autos dar, in dem Sitzbänke als Fahrersitz und Beifahrersitz verwendet werden. Ein Anzeigeabschnitt 9721 ist eine Anzeigevorrichtung, die in einem Türabschnitt bereitgestellt ist. Beispielsweise wird ein Bild, das von einer Bilderfassungseinheit, die in der Karosserie bereitgestellt ist, aufgenommen wird, auf dem Anzeigeabschnitt 9721 angezeigt, wodurch die Sicht, die von der Tür behindert wird, kompensiert werden kann. Ein Anzeigeabschnitt 9722 ist eine Anzeigevorrichtung, die in einem Lenkrad bereitgestellt ist. Ein Anzeigeabschnitt 9723 ist eine Anzeigevorrichtung, die in der Mitte einer Auflagefläche der Sitzbank bereitgestellt ist. Es sei angemerkt, dass die Anzeigevorrichtung als Sitzwärmer verwendet wer-

den kann, indem die Anzeigevorrichtung auf der Auflagefläche oder dem Rückenpolster bereitgestellt wird und indem die Wärmeerzeugung der Anzeigevorrichtung als Wärmequelle verwendet wird.

[0543] Der Anzeigeabschnitt 9714, der Anzeigeabschnitt 9715 und der Anzeigeabschnitt 9722 können eine Vielzahl von Arten von Informationen bereitstellen, wie z. B. Navigationsdaten, einen Geschwindigkeitsmesser, ein Tachometer, eine Kilometeranzeige, eine Tankanzeige, eine Schaltpunktanzeige und die Einstellung der Klimaanlage. Der Inhalt, das Layout oder dergleichen der Anzeige auf den Anzeigeabschnitten kann von einem Benutzer nach Bedarf frei verändert werden. Die Informationen, die vorstehend aufgeführt worden sind, können auch auf den Anzeigeabschnitten 9710 bis 9713, 9721 und 9723 angezeigt werden. Die Anzeigeabschnitte 9710 bis 9715 und 9721 bis 9723 können auch als Beleuchtungsvorrichtungen verwendet werden. Die Anzeigeabschnitte 9710 bis 9715 und 9721 bis 9723 können auch als Heizgeräte verwendet werden.

[0544] Des Weiteren kann das elektronische Gerät einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Sekundärbatterie umfassen. Vorzugsweise kann die Sekundärbatterie durch kontaktlose Energieübertragung aufgeladen werden.

[0545] Beispiele für die Sekundärbatterie umfassen eine Lithium-Ionen-Sekundärbatterie, wie z. B. eine Lithium-Polymer-Batterie (Lithium-Ionen-Polymer-Batterie) unter Verwendung eines Gel-Elektrolyts, eine Lithium-Ionen-Batterie, eine Nickel-Hydrid-Batterie, eine Nickel-Cadmium-Batterie, eine organische Radikalbatterie, eine Blei-Säure-Batterie, eine Luftsekundärbatterie, eine Nickel-Zink-Batterie und eine Silber-Zink-Batterie.

[0546] Das elektronische Gerät einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Antenne umfassen. Wenn ein Signal von der Antenne empfangen wird, kann das elektronische Gerät ein Bild, Daten oder dergleichen auf einem Anzeigeabschnitt anzeigen. Wenn das elektronische Gerät eine Sekundärbatterie umfasst, kann die Antenne für kontaktlose Energieübertragung verwendet werden.

[0547] Eine Anzeigevorrichtung 9500, die in **Fig.** 29A und **Fig.** 29B dargestellt wird, umfasst eine Vielzahl von Anzeigefeldern 9501, ein Gelenk 9511 und eine Halterung 9512. Die Vielzahl von Anzeigefeldern 9501 umfasst jeweils einen Anzeigebereich 9502 und einen lichtdurchlässigen Bereich 9503.

[0548] Jedes der Vielzahl von Anzeigefeldern 9501 ist flexibel. Zwei benachbarte Anzeigefelder 9501 werden derart bereitgestellt, dass sie teilweise einander überlappen. Beispielsweise können die lichtdurchlässigen Bereiche 9503 der zwei benachbarten Anzeigefelder 9501 einander überlappen. Eine Anzeigevorrichtung mit einem großen Bildschirm kann mit der Vielzahl von Anzeigefeldern 9501 erhalten werden. Die Anzeigevorrichtung ist sehr vielseitig, da die Anzeigefelder 9501 je nach ihrem Verwendungszweck gewickelt werden können.

[0549] Obwohl die Anzeigebereiche 9502 der benachbarten Anzeigefelder 9501 in **Fig.** 29A und **Fig.** 29B voneinander getrennt sind, können die Anzeigebereiche 9502 der benachbarten Anzeigefelder 9501, ohne auf diese Struktur beschränkt zu sein, ferner beispielsweise einander ohne Zwischenraum überlappen, so dass ein kontinuierlicher Anzeigebereich 9502 erhalten wird.

[0550] Die elektronischen Geräte, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind, umfassen jeweils den Anzeigeabschnitt zum Anzeigen gewisser Arten von Daten. Es sei angemerkt, dass das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch für ein elektronisches Gerät verwendet werden kann, das keinen Anzeigeabschnitt aufweist. Die Struktur, bei der der Anzeigeabschnitt des elektronischen Geräts, das bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, flexibel ist und bei der eine Anzeige auf der gekrümmten Anzeigeoberfläche durchgeführt werden kann, oder die Struktur, bei der der Anzeigeabschnitt des elektronischen Geräts zusammenklappbar ist, wird beispielhaft beschrieben; jedoch ist die Struktur nicht darauf beschränkt, und eine Struktur, bei der der Anzeigeabschnitt des elektronischen Geräts nicht flexibel ist und eine Anzeige auf einem ebenen Abschnitt durchgeführt wird, kann zum Einsatz kommen.

[0551] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

(Ausführungsform 11)

[0552] Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Vorrichtung mit dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von **Fig.** 30A bis **Fig.** 30C und **Fig.** 31A bis **Fig.** 31D beschrieben.

[0553] **Fig.** 30A ist eine perspektivische Ansicht einer Licht emittierenden Vorrichtung 3000, die bei dieser Ausführungsform gezeigt wird, und **Fig.** 30B ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie E-F in **Fig.** 30A. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 30A einige Komponenten durch gestrichelte Linien dargestellt werden, um eine Verkomplizierung der Zeichnung zu vermeiden.

[0554] Die Licht emittierende Vorrichtung 3000, die in **Fig.** 30A und **Fig.** 30B dargestellt wird, umfasst ein Substrat 3001, ein Licht emittierendes Element 3005 über dem Substrat 3001, einen ersten Dichtungsbereich 3007, der um das Licht emittierende Element 3005 herum bereitgestellt ist, und einen zweiten Dichtungsbereich 3009, der um den ersten Dichtungsbereich 3007 herum bereitgestellt ist.

[0555] Licht wird von dem Licht emittierenden Element 3005 über das Substrat 3001 und/oder ein Substrat 3003 emittiert. In **Fig.** 30A und **Fig.** 30B wird eine Struktur, bei der Licht von dem Licht emittierenden Element 3005 zu der unteren Seite (der Seite des Substrats 3001) hin emittiert wird, dargestellt.

[0556] Wie in **Fig.** 30A und **Fig.** 30B dargestellt, weist die Licht emittierende Vorrichtung 3000 eine doppelte Dichtungsstruktur auf, bei der das Licht emittierende Element 3005 von dem ersten Dichtungsbereich 3007 und dem zweiten Dichtungsbereich 3009 umschlossen ist. Mit der doppelten Dichtungsstruktur kann der Eintritt von Verunreinigungen (z. B. Wasser, Sauerstoff und dergleichen) von außen in das Licht emittierende Element 3005 auf vorteilhafte Weise unterdrückt werden. Es sei angemerkt, dass es unnötig ist, sowohl den ersten Dichtungsbereich 3007 als auch den zweiten Dichtungsbereich 3009 bereitzustellen. Beispielsweise kann lediglich der erste Dichtungsbereich 3007 bereitgestellt werden.

[0557] Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 30B der erste Dichtungsbereich 3007 und der zweite Dichtungsbereich 3009 jeweils in Kontakt mit dem Substrat 3001 und dem Substrat 3003 bereitgestellt werden. Jedoch kann/-können ohne Beschränkung auf eine derartige Struktur beispielsweise der erste Dichtungsbereich 3007 und/oder der zweite Dichtungsbereich 3009 in Kontakt mit einem isolierenden Film oder einem leitenden Film bereitgestellt sein, der auf dem Substrat 3001 bereitgestellt wird. Alternativ kann/können der erste Dichtungsbereich 3007 und/oder der zweite Dichtungsbereich 3009 in Kontakt mit einem isolierenden Film oder einem leitenden Film bereitgestellt sein, der auf dem Substrat 3003 bereitgestellt wird.

[0558] Das Substrat 3001 und das Substrat 3003 können Strukturen aufweisen, die jeweils denjenigen des Substrats 200 und des Substrats 220 ähnlich sind, die bei der vorstehenden Ausführungsform beschrieben worden sind. Das Licht emittierende Element 3005 kann eine Struktur aufweisen, die derjenigen eines beliebigen der Licht emittierenden Elemente ähnlich ist, die bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind.

[0559] Für den ersten Dichtungsbereich 3007 kann ein Material, das Glas enthält (z. B. eine Glasfritte, ein Glasband und dergleichen), verwendet werden. Für den zweiten Dichtungsbereich 3009 kann ein Material, das ein Harz enthält, verwendet werden. Durch Verwendung des Materials, das Glas enthält, für den ersten Dichtungsbereich 3007 können die Produktivität und das Abdichtungsvermögen verbessert werden. Darüber hinaus können durch Verwendung des Materials, das ein Harz enthält, für den zweiten Dichtungsbereich 3009 die Stoßfestigkeit und die Wärmebeständigkeit verbessert werden. Jedoch sind die Materialien, die für den ersten Dichtungsbereich 3007 und den zweiten Dichtungsbereich 3009 verwendet werden, nicht auf derartige beschränkt, und der erste Dichtungsbereich 3007 kann unter Verwendung des Materials, das ein Harz enthält, ausgebildet werden und der zweite Dichtungsbereich 3009 kann unter Verwendung des Materials, das Glas enthält, ausgebildet werden.

[0560] Die Glasfritte kann beispielsweise Magnesiumoxid, Calciumoxid, Strontiumoxid, Bariumoxid, Cäsiumoxid, Natriumoxid, Kaliumoxid, Boroxid, Vanadiumoxid, Zinkoxid, Telluroxid, Aluminiumoxid, Siliziumdioxid, Bleioxid, Zinnoxid, Phosphoroxid, Rutheniumoxid, Rhodiumoxid, Eisenoxid, Kupferoxid, Mangandioxid, Molybdänoxid, Nioboxid, Titanoxid, Wolframoxid, Bismutoxid, Zirconiumoxid, Lithiumoxid, Antimonoxid, Bleiboratglas, Zinnphosphatglas, Vanadatglas oder Borosilicatglas enthalten. Die Glasfritte enthält vorzugsweise mindestens eine Art von Übergangsmetall, um Infrarotlicht zu absorbieren.

[0561] Für die vorstehenden Glasfritten wird beispielsweise eine Frittenpaste auf ein Substrat aufgetragen und einer Wärmebehandlung, einer Laserlichtbestrahlung oder dergleichen ausgesetzt. Die Frittenpaste enthält die Glasfritte und ein Harz (auch als Bindemittel bezeichnet), das durch ein organisches Lösemittel verdünnt worden ist. Es sei angemerkt, dass der Glasfritte ein Absorptionsmittel, das Licht mit der Wellenlänge des Laserlichts absorbiert, hinzugefügt werden kann. Beispielsweise wird vorzugsweise ein Nd:YAG-Laser oder ein Halbleiterlaser als Laser verwendet. Die Form des Laserlichts kann kreisförmig oder quadratisch sein.

[0562] Für das vorstehende Material, das ein Harz enthält, kann beispielsweise Polyester, Polyolefin, Polyamid (z. B. Nylon, Aramid), Polyimid, Polycarbonat oder ein Acrylharz, Polyurethan oder ein Epoxidharz verwendet werden. Alternativ kann ein Material, das ein Harz mit einer Siloxanbindung enthält, wie z. B. Silikon, verwendet werden.

[0563] Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem das Material, das Glas enthält, für den ersten Dichtungsbereich 3007 und/oder den zweiten Dichtungsbereich 3009 verwendet wird, das Material, das Glas enthält, vorzugsweise einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der nahe an demjenigen des Substrats 3001 liegt. Mit der vorstehenden Struktur kann die Bildung eines Risses in dem Material, das Glas enthält, oder dem Substrat 3001 infolge thermischer Belastung unterdrückt werden.

[0564] Beispielsweise können die folgenden vorteilhaften Effekte in dem Fall erhalten werden, in dem das Material, das Glas enthält, für den ersten Dichtungsbereich 3007 verwendet wird und das Material, das ein Harz enthält, für den zweiten Dichtungsbereich 3009 verwendet wird.

[0565] Der zweite Dichtungsbereich 3009 ist näher an einem Außenabschnitt der Licht emittierenden Vorrichtung 3000 bereitgestellt als der erste Dichtungsbereich 3007. Bei der Licht emittierenden Vorrichtung 3000 erhöht sich die Verformung infolge einer äußeren Krafteinwirkung oder dergleichen in Richtung des Außenabschnitts. Demzufolge wird die Licht emittierende Vorrichtung 3000 unter Verwendung des Materials, das ein Harz enthält, für den Außenabschnitt der Licht emittierenden Vorrichtung 3000 an der Stelle versiegelt, an der ein größeres Ausmaß an Verformung auftritt, das heißt, an dem zweiten Dichtungsbereich 3009, und die Licht emittierende Vorrichtung 3000 wird unter Verwendung des Materials, das Glas enthält, für den ersten Dichtungsbereich 3007, der an einer Innenseite des zweiten Dichtungsbereichs 3009 bereitgestellt wird, versiegelt, wodurch die Licht emittierende Vorrichtung 3000 mit geringerer Wahrscheinlichkeit beschädigt wird, selbst wenn eine Verformung infolge einer äußeren Krafteinwirkung oder dergleichen auftritt.

[0566] Des Weiteren entspricht, wie in **Fig.** 30B dargestellt, ein erster Bereich 3011 dem Bereich, der von dem Substrat 3001, dem Substrat 3003, dem ersten Dichtungsbereich 3007 und dem zweiten Dichtungsbereich 3009 umschlossen ist. Ein zweiter Bereich 3013 entspricht dem Bereich, der von dem Substrat 3001, dem Substrat 3003, dem Licht emittierenden Element 3005 und dem ersten Dichtungsbereich 3007 umschlossen ist.

[0567] Der erste Bereich 3011 und der zweite Bereich 3013 werden vorzugsweise beispielsweise mit einem Inertgas, wie z. B. einem Edelgas oder einem Stickstoffgas, gefüllt. Alternativ werden der erste Bereich 3011 und der zweite Bereich 3013 vorzugsweise mit einem Harz, wie z. B. einem Acrylharz oder einem Epoxidharz, gefüllt. Es sei angemerkt, dass für den ersten Bereich 3011 und den zweiten Bereich 3013 ein Zustand mit verringertem Druck einem Zustand mit atmosphärischem Druck vorzuziehen ist.

[0568] **Fig.** 30C stellt ein Modifikationsbeispiel der Struktur in **Fig.** 30B dar. **Fig.** 30C ist eine Querschnittsansicht, die das Modifikationsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtung 3000 darstellt.

[0569] **Fig.** 30C stellt eine Struktur dar, bei der ein Trockenmittel 3018 in einem vertieften Abschnitt, der in einem Teil des Substrats 3003 bereitgestellt ist, bereitgestellt ist. Die anderen Komponenten gleichen denjenigen der Struktur, die in **Fig.** 30B dargestellt wird.

[0570] Als Trockenmittel 3018 kann eine Substanz, die Feuchtigkeit und dergleichen durch chemische Adsorption adsorbiert, oder eine Substanz, die Feuchtigkeit und dergleichen durch physikalische Adsorption adsorbiert, verwendet werden. Beispiele für die Substanz, die als Trockenmittel 3018 verwendet werden kann, umfassen Alkalimetalloxide, Erdalkalimetalloxide (wie z. B. Calciumoxid, Bariumoxid und dergleichen), Sulfat, Metallhalogenide, Perchlorat, Zeolith, Kieselgel und dergleichen.

[0571] Als Nächstes werden Modifikationsbeispiele der Licht emittierenden Vorrichtung 3000, die in **Fig.** 30B dargestellt wird, anhand von **Fig.** 31A bis **Fig.** 31D beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig.** 31A bis **Fig.** 31D Querschnittsansichten sind, die die Modifikationsbeispiele der Licht emittierenden Vorrichtung 3000, die in **Fig.** 30B dargestellt wird, darstellen.

[0572] Bei jeder der Licht emittierenden Vorrichtungen, die in **Fig.** 31A bis **Fig.** 31D dargestellt werden, ist der zweite Dichtungsbereich 3009 nicht bereitgestellt, sondern nur der erste Dichtungsbereich 3007 ist bereitgestellt. Des Weiteren wird bei jeder der Licht emittierenden Vorrichtungen, die in **Fig.** 31A bis **Fig.** 31D dargestellt werden, ein Bereich 3014 anstelle des zweiten Bereichs 3013, der in **Fig.** 30B dargestellt wird, bereitgestellt.

[0573] Für den Bereich 3014 kann beispielsweise Polyester, Polyolefin, Polyamid (z. B. Nylon, Aramid), Polyimid, Polycarbonat, ein Acrylharz, Polyurethan oder ein Epoxidharz verwendet werden. Alternativ kann ein Material, das ein Harz mit einer Siloxanbindung enthält, wie z. B. Silikon, verwendet werden.

[0574] Wenn das vorstehend beschriebene Material für den Bereich 3014 verwendet wird, kann eine sogenannte Licht emittierende Vorrichtung mit Festabdichtung erhalten werden.

[0575] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31B dargestellt wird, wird ein Substrat 3015 auf der Seite des Substrats 3001 der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31A dargestellt wird, bereitgestellt.

[0576] Das Substrat 3015 weist, wie in **Fig.** 31B dargestellt, eine Unebenheit auf. Mit einer Struktur, bei der das Substrat 3015 mit einer Unebenheit auf der Seite bereitgestellt ist, über die Licht, das von dem Licht emittierenden Element 3005 emittiert wird, entnommen wird, kann die Lichtextraktionseffizienz von dem Licht emittierenden Element 3005 verbessert werden. Es sei angemerkt, dass anstelle der Struktur mit einer Unebenheit, die in **Fig.** 31B dargestellt wird, ein Substrat mit einer Funktion als Diffusionsplatte bereitgestellt werden kann.

[0577] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31C dargestellt wird, wird im Gegensatz zu der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31A dargestellt wird und bei der Licht über die Seite des Substrats 3001 entnommen wird, Licht über die Seite des Substrats 3003 entnommen.

[0578] Die Licht emittierende Vorrichtung, die in **Fig.** 31C dargestellt wird, umfasst das Substrat 3015 auf der Seite des Substrats 3003. Die anderen Komponenten gleichen denjenigen der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31B dargestellt wird.

[0579] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31D dargestellt wird, werden das Substrat 3003 und das Substrat 3015, die in der Licht emittierenden Vorrichtung, die in **Fig.** 31C dargestellt wird, enthalten sind, nicht bereitgestellt, sondern ein Substrat 3016 wird bereitgestellt.

[0580] Das Substrat 3016 umfasst eine erste Unebenheit, die näher an dem Licht emittierenden Element 3005 positioniert ist, und eine zweite Unebenheit, die weiter von dem Licht emittierenden Element 3005 entfernt positioniert ist. Mit der Struktur, die in **Fig.** 31D dargestellt wird, kann die Effizienz der Lichtextraktion von dem Licht emittierenden Element 3005 weiter verbessert werden.

[0581] Demzufolge kann die Verwendung der Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, eine Licht emittierende Vorrichtung bereitstellen, bei der die Verschlechterung eines Licht emittierenden Elements infolge von Verunreinigungen, wie z. B. Feuchtigkeit und Sauerstoff, unterdrückt wird. Alternativ kann mit der Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, eine Licht emittierende Vorrichtung mit einer hohen Lichtextraktionseffizienz erhalten werden.

[0582] Es sei angemerkt, dass die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, in geeigneter Weise mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden.

(Ausführungsform 12)

[0583] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele, in denen das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für verschiedene Beleuchtungsvorrichtungen und elektronische Geräte verwendet wird, anhand von **Fig.** 32A bis **Fig.** 32C und **Fig.** 33 beschrieben.

[0584] Ein elektronisches Gerät oder eine Beleuchtungsvorrichtung, das/die einen Licht emittierenden Bereich mit einer gekrümmten Oberfläche aufweist, kann unter Verwendung des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden, das über einem Substrat mit Flexibilität hergestellt wird.

[0585] Des Weiteren kann eine Licht emittierende Vorrichtung, auf die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewandt wird, auch auf eine Beleuchtung für Fahrzeuge angewandt werden; Beispiele dafür sind eine Beleuchtung für ein Armaturenbrett, eine Windschutzscheibe, eine Fahrzeugdecke und dergleichen.

[0586] **Fig.** 32A ist eine perspektivische Ansicht, die eine Oberfläche eines Multifunktionsanschlusses 3500 darstellt, und **Fig.** 32B ist eine perspektivische Ansicht, die die andere Oberfläche des Multifunktionsanschlusses 3500 darstellt. In einem Gehäuse 3502 des Multifunktionsanschlusses 3500 sind ein Anzeigeabschnitt 3504, eine Kamera 3506, eine Beleuchtung 3508 und dergleichen eingebaut. Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für die Beleuchtung 3508 verwendet werden.

[0587] Die Beleuchtung 3508, die die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst, dient als planare Lichtquelle. Demzufolge kann die Beleuchtung 3508 im Gegensatz zu einer Punktlichtquelle, für die eine LED ein typisches Beispiel ist, eine Lichtemission mit niedriger Richtwirkung bereitstellen. Wenn die Beleuchtung 3508 und die Kamera 3506 beispielsweise in Kombination verwendet werden, kann eine Bilderfassung durch die Kamera 3506 mit der Beleuchtung 3508 durchgeführt werden, die aufleuchtet oder blitzt. Da die Beleuchtung 3508 als planare Lichtquelle dient, kann ein Foto genauso aufgenommen werden wie unter natürlichem Licht.

[0588] Es sei angemerkt, dass der Multifunktionsanschluss 3500, der in **Fig.** 32A und **Fig.** 32B dargestellt wird, wie bei den elektronischen Geräten, die in **Fig.** 27A bis **Fig.** 27G dargestellt werden, eine Vielzahl von Funktionen aufweisen kann.

[0589] Das Gehäuse 3502 kann einen Lautsprecher, einen Sensor (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemischer Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrischem Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussrate, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahlen), ein Mikrofon und dergleichen umfassen. Wenn eine Erfassungsvorrichtung, die einen Sensor, wie ein Gyroskop oder einen Beschleunigungssensor zum Erfassen der Neigung umfasst, innerhalb des Multifunktionsanschlusses 3500 bereitgestellt ist, kann die Anzeige auf dem Bildschirm des Anzeigeabschnitts 3504 automatisch durch Bestimmung der Ausrichtung des Multifunktionsanschlusses 3500 (ob der Multifunktionsanschlusses horizontal oder vertikal zu einem Querformat oder Hochformat angeordnet ist) geändert werden.

[0590] Der Anzeigeabschnitt 3504 kann als Bildsensor dienen. Zum Beispiel wird ein Bild eines Handabdrucks, eines Fingerabdrucks oder dergleichen durch Berührung des Anzeigeabschnitts 3504 mit der Handfläche oder dem Finger aufgenommen, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt werden kann. Ferner kann, indem eine Hintergrundbeleuchtung oder eine Abtast-Lichtquelle, die Nah-Infrarotlicht emittiert, in dem Anzeigeabschnitt 3504 bereitgestellt ist, ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Anzeigeabschnitt 3504 verwendet werden kann.

[0591] **Fig.** 32C ist eine perspektivische Ansicht eines Sicherheitslichts 3600. Das Sicherheitslicht 3600 umfasst eine Beleuchtung 3608 an der Außenseite des Gehäuses 3602, und ein Lautsprecher 3610 und dergleichen sind in dem Gehäuse 3602 eingebaut. Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für die Beleuchtung 3608 verwendet werden.

[0592] Das Sicherheitslicht 3600 emittiert Licht, wenn die Beleuchtung 3608 beispielsweise gegriffen oder gehalten wird. Eine elektronische Schaltung, die die Art der Lichtemission von dem Sicherheitslicht 3600 steuern kann, kann in dem Gehäuse 3602 bereitgestellt sein. Die elektronische Schaltung kann eine Schaltung sein, die eine Lichtemission einmalig oder periodisch vielzählige Male ermöglicht, oder kann eine Schaltung sein, die die Menge an emittierten Licht anpassen kann, indem sie den Stromwert für die Lichtemission steuert. Eine Schaltung kann eingebaut sein, mit der ein lauter akustischer Alarm von dem Lautsprecher 3610 gleichzeitig mit der Lichtemission von der Beleuchtung 3608 ausgegeben wird.

[0593] Das Sicherheitslicht 3600 kann Licht in verschiedene Richtungen emittieren; demzufolge ist es möglich einen Verbrecher oder dergleichen mit Licht, oder Licht und Lärm, einzuschüchtern. Des Weiteren kann das Sicherheitslicht 3600 eine Kamera enthalten, wie z. B. eine digitale Fotokamera, um eine Fotografie-Funktion aufzuweisen.

[0594] Fig. 33 stellt ein Beispiel dar, in dem ein Licht emittierendes Element für eine Innenraumbeleuchtungsvorrichtung 8501 verwendet wird. Da das Licht emittierende Element eine größere Fläche aufweisen kann, kann auch eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer großen Fläche ausgebildet werden. Zudem kann auch eine Beleuchtungsvorrichtung 8502, bei der ein Licht emittierender Bereich eine gekrümmte Oberfläche aufweist, unter Verwendung eines Gehäuses mit einer gekrümmten Oberfläche ausgebildet werden. Ein Licht emittierendes Element, das bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, weist die Form eines dünnen Films auf, was es ermöglicht, das Gehäuse freier zu gestalten. Folglich kann die Beleuchtungsvorrichtung auf verschiedene Weisen kunstvoll gestaltet werden. Darüber hinaus kann eine Wand des Zimmers mit einer großen Beleuchtungsvorrichtung 8503 versehen sein. Berührungssensoren können in den Beleuchtungsvorrichtungen 8501, 8502 und 8503 angeordnet sein, um das Ein- oder Ausschalten der Beleuchtungsvorrichtungen zu steuern.

[0595] Wenn das Licht emittierende Element für die Oberflächenseite eines Tisches verwendet wird, kann ferner eine Beleuchtungsvorrichtung 8504 mit einer Funktion als Tisch erhalten werden. Wenn das Licht emittierende Element als Teil eines anderen Möbelstücks verwendet wird, kann eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Funktion als betreffendes Möbelstück erhalten werden.

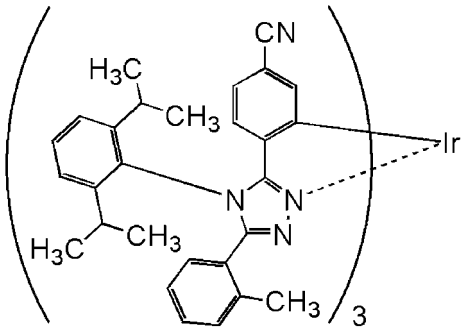
[0596] Wie vorstehend beschrieben worden ist, können Beleuchtungsvorrichtungen und elektronische Geräte unter Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung für Beleuchtungsvorrichtungen und elektronische Geräte auf verschiedenen Gebieten verwendet werden kann, ohne dabei auf die Beleuchtungsvorrichtungen und die elektronischen Geräte beschränkt zu sein, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind.

[0597] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann gegebenenfalls in Kombination mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Referenzbeispiel 1]

<Synthesebeispiel 1>

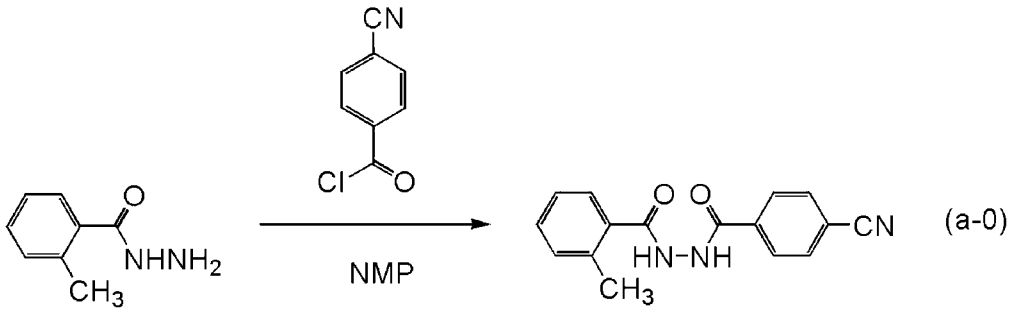
[0598] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von (OC-6-22)-Tris{5-cyano-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2, 4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (108) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von N-4-Cyanobenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid>>

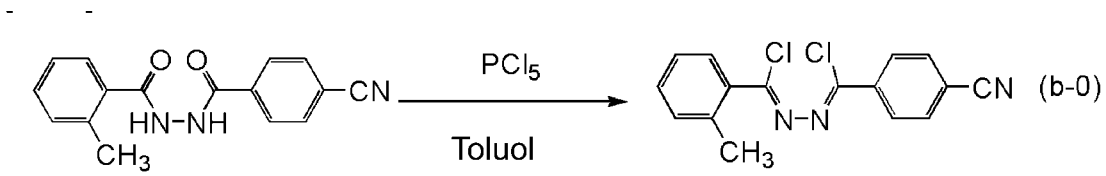
[0599] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 13 g (89 mmol) o-Toluylhydrazid und 60 ml N-Methyl-2-pyrrolidinon (NMP) gegeben, und das Gemisch wurde unter einem Stickstoffstrom gerührt, während es mit Eis gekühlt wurde. Zu dieser gemischten Lösung wurde langsam und tropfenweise eine gemischte Lösung aus 15 g (91 mmol) 4-Cyanobenzoylchlorid und 30 ml NMP gegeben, und das Gemisch wurde 16 Stunden lang gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 500 ml Wasser gegeben, so dass ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefällte Feststoff wurde auf derartige Weise gewaschen, dass eine Ultraschallreinigung unter Verwendung von 1M Chlorwasserstoffsäure und eine Ultraschallreinigung unter Verwendung von Wasser zweimal alternierend (insgesamt viermal) durchgeführt wurden. Dann wurde eine Ultraschallreinigung unter Verwendung von Ethanol durchgeführt, wodurch 20 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 82 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (nuclear magnetic resonance, NMR-) Spektroskopie als N-4-Cyanobenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-0) gezeigt.



<<Schritt 2: Synthese von N-Chlor-4-cyanophenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon >>

[0600] In einen 1000 ml Dreihalskolben wurden 20 g (73 mmol) N-4-Cyanobenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, und 500 ml Toluol gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 50 g (240 mmol) Phosphorpentachlorid gegeben, und das Gemisch wurde 7 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 120 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 300 ml Wasser gegeben, und das Gemisch wurde 30 Minuten lang bei Raumtemperatur gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Ein Gemisch, das durch Kombinieren der erhaltenen Lösung des Extrakts und der organischen Schicht erhalten wurde, wurde langsam zu 400 ml einer 1M wässrigen Lösung von Kaliumhydroxid gegeben, und das Gemisch wurde bei Raumtemperatur 30 Minuten lang gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogencarbonat und dann mit gesättigter Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde

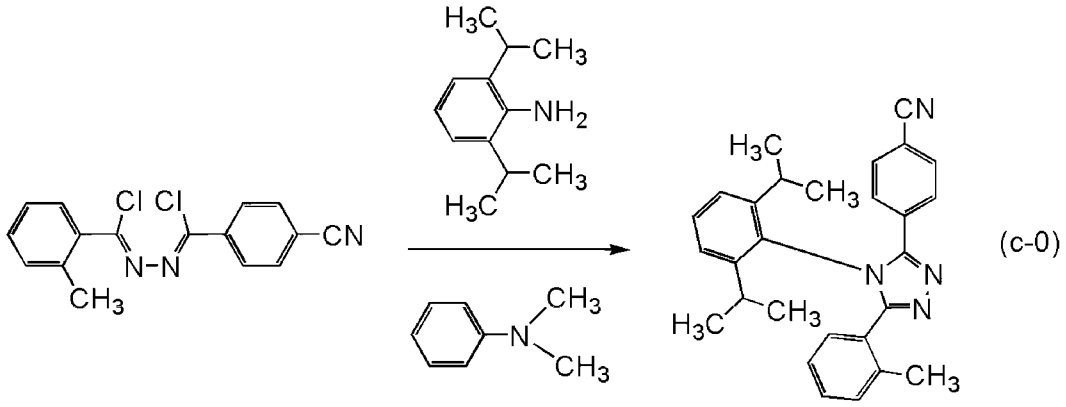
konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde Toluol verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Hexan wurde zu dem erhaltenen Feststoff gegeben, und eine Bestrahlung mit Ultraschallwellen wurde durchgeführt. Ein Feststoff wurde durch Saugfiltration gesammelt, um 17 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 72 % zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-Chlor-4-cyanophenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-0) gezeigt.



(b-0)

<<Schritt 3: Synthese von 5-(4-Cyanophenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazo l (Abkürzung: HmpCNptz-diPrp)>>

[0601] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 4,7 g (16 mmol) N-Chlor-4-cyanophenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, 17 g (95 mmol) 2,6-Diisopropylanilin und 100 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde 8 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 300 ml 1M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde 1 Stunde lang ein Rühren durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Ethylacetat unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogencarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Ethylacetat wurde zu dem erhaltenen Feststoff gegeben, und das Gemisch wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und dann einer Saugfiltration unterzogen, um 4,7 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 35 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 5-(4-Cyanophenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazo l (Abkürzung: HmpCNptz-diPrp) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-0) gezeigt.

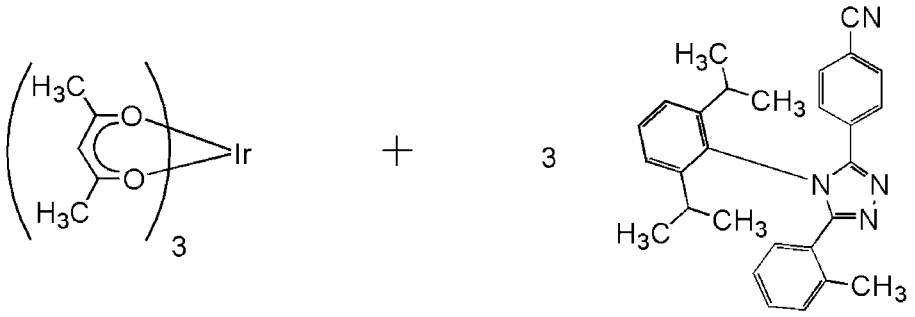


(c-0)

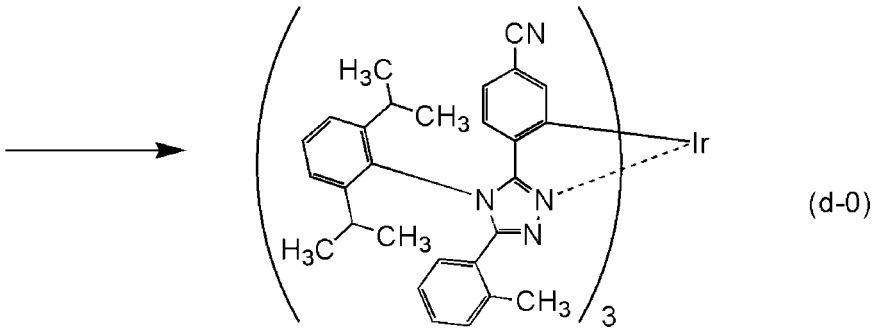
HmpCNptz-diPrp

<<Schritt 4: Synthese von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$>>

[0602] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 4,7 g (11 mmol) HmpCNptz-diPrp, das in dem Schritt 3 synthetisiert worden war, und 1,1 g (2,2 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 40 Stunden lang unter einem Argonstrom bei 250 °C gerührt. Das erhaltene Reaktionsgemisch wurde zu Dichlormethan gegeben, und das Gemisch wurde einer Filtration unterzogen, um einen unlöslichen Bestandteil zu entfernen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Hexan in einem Verhältnis von 4 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde als Gemisch aus einem facialen Isomer und einem meridionalen Isomer identifiziert. Das Isomerverhältnis von dem facialen Isomer zu dem meridionalen Isomer war 2 : 3, gemessen durch ^{1}H-NMR. Für eine Isomertrennung wurde noch einmal eine Reinigung durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie durchgeführt. Als Laufmittel wurde zuerst ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Hexan in einem Verhältnis von 1 : 1 und dann ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Hexan in einem Verhältnis von 4 : 1 verwendet. Nachdem das Verschwinden einer Fraktion des meridionalen Isomers durch eine Kieselgel-Dünnschichtchromatographie (thin layer chromatography, TLC) bestätigt worden war, wurde das Laufmittel zu Dichlormethan geändert. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 0,31 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 10 % erhalten wurden. Anschließend wurden 0,30 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 320 °C bei einer Argonflussrate von 5,0 ml/min unter einem Druck von 2,6 Pa 24 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,21 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 70 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 4 wird nachstehend bei (d-0) gezeigt.



HmpCNptz-diPrp



(d-0)

fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

[0603] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 4 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-

Diagramm wird in **Fig.** 34 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$, welches der metallorganische Komplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, der durch die Strukturformel (108) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 1 erhalten wurde.

[0604] ^{1}H-NMR δ (CD_2Cl_2): 0,72-0,79 (m, 27H), 0,96 (d, 9H), 2,11-2,17 (m, 3H), 2,25 (s, 9H), 2,64-2,69 (m, 3H), 6,23 (d, 3H), 6,80 (d, 3H), 6,87-6,91 (m, 6H), 7,05 (s, 3H), 7,18-7,29 (m, 12H), 7,53 (t, 3H).

<Eigenschaften von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$>

[0605] Als Nächstes wurde ein UV-VIS-Absorptionsspektrum (im Folgenden einfach als „Absorptionsspektrum“ bezeichnet) und ein Emissionsspektrum einer Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/l) von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ gemessen. Das Absorptionsspektrum wurde bei Raumtemperatur unter Verwendung eines UV-VIS-Spektrophotometers (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) in einem Zustand gemessen, in dem die Dichlormethanlösung in eine Quarzzelle gegeben wurde. Das Emissionsspektrum wurde bei Raumtemperatur auf eine derartige Weise gemessen, dass ein absolutes PL-Quantenausbeute-Messsystem (C11347-01, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) verwendet wurde und die desoxidierte Dichlormethanlösung in einer Quarzzelle in einer Stickstoffatmosphäre in einem Handschuhkasten (LABstar M13 (1250/780), hergestellt von Bright Co., Ltd.) versiegelt wurde. **Fig.** 35 zeigt die Messergebnisse des Absorptionsspektrums und des Emissionsspektrums. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 35 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[0606] Wie in **Fig.** 35 gezeigt, wurde eine grüne Lichtemission mit Emissionspeaks bei 513 nm und 550 nm von der Dichlormethanlösung von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ beobachtet.

[0607] Als Nächstes wurde fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (liquid chromatography mass spectrometry, LC/MS) unterzogen.

[0608] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 μm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde auf eine derartige Weise hergestellt, dass fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 μl.

[0609] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 85 : 15 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0610] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1450,63, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit- (time-of-flight, TOF-) MS werden in **Fig.** 36 gezeigt.

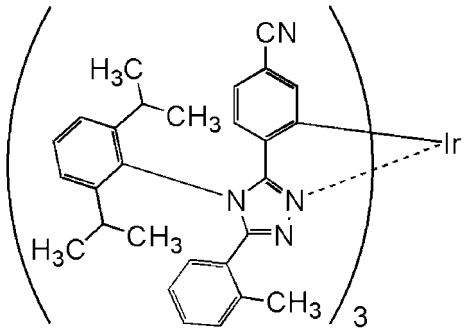
[0611] **Fig.** 36 zeigt, dass die Produktionen von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 1031 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 36 zeigen Eigenschaften, die von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0612] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 1031 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand HmpCNptz-diPrp von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ eliminiert worden ist, und dies ist eine Eigenschaft von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$.

[Referenzbeispiel 2]

<Synthesebeispiel 2>

[0613] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von (OC-6-21)-Tris{5-cyano-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2, 4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, der durch die Strukturformel (108) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

<<Synthese von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$>>

[0614] Das Gemisch aus dem facialen Isomer und dem meridionalen Isomer, das durch das Verfahren, das bei dem Synthesebeispiel 1 in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, synthetisiert worden war, wurde mittels Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Hexan in einem Verhältnis von 1 : 1 und dann ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Hexan in einem Verhältnis von 4 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 0,38 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 12 % zu erhalten. Anschließend wurden 0,37 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 305 °C bei einer Argonflussrate von 5,0 ml/min unter einem Druck von 2,6 Pa 42 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,25 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 68 % erhalten.

[0615] Die Protonen (^{1}H) des in dem vorstehenden Schritt erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 37 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$, welches der metallorganische Komplex zur Verwendung in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, der durch die Strukturformel (108) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 2 erhalten wurde.

[0616] ^{1}H-NMR δ (CD_2Cl_2): 0,40 (d, 3H), 0,63 (t, 6H), 0,72 (d, 3H), 0,92-1,01 (m, 21H), 1,07 (d, 3H), 2,14-2,19 (m, 1H), 2,29 (s, 3H), 2,38-2,54 (m, 9H), 2,60-2,66 (m, 2H), 6,16-6,25 (m, 3H), 6,77-6,86 (m, 5H), 6,92-6,99 (m, 4H), 7,13 (s, 1H), 7,20-7,30 (m, 11H), 7,34-7,40 (m, 3H), 7,48 (t, 1H), 7,55-7,59 (m, 2H).

(Eigenschaften von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$>

[0617] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/l) von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 38 zeigt

die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

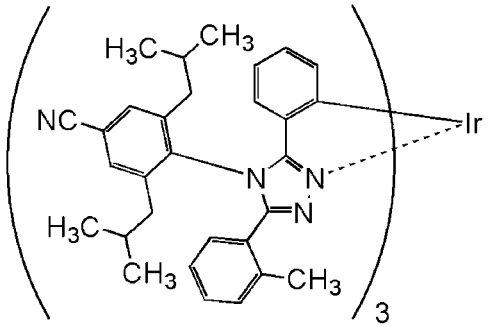
[0618] Wie in **Fig.** 38 gezeigt, wurde eine grüne Lichtemission mit Emissionspeaks bei 518 nm und 556 nm von der Dichlormethanlösung von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ beobachtet.

[0619] Als Nächstes wurde mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen. Die Bedingungen der Analyse waren dieselben wie diejenigen der Analyse in dem Beispiel 1. Die erhaltenen Ergebnisse waren ebenfalls denjenigen des Beispiels 1 ähnlich, und somit ist es schwierig, mittels Messung zu bestimmen, ob es sich um ein faciales oder meridionales Isomer handelt. Jedoch ist herausgefunden worden, dass die Eigenschaft der Fragmentierung derjenigen der Verbindung in dem Beispiel 1 ähnlich ist.

[Referenzbeispiel 3]

<Synthesebeispiel 3>

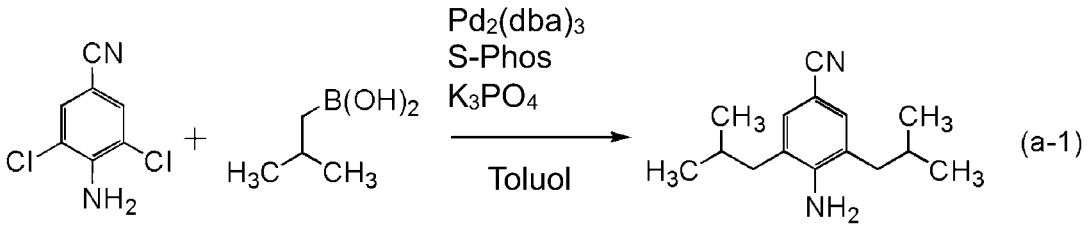
[0620] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von Tris{2-[4-(4-cyano-2,6-diisobutylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl -κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$) beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (112) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von 4-Amino-3,5-diisobutylbenzonitril>>

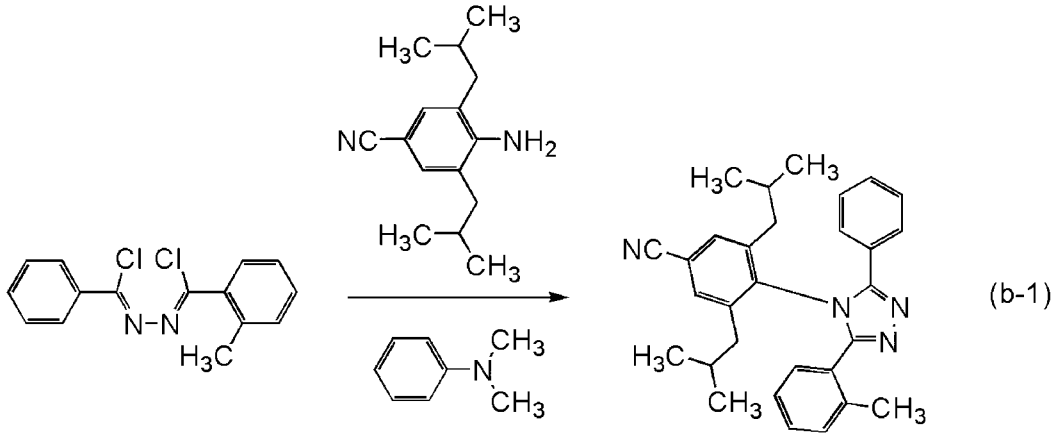
[0621] In einen 1000 ml Dreihalskolben wurden 9,4 g (50 mmol) 4-Amino-3,5-dichlorbenzonitril, 26 g (253 mmol) Isobutylboronsäure, 54 g (253 mmol) Trikaliumphosphat, 2,0 g (4,8 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) und 500 ml Toluol gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt, und dieses Gemisch wurde entgast, während es unter verringertem Druck gerührt wurde. Nach dem Entgasen wurden 0,88 g (0,96 mmol) Tris(dibenzylidenaceton)palladium(0) zugegeben, und das Gemisch wurde unter einem Stickstoffstrom 8 Stunden lang bei 130 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Toluol wurde zu der Reaktionslösung gegeben, und die Lösung wurde über einen Filterhilfsstoff, in dem Celit, Aluminiumoxid und Celit in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet waren, gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Toluol wurde als Laufmittel verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um 10 g einer gelben öligen Substanz in einer Ausbeute von 87 % zu erhalten. Die erhaltene gelbe ölige Substanz wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 4-Amino-3,5-diisobutylbenzonitril identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-1) gezeigt.



(a-1)

<<Schritt 2: Synthese von 4-(4-Cyano-2,6-diisobutylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol (Abkürzung: Hmpptz-diBuCNp)>>

[0622] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 11 g (48 mmol) 4-Amino-3,5-diisobutylbenzonitril, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, 4,7 g (16 mmol) N-(2-Methylphenyl)chlormethyliden-N'-phenylchlormethylidenhydrazin und 40 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde 7 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 300 ml 1M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde 3 Stunden lang ein Rühren durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Ethylacetat unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogencarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Hexan wurde zu dem erhaltenen Feststoff gegeben, und das Gemisch wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und dann einer Saugfiltration unterzogen, um 2,0 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 28 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz-(NMR-) Spektroskopie als Hmpptz-diBuCNp identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-1) gezeigt.



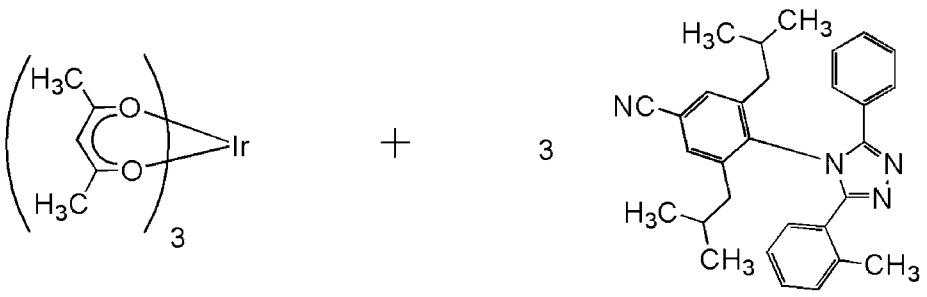
(b-1)

Hmpptz-diBuCNp

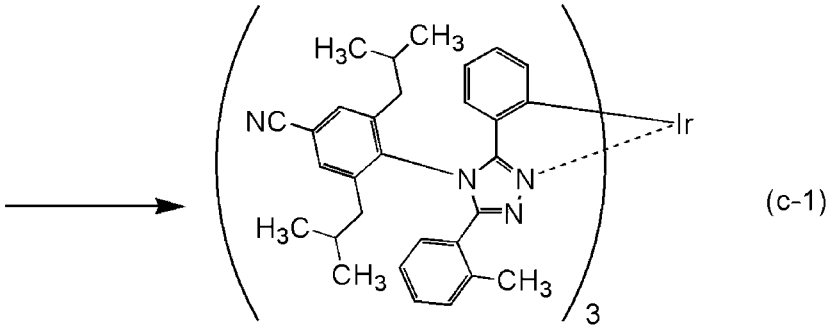
<<Schritt 3: Synthese von Tris{2-[4-(4-cyano-2,6-diisobutylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN²]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$>>

[0623] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 2,0 g (4,5 mmol) Hmpptz-diBuCNp, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, und 0,44 g (0,89 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 43 Stunden lang unter einem Argonstrom bei 250 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Das erhaltene Reaktionsgemisch wurde zu Dichlormethan gegeben, und ein unlöslicher Bestandteil wurde entfernt. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde Dichlormethan verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu

erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 0,32 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 23 % erhalten wurden. Anschließend wurden 0,31 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 310 °C bei einer Argonflussrate von 5,0 ml/min unter einem Druck von 2,6 Pa 19 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,26 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 84 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-1) gezeigt.



Hmpptz-diBuCNp



(c-1)

Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$

[0624] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 39 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$, welches der metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (112) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 3 erhalten wurde.

[0625] ^{1}H-NMR δ ($CDCl_3$): 0,33 (d, 18H), 0,92 (d, 18H), 1,51-1,58 (m, 3H), 1,80-1,88 (m, 6H), 2,10-2,15 (m, 6H), 2,26-2,30 (m, 3H), 2,55 (s, 9H), 6,12 (d, 3H), 6,52 (t, 3H), 6,56 (d, 3H), 6,72 (t, 3H), 6,83 (t, 3H), 6,97 (d, 3H), 7,16 (t, 3H), 7,23 (d, 3H), 7,38 (s, 3H), 7,55 (s, 3H).

(Eigenschaften von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$>

[0626] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0104 mmol/l) von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 40 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

[0627] Wie in **Fig.** 40 gezeigt, wurde eine blaue Lichtemission mit einem Emissionspeak bei 502 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ beobachtet.

[0628] Als Nächstes wurde Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0629] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 μm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde auf eine derartige Weise hergestellt, dass Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 μl.

[0630] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 90 : 10 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

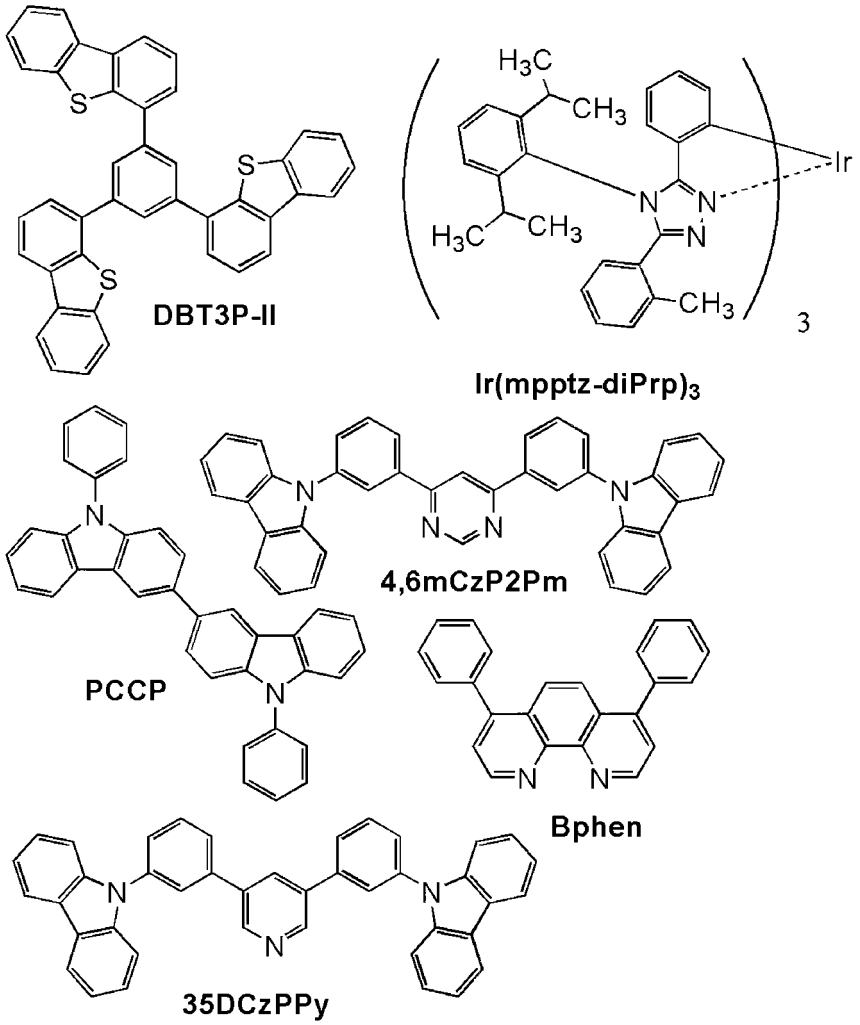
[0631] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1534,73, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit (TOF)-MS werden in **Fig.** 41 gezeigt.

[0632] **Fig.** 41 zeigt, dass die Produktionen von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 1087 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 41 zeigen Eigenschaften, die von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0633] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 1087 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand Hmpptz-diBuCNp von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ eliminiert worden ist, und dies ist eine Eigenschaft von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$.

[Referenzbeispiel 4]

[0634] In diesem Referenzbeispiel werden Beispiele zum Herstellen Licht emittierender Elemente von Referenzausführungsformen (eines Licht emittierenden Elements 1 und eines Licht emittierenden Elements 2) und Licht emittierender Vergleichselemente (eines Licht emittierenden Vergleichselements 1 und eines Licht emittierenden Vergleichselements 2) beschrieben. **Fig.** 42 ist eine schematische Querschnittsansicht von jedem der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Referenzbeispiel hergestellt werden, und die Tabelle 1 zeigt die Details der Elementstrukturen. Außerdem werden Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, nachstehend angegeben. Es sei angemerkt, dass für die anderen Verbindungen auf Referenzbeispiel 3 verwiesen werden kann.



[Tabelle 1]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 1	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	35DCzPPy : Ir(mpptz-diBuCNp),	1:0,06
		160(1)	30	35DCzPPy : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$	0,65:0,65:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 2	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$	0,8:0,2:0,06
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$	0,4:0,6:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Vergleichselement 1	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	35DCzPPy : Ir(mpptz-diPrp),	1:0,06
		160(1)	30	35DCzPPy : PCCP : Ir(mpptz-diPrp)$_3$	0,3:1:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Vergleichselement 2	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	20	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diPrp)$_2$	0,8:0,2:0,05
		160(1)	20	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diPrp),	0,5:0,5:0,05
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 1>>

[0635] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0636] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothiophen) (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdänoxid (MoO_3) über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0637] Als Lochtransportschicht 112 wurde 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP) durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0638] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy), PCCP und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 0,65 : 1: 0,65 : 0,06 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 35DCzPPy und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 1 : 0,06 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 35DCzPPy der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0639] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 35DCzPPy und Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen) sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0640] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0641] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 1 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Insbesondere wurden, nachdem das Dichtungsmittel aufgetragen worden war, um das organische Material über dem Substrat 200 zu umschließen und das Substrat 200 an dem Substrat 220 zu befestigen, eine Bestrahlung mit UV-Licht mit einer Wellenlänge von 365 nm bei 6 J/cm^2 sowie eine Wärmebehandlung bei 80 °C eine Stunde lang durchgeführt. Durch den vorstehenden Prozess wurde das Licht emittierende Element 1 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 2>>

[0642] Das Licht emittierende Element 2 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 1 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160.

[0643] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Element 2 wurden 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), PCCP und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 0,4 : 0,6 : 0,06 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,06 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 1>>

[0644] Das Licht emittierende Element 1 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 1 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160.

[0645] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Vergleichselement 1 wurden 35DCzPPy, PCCP und Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN²]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-diPrp)$_3$) durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : PCCP : Ir(mpptz-diPrp)$_3$ = 0,3 : 1 : 0,06 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 35DCzPPy und Ir(mpptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : Ir(mpptz-diPrp)$_3$ = 1 : 0,06 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 35DCzPPy der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-diPrp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 2>>

[0646] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 110 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm² (2 mm × 2 mm).

[0647] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Als Nächstes wurde als Lochtransportschicht 112 PCCP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0648] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diPrp)$_3$ = 0,5 : 0,5 : 0,05 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diPrp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,05 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-diPrp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0649] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 20 nm und 10 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend LiF durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0650] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0651] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Vergleichselement 2 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 2 erhalten.

<Emissionsspektren der Wirtsmaterialien>

[0652] Bei den hergestellten Licht emittierenden Elementen (den Licht emittierenden Elementen 1 und 2 sowie den Licht emittierenden Vergleichselementen 1 und 2) wurden PCCP, 35DczPPy und 4,6mCzP2Pm als Wirtsmaterialien (die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung) verwendet. **Fig.** 43A und **Fig.** 43B zeigen die Messergebnisse von Emissionsspektren eines Dünnfilms von PCCP, eines Dünnfilms von 35DCzPPy, eines Dünnfilms von 4,6mCzP2Pm, eines gemischten Dünnfilms aus 35DCzPPy und PCCP und eines gemischten Dünnfilms aus 4,6mCzP2Pm und PCCP.

[0653] Für die Emissionsspektrenmessung wurden Dünnfilmproben über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Emissionsspektren wurden bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) mit einem PL-EL-Messgerät (hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. Die Dicke jedes Dünnfilms betrug 50 nm. Das Mischverhältnis der zwei Arten von Verbindungen (der ersten organischen Verbindung : der zweiten organischen Verbindung) in dem gemischten Dünnfilm war 1 : 1.

[0654] Wie in **Fig.** 43A gezeigt, ist eine Peakwellenlänge des Emissionsspektrums von 35DczPPy 377 nm und ist diejenige von PCCP 412 nm; folglich weisen 35DCzPPy und PCCP jeweils einen Emissionspeak bei einer sehr kurzen Wellenlänge auf. Eine Peakwellenlänge des Emissionsspektrums des gemischten Dünnfilms aus 35DCzPPy und PCCP ist 414 nm, was im Wesentlichen derjenigen von PCCP entspricht. Demzufolge kann festgehalten werden, dass eine Kombination aus 35DCzPPy und PCCP keinen Exciplex bildet.

[0655] Wie in **Fig.** 43B gezeigt, ist eine Peakwellenlänge des Emissionsspektrums des gemischten Dünnfilms aus 4,6mCzP2Pm und PCCP 501 nm. Das Emissionsspektrum unterscheidet sich von dem Emissionsspektrum von 4,6mCzP2Pm (Peakwellenlänge: 440 nm) und dem Emissionsspektrum von PCCP (Peakwellenlänge: 412 nm). Wie zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben wird, ist das LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm niedriger als dasjenige von PCCP, und das HOMO-Niveau von PCCP ist höher als dasjenige von 4,6mCzP2Pm. Die Energie der Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und PCCP entspricht ungefähr einer Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm und dem HOMO-Niveau von PCCP. Die Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und PCCP weist eine längere Wellenlänge (niedrigere Energie) auf als die Lichtemission von 4,6mCzP2Pm und die Lichtemission von PCCP. Demzufolge kann festgehalten werden, dass die Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und PCCP eine Lichtemission von einem Exciplex ist, der von 4,6mCzP2Pm und PCCP gebildet wird. Das heißt, dass eine Kombination aus 4,6mCzP2Pm und PCCP eine Kombination aus organischen Verbindungen ist, die einen Exciplex bilden. Unter Verwendung von 4,6mCzP2Pm und PCCP als Wirtsmaterialien kann ein Licht emittierendes Element hergestellt werden, bei dem ExTET zur Anwendung kommt.

[0656] Wie in **Fig.** 40 gezeigt, war ein Absorptionsband auf der niedrigsten Energieseite (der längsten Wellenlängenseite) des Absorptionsspektrums von $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ bei etwa 450 nm, das einen Bereich aufweist, der sich mit dem Emissionsspektrum eines Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und PCCP gebildet wird, überlappt. Demzufolge kann bei dem Licht emittierenden Element, bei dem 4,6mCzP2Pm und PCCP als Wirtsmaterialien verwendet werden, Anregungsenergie in wirksamer Weise auf das Gastmaterial übertragen werden.

[0657] Wie vorstehend beschrieben, bilden die Wirtsmaterialien weder in dem Licht emittierenden Element 1 noch in dem Licht emittierenden Vergleichselement 1 einen Exciplex; wohingegen eine Kombination aus den Wirtsmaterialien, bei denen es sich um 4,6mCzP2Pm (die erste organische Verbindung) und PCCP (die zweite organische Verbindung) handelt, sowohl in dem Licht emittierenden Element 2 als auch in dem Licht emittierenden Vergleichselement 2 einen Exciplex bildet.

[0658] Als Nächstes wurden die Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveaus) der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und der zweiten organischen Verbindung (PCCP), die als Wirtsmaterialien verwendet wurden, gemessen.

[0659] Bei der Messung der Triplett-Anregungsenergieniveaus wurde eine Phosphoreszenz von jeder der Dünnfilmproben der Verbindungen gemessen. Die Messung wurde mit einem PL-Mikroskop, LabRAM HR-PL, hergestellt von HORIBA, Ltd., einem He-Cd-Laser (325 nm) als Anregungslicht und einem CCD-Detektor bei einer Messtemperatur von 10 K durchgeführt. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) wurde von einem Peak auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzspektrums durch die Messung erhalten.

[0660] Eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenweise des Phosphoreszenzemissionsspektrums der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) war 459 nm, und diejenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP) war 467 nm. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) war 2,70 eV, und dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP) war 2,66 eV.

[0661] Eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzemissionsspektrums von sowohl 4,6mCzP2Pm als auch PCCP ist kürzer als eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums des Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und PCCP gebildet wird, was in **Fig.** 43B gezeigt wird. Der Exciplex weist das folgende Merkmal auf: Eine Energiedifferenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau (S1-Niveau) und dem Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) ist klein. Demzufolge kann das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) des Exciplex von einer Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums erhalten werden. Folglich ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von sowohl der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm)

als auch der zweiten organischen Verbindung (PCCP) höher als das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) des Exciplex.

[0662] Wie später gezeigt wird, ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von sowohl 4,6mCzP2Pm als auch PCCP höher als die Übergangsenergie des Gastmaterials, die aus der Absorptionsspektrumskante berechnet wurde.

[0663] Demzufolge weisen die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP), die als Wirtsmaterialien in diesem Referenzbeispiel verwendet wurden, Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveaus) auf, die hoch genug für Wirtsmaterialien sind.

(Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0664] **Fig.** 44 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 und 2 sowie der Licht emittierenden Vergleichselemente 1 und 2. **Fig.** 45 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 46 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 47 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung der Licht emittierenden Elemente wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0665] Tabelle 2 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 und 2 sowie der Licht emittierenden Vergleichselemente 1 und 2 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 2]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 1	3,8	0,84	(0,18; 0,47)	740	87	72	35
Licht emittierendes Element 2	3,2	1,3	(0,18; 0,48)	1100	86	85	34
Licht emittierendes Vergleichselement 1	4,2	1,3	(0,18; 0,42)	870	69	52	30
Licht emittierendes Vergleichselement 2	3,4	2,3	(0,30; 0,52)	1000	44	41	15

[0666] **Fig.** 48A zeigt Emissionsspektren des Licht emittierenden Elements 1 und des Licht emittierenden Vergleichselements 1 zu einem Zeitpunkt, zu dem den Licht emittierenden Elementen ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 zugeführt wurde. **Fig.** 48B zeigt Emissionsspektren des Licht emittierenden Elements 2 und des Licht emittierenden Vergleichselements 2 zu einem Zeitpunkt, zu dem den Licht emittierenden Elementen ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 zugeführt wurde.

[0667] Der **Fig.** 44 bis **Fig.** 47 und der Tabelle 2 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 1 eine höhere Emissionseffizienz (eine höhere Stromeffizienz und eine höhere externe Quanteneffizienz) aufweist als das Licht emittierende Vergleichselement 1. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 1 ist 35 %, was ein ausgezeichneter Wert ist. Wie in **Fig.** 48A gezeigt, emittiert das Licht emittierende Element 1 blaues Licht. Das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 1 weist einen Peak bei einer Wellenlänge von 487 nm und eine Halbwertsbreite von 65 nm auf. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe

umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittiert, hergestellt werden.

[0668] Der **Fig.** 44 bis **Fig.** 47 und der Tabelle 2 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 2 eine höhere Emissionseffizienz (eine höhere Stromeffizienz und eine höhere externe Quanteneffizienz) aufweist als das Licht emittierende Vergleichselement 2. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 2 ist 35 %, was ein ausgezeichneter Wert ist. Das Licht emittierende Element 2 wird bei einer Spannung angesteuert, die niedriger ist als die Ansteuerspannungen des Licht emittierenden Elements 1 und der Licht emittierenden Vergleichselemente 1 und 2. Somit zeigt das Licht emittierende Element 2 eine ausgezeichnete Stromeffizienz auf.

[0669] Wie in **Fig.** 48B gezeigt, emittiert das Licht emittierende Element 2 blaues Licht. Das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 2 weist einen Peak bei einer Wellenlänge von 487 nm und eine Halbwertsbreite von 65 nm auf. Dagegen weist das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Vergleichselements 2 einen Peak bei einer Wellenlänge von 517 nm und eine Halbwertsbreite von 108 nm auf, was ein breites Spektrum ist. Obwohl die gleichen Gastmaterialien verwendet werden, weisen das Licht emittierende Vergleichselement 1 und das Licht emittierende Vergleichselement 2 sehr unterschiedliche Elektrolumineszenzspektren auf.

<Ergebnisse der CV-Messung>

[0670] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) der Verbindungen, die als Wirtsmaterialien (erste organische Verbindung und zweite organische Verbindung) und Gastmaterial in den vorstehend beschriebenen Licht emittierenden Elementen verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie (CV) untersucht. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus von jeder Verbindung aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0671] Für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften und der Reduktionsreaktionseigenschaften der Wirtsmaterialien (PCCP, 35DczPPy und 4,6mCzP2Pm) wurde eine Lösung, die durch Auflösen des Wirtsmaterials in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) erhalten wurde, verwendet. Im Allgemeinen weist eine organische Verbindung, die in einem organischen EL-Element verwendet wird, einen Brechungsindex von etwa 1,7 bis 1,8 auf und ihre relative Dielektrizitätskonstante ist etwa 3. Wenn DMF, welches ein Lösungsmittel mit einer hohen Polarität ist (relative Dielektrizitätskonstante: 38), für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften einer Verbindung, die einen Substituenten mit einer hohen Polarität umfasst (insbesondere mit einer hohen elektronenziehenden Eigenschaft), wie z. B. eine Cyano-Gruppe, verwendet wird, könnte sich die Genauigkeit verringern. Aus diesem Grund wurde in diesem Referenzbeispiel eine Lösung, die durch Auflösen des Gastmaterials ($Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ oder $Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$) in Chloroform mit einer niedrigen Polarität (relative Dielektrizitätskonstante: 4,8) erhalten wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet. Für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften der Gastmaterialien wurde eine Lösung, die durch Auflösen des Gastmaterials in DMF erhalten wurde, verwendet.

[0672] Tabelle 3 zeigt die Oxidationspotentiale und Reduktionspotentiale, die durch die CV-Messung erhalten wurden, sowie HOMO-Niveaus und LUMO-Niveaus der Verbindungen, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden.

[Tabelle 3]

Abkürzung	Oxidationspotential (V)	Reduktionspotential (V)	auf Basis des Oxidationspotentials berechnetes HOMO-Niveau (eV)	auf Basis des Reduktionspotentials berechnetes LUMO-Niveau (eV)
PCCP	0,69	-2,98	-5,63	-1,96
35DCzPPy	0,96	-2,56	-5,90	-2,39

Abkürzung	Oxidationspotential (V)	Reduktionspotential (V)	auf Basis des Oxidationspotentials berechnetes HOMO-Niveau (eV)	auf Basis des Reduktionspotentials berechnetes LUMO-Niveau (eV)
4,6mCzP2Pm	0,95	-2,06	-5,89	-2,88
$Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$	0,46	-2,46	-5,40	-2,49
$Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$	0,30	-2,98	-5,24	-1,96

[0673] Wie der Tabelle 3 entnommen werden kann, ist bei dem Licht emittierenden Element 2 das Reduktionspotential der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das Oxidationspotential der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). Des Weiteren ist das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (PCCP) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weist das Licht emittierende Element 2 ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

[0674] Bei dem Licht emittierenden Element 2 ist das LUMO-Niveau des Gastmaterials ($Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$) höher als dasjenige der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm), und das HOMO-Niveau des Gastmaterials ($Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$) ist um 0,3 eV oder mehr höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). Somit können das Gastmaterial ($Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$) und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) einen Exciplex bilden.

[0675] Wie in **Fig.** 48B gezeigt, weist das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Vergleichselements 2 eine Halbwertsbreite von 108 nm auf, was ein breites Spektrum ist und sich sehr von dem Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Vergleichselements 1 unterscheidet, obwohl das Licht emittierende Vergleichselement 2 und das Licht emittierende Vergleichselement 1 das gleiche Gastmaterial enthalten. Folglich bilden in dem Licht emittierenden Vergleichselement 2 das Gastmaterial ($Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$) und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) einen Exciplex, und somit verschiebt sich das Elektrolumineszenzspektrum zum roten Bereich hin. Aus diesem Grund sind die Stromeffizienz und die externe Quantenausbeute des Licht emittierenden Vergleichselements 2 nicht ausreichend hoch.

<Absorptionsspektren der Gastmaterialien>

[0676] **Fig.** 49 zeigt das Messergebnis des Absorptionsspektrums von $Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$, bei dem es sich um ein Gastmaterial in den Licht emittierenden Elementen handelt. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ in **Fig.** 40 in dem Referenzbeispiel 3 gezeigt wird.

[0677] Für die Messung des Absorptionsspektrums wurde eine Dichlormethanlösung hergestellt, in der $Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$ aufgelöst wurde, und eine Quarzzelle wurde verwendet. Das Absorptionsspektrum wurde mit einem UV-VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Anschließend wurde das Absorptionsspektrum der Quarzzelle von dem gemessenen Spektrum der Probe subtrahiert.

[0678] Als Nächstes wurde die Absorptionskante aus Daten des gemessenen Absorptionsspektrums ermittelt, und die Übergangsenergie wurde in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ bei 478 nm und die Übergangsenergie davon war 2,59 eV. Die Absorptionskante von $Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$ lag bei 471 nm und die Übergangsenergie davon war 2,63 eV.

[0679] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ war 2,91 eV und diejenige von $Ir(mpptz\text{-}diPrp)_3$ war 3,28 eV. Diese Werte wurden aus den CV-Messergebnissen berechnet, die in Tabelle 3 gezeigt werden.

[0680] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ ist um 0,32 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde, und die Energiedifferenz von Ir(mpptz-diPrp)$_3$ ist um 0,65 eV größer als die Übergangsenergie.

[0681] Wie in **Fig.** 48A gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 1 487 nm und diejenige des Licht emittierenden Vergleichselements 1 war 477 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ zu 2,55 eV berechnet und diejenige von Ir(mpptz-diPrp)$_3$ wurde zu 2,60 eV berechnet.

[0682] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ war um 0,36 eV größer als die Lichtemissionsenergie und die Energiedifferenz von Ir(mpptz-diPrp)$_3$ war um 0,68 eV größer als die Lichtemissionsenergie.

[0683] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,3 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,3 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[0684] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0685] Es sei angemerkt, dass bei dem Licht emittierenden Element 2 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (PCCP) (4,6mCzP2Pm und PCCP sind Wirtsmaterialien in dem Licht emittierenden Element 2) aus der Tabelle 3 zu 2,75 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in dem Licht emittierenden Element 2 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau (2,91 eV) des Gastmaterials (Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$) und größer als die Übergangsenergie (2,59 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit kann bei dem Licht emittierenden Element 2 das Gastmaterial über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglicht das Licht emittierende Element eine Verringerung des Stromverbrauchs.

<Ergebnisse des Zuverlässigkeitstests>

[0686] Fig. 50 zeigt die Ergebnisse von Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente. Bei den Zuverlässigkeitstests wurde die Anfangsleuchtdichte auf 2000 cd/m^2 eingestellt, und jedes der Licht emittierenden Elemente (der Licht emittierenden Elemente 1 und 2 sowie des Licht emittierenden Vergleichselements 1) wurde kontinuierlich mit einer konstanten Stromdichte betrieben.

[0687] Die Zeit (LT90), die benötigt wurde, bis sich die Leuchtdichte der Licht emittierenden Elemente 1 und 2 und des Licht emittierenden Vergleichselements auf 90 % der Anfangsleuchtdichte verringerte, war wie folgt: 54 Stundenbei dem Licht emittierenden Element 1; 160 Stunden bei dem Licht emittierenden Element 2; und 40 Stunden bei dem Licht emittierenden Vergleichselement 1. Im Besonderen zeigt das Licht emittierende Element 2 eine hohe Zuverlässigkeit.

[0688] Folglich kann ein Licht emittierendes Element wie das Licht emittierende Element 2, bei dem das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als das LUMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung, eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung einen Exciplex bildet und ein Iridiumkomplex, der eine Cyano-Gruppe umfasst, als Gastmaterial verwendet wird, ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element sein, das blaues Licht emittiert und sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen kann.

[0689] Wie vorstehend beschrieben, kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element kann bereitgestellt werden. Ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

[0690] Die bei dieser Referenzausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Beispiel 5]

[0691] In diesem Beispiel werden Beispiele zum Herstellen von Licht emittierenden Elementen (Licht emittierenden Elementen 3 und 4) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für Querschnitte der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 4 gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die bei dieser Ausführungsform verwendet werden, können diejenigen der Beispiele, die vorstehend beschrieben worden sind, zu Rate gezogen werden.

[Tabelle 4]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 3	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	20	4,6mCzP2Pm PCCP : fac-Ir (mpCNptz-diPrp),	0,8:0,2:0,05
		160(1)	20	4,6mCzP2Pm PCCP : fac-Ir (mpCNptz-diPrp),	0,5:0,5:0,05
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 4	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	20	4,6mCzP2Pm : PCCP : mer-Ir (mpCNptz-diPrp),	0,8:0,2:0,05
		160(1)	20	4,6mCzP2Pm : PCCP : mer-Ir (mpCNptz-diPrp)	0,5:0,5:0,05
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 3>>

[0692] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 110 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0693] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0694] Als Lochtransportschicht 112 wurde PCCP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0695] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP: fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ = 0,5 : 0,5 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0696] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 20 nm und 10 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0697] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0698] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 3 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Ele-

ments 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 3 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 4>>

[0699] Das Licht emittierende Element 4 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 3 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160.

[0700] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Element 4 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ = 0,5 : 0,5 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht. Mit anderen Worten: Das Licht emittierende Element 4 weist eine Struktur auf, die derjenigen des Licht emittierenden Elements 3 ähnlich ist, mit Ausnahme des Gastmaterials.

(Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0701] **Fig.** 51 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 3 und 4. **Fig.** 52 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 53 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 54 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 51 bis **Fig.** 54 zeigen auch die Eigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 2, das in dem Beispiel 4 hergestellt wurde. Die Messung der Licht emittierenden Elemente wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0702] Tabelle 5 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Elemente 3 und 4 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 5]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 3	2,9	1,0	(0,35; 0,61)	880	84	91	24
Licht emittierendes Element 4	3,1	1,2	(0,36; 0,59)	1000	81	82	24

[0703] **Fig.** 55 zeigt die Emissionsspektren des Licht emittierenden Elements 3 und des Licht emittierenden Elements 4, durch die ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 fließt.

[0704] Der **Fig.** 51 bis **Fig.** 54 und der Tabelle 5 kann entnommen werden, dass jedes der Licht emittierenden Elemente 3 und 4 eine höhere Emissionseffizienz (eine höhere Stromeffizienz und eine höhere externe Quanteneffizienz) aufweist als das Licht emittierende Vergleichselement 2. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 3 ist 25 % und diejenige des Licht emittierenden Elements 4 ist 24 %, was bevorzugte Werte sind. Jedes der Licht emittierenden Elemente 3 und 4 wird bei einer Spannung angesteuert, die niedriger ist als die Ansteuerspannung des Licht emittierenden Vergleichselements 2. Somit zeigen die Licht emittierenden Elemente 3 und 4 eine ausgezeichnete Leistungseffizienz. Wie in **Fig.** 55 gezeigt, emittieren die Licht emittierenden Elemente 3 und 4 grünes Licht. Die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente 3 und 4 weisen Peakwellenlängen bei 509 nm bzw. 511 nm auf. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe

umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das grünes Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittiert, hergestellt werden.

<Ergebnisse der CV-Messung>

[0705] Die elektrochemischen Eigenschaften der Gastmaterialien in den Licht emittierenden Elementen wurden durch CV untersucht. Das Messverfahren war demjenigen in dem Beispiel 4 ähnlich. Das heißt: Bei der Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften der Gastmaterialien (fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) wurde ein Lösungsmittel, das durch Auflösen des Gastmaterials in Chloroform erhalten wurde, verwendet, und bei der Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften der Gastmaterialien wurde ein Lösungsmittel, das durch Auflösen des Gastmaterials in DMF erhalten wurde, verwendet.

[0706] Tabelle 6 zeigt die Oxidationspotentiale und Reduktionspotentiale, die durch die CV-Messung erhalten wurden, sowie HOMO-Niveaus und LUMO-Niveaus der Verbindungen, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden.

[Tabelle 6]

Abkürzung	Oxidationspotential (V)	Reduktionspotential (V)	auf Basis des Oxidationspotentials berechnetes HOMO-Niveau (eV)	auf Basis des Reduktionspotentials berechnetes LUMO-Niveau (eV)
fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$	0,91	-2,31	-5,85	-2,64
mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$	0,86	-2,30	-5,80	-2,65

[0707] Wie den CV-Messergebnissen, die in der Tabelle 3 in dem Beispiel 4 gezeigt werden, und der Tabelle 6 entnommen werden kann, ist bei jedem der Licht emittierenden Elemente 3 und 4 das Reduktionspotential der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das Oxidationspotential der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). Das Oxidationspotential der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), das Reduktionspotential von jedem der Gastmaterialien (fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) ist niedriger als dasjenige der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm), und das Oxidationspotential von jedem der Gastmaterialien (fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) ist höher als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). Des Weiteren ist das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). Das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), das LUMO-Niveau von jedem der Gastmaterialien (fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) ist höher als dasjenige der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und das HOMO-Niveau von jedem der Gastmaterialien (fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (PCCP) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weist jedes der Licht emittierenden Elemente 3 und 4 ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

<Absorptionsspektren der Gastmaterialien>

[0708] Die Absorptionskante wurde von dem Messergebnis des Absorptionsspektrums des Gastmaterials, das in dem Licht emittierenden Element verwendet wurde, ermittelt, und die Übergangsenergie wurde in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Es sei angemerkt, dass die Absorptionsspektren von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ in **Fig.** 35 in dem Beispiel 1 und in **Fig.** 38 in dem Beispiel 2 gezeigt werden.

[0709] Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ bei 513 nm und die Übergangsenergie davon war 2,42 eV. Die Absorptionskante von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ lag bei 516 nm und die Übergangsenergie davon war 2,40 eV.

[0710] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ war 3,21 eV und diejenige von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ war 3,15 eV. Diese Werte wurden aus den CV-Messergebnissen berechnet, die in Tabelle 6 gezeigt werden.

[0711] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ ist um 0,79 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde, und die Energiedifferenz von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ ist um 0,75 eV größer als die Übergangsenergie.

[0712] Wie in **Fig.** 55 gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 3 509 nm und diejenige des Licht emittierenden Elements 4 war 511 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ zu 2,44 eV berechnet und diejenige von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ wurde zu 2,43 eV berechnet.

[0713] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ war um 0,77 eV größer als die Lichtemissionsenergie und die Energiedifferenz von mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ war um 0,72 eV größer als die Lichtemissionsenergie.

[0714] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[0715] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

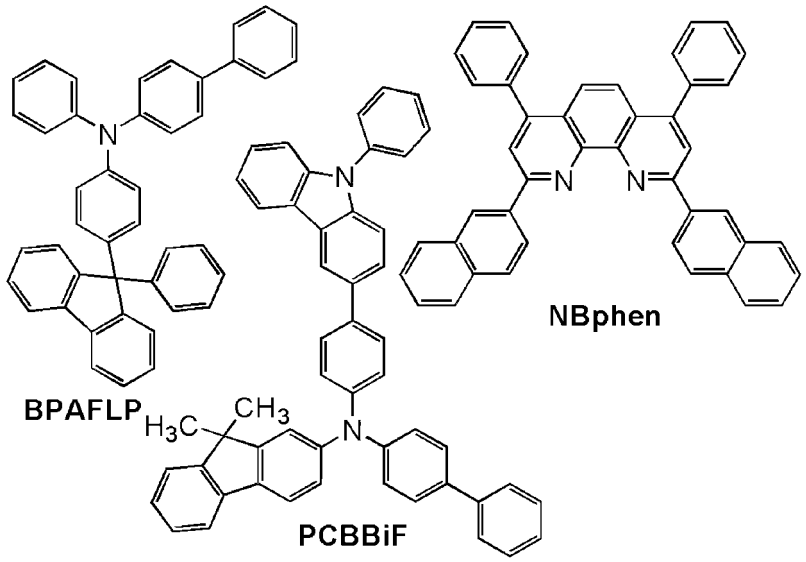
[0716] Es sei angemerkt, dass bei den Licht emittierenden Elementen 3 und 4 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (PCCP) (4,6mCzP2Pm und PCCP sind Wirtsmaterialien) aus der Tabelle 3 in dem Beispiel 4 zu 2,75 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in den Licht emittierenden Elementen 3 und 4 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau (3,21 eV und 3,15 eV) des Gastmaterials (fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$ und mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$) und größer als die Übergangsenergie (2,42 eV und 2,40 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit kann bei den Licht emittierenden Elementen 3 und 4 das Gastmaterial über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglichen die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

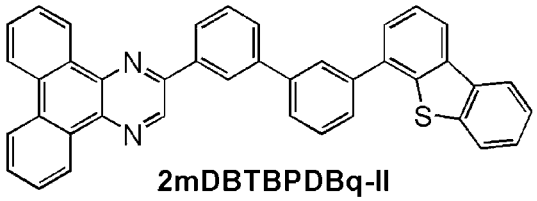
[0717] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommt, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element, das grünes Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz sowie einen niedrigen Stromverbrauch aufweist, kann bereitgestellt werden.

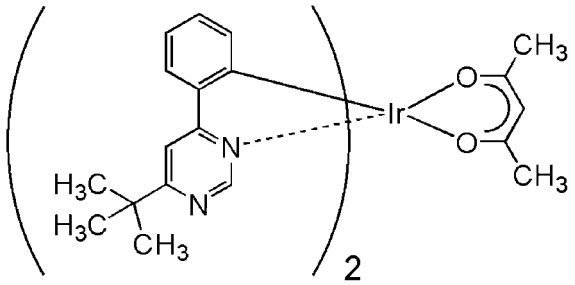
[0718] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

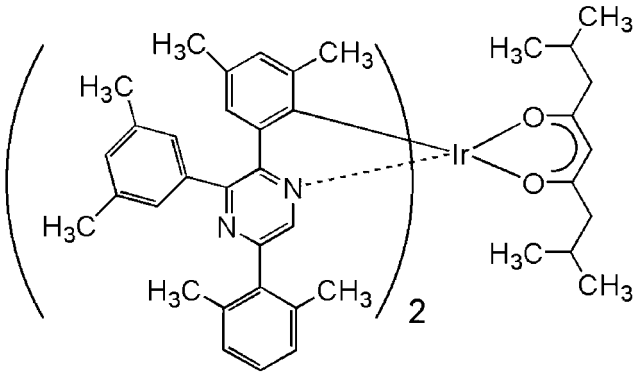
[Referenzbeispiel 6]

[0719] Wie bei der Ausführungsform 5 beschrieben worden ist, kann durch Kombination des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und des anderen Licht emittierenden Elements eine Anzeigevorrichtung mit einem niedrigen Stromverbrauch hergestellt werden. In diesem Referenzbeispiel werden Beispiele zum Herstellen von Licht emittierenden Elementen (Licht emittierenden Elementen 5 bis 7) beschrieben. **Fig.** 42 kann für die Querschnittsansichten der Licht emittierenden Elemente zu Rate gezogen werden, die in diesem Referenzbeispiel hergestellt wurden. Tabelle 7 zeigt die detaillierten Strukturen der Elemente. Außerdem werden Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, im Folgenden angegeben. Es sei angemerkt, dass für weitere Verbindungen auf die vorstehenden Ausführungsformen Bezug genommen werden kann.









Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm)

[Tabelle 7]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 5	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBphen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(tBuppm)$_2$(acac)	0,8:0,2:0,05
		160(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(tBuppm)$_2$(acac)	0,7:0,3:0,05
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	40	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 6	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	Bphen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm)	0,8:0,2:0,05
		160(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm)	0,7:0,3:0,05
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	50	BPAFLP : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 7	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	Bphen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	35DCzPPy : $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$	1:0,06
		160(1)	30	35DCzPPy : PCCP : $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$	0,65:0,65:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 5>>

[0720] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0721] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden.

[0722] Als Lochtransportschicht 112 wurde 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP) durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0723] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-f luoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF) und (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: $Ir(tBuppm)_2(acac)$) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(tBuppm)_2(acac)$ = 0,7 : 0,3 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, und dann wurden 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und $Ir(tBuppm)_2(acac)$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(tBuppm)_2(acac)$) = 0,8 : 0,2 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 2mDBTBPDBq-II der ersten organischen Verbindung entspricht, PCBBiF der zweiten organischen Verbindung entspricht und $Ir(tBuppm)_2(acac)$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0724] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 2mDBTBPDBq-II und 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen) sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 20 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0725] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0726] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 5 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vor-

richtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 5 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 6>>

[0727] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0728] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden BPAFLP und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von BPAFLP I : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 50 nm abgeschieden.

[0729] Als Lochtransportschicht 112 wurde als Nächstes BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0730] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis{4,6-dimethyl-2-[5-(2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl-κ N]phenyl-κC} (2,8-dimethyl-4,6-nonandionato-κ^2O, O') iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm)) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm) = 0,7 : 0,3 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, und dann wurden 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm) durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm) = 0,8 : 0,2 : 0,05 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 2mDBTBPDBq-II der ersten organischen Verbindung entspricht, PCBBiF der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm) dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0731] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 2mDBTBPDBq-II und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 25 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0732] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0733] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 6 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 6 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 7>>

[0734] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0735] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 15 nm abgeschieden.

[0736] Als Lochtransportschicht 112 wurde als Nächstes PCCP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0737] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 35DCzPPy, PCCP und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 0,65 : 0,65 : 0,06 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 35DCzPPy und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 1 : 0,06 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 35DCzPPy der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0738] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 35DCzPPy und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0739] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0740] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 7 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 7 erhalten.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0741] **Fig.** 56 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 5 bis 7. **Fig.** 57 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 58 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 59 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 60 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung der Licht emittierenden Elemente wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0742] Tabelle 8 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 8]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 5	2,9	0,810	(0,40; 059)	1030	127	138	32,7
Licht emittierendes Element 6	3,3	2,24	(0,66; 0, 34)	1100	48,9	46,5	28,1
Licht emittierendes Element 7	4,0	1,63	(0,17; 0, 41)	1110	68,0	53,4	30,1

[0743] **Fig.** 61 zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 5 bis 7, durch die ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 fließt.

[0744] Der **Fig.** 56 bis **Fig.** 60 und der Tabelle 8 kann entnommen werden, dass jedes der Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 eine hohe Stromeffizienz aufweist. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 5 ist 33 %, diejenige des Licht emittierenden Elements 6 ist 29 % und diejenige des Licht emittierenden Elements 7 ist 31 %, was bevorzugte Werte sind. Jedes der Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 wird bei einer niedrigen Spannung angesteuert. Somit zeigen die Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 eine ausgezeichnete Leistungseffizienz. Wie in **Fig.** 61 gezeigt, weist das Licht emittierende Element 5 eine Peakwellenlänge des Elektrolumineszenzspektrums von 543 nm auf und emittiert grünes Licht mit einer hohen Farbreinheit, weist das Licht emittierende Element 6 eine Peakwellenlänge von 612 nm auf und emittiert rotes Licht mit einer hohen Farbreinheit, und weist das Licht emittierende Element 7 eine Peakwellenlänge von 483 nm auf und emittiert blaues Licht mit einer hohen Farbreinheit.

<Stromverbrauch der Anzeigevorrichtung>

[0745] Der Stromverbrauch der Anzeigevorrichtungen, bei denen die Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 verwendet werden, die auf die vorstehende Weise hergestellt wurden, wurde geschätzt.

[0746] Der Stromverbrauch der Anzeigevorrichtungen wurde in der Annahme geschätzt, dass die Anzeigevorrichtung ein Seitenverhältnis von 16 : 9, eine Diagonale von 4,3 Zoll und eine Fläche des Anzeigebereichs von 50,97 cm^2 aufweist, und das Öffnungsverhältnis (Abkürzung: R_A) ist 35 %.

[0747] In dem Fall, in dem die Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 als Anzeigeelemente der Anzeigevorrichtung verwendet werden, kann entsprechend der Formel (4) dann, wenn die Leuchtdichte L_5 eines Anzeigeelements mit der Struktur des Licht emittierenden Elements 5 284 cd/m^2 ist, die Leuchtdichte L_6 eines Anzeigeelements mit der Struktur des Licht emittierenden Elements 6 979 cd/m^2 ist und die Leuchtdichte L_7 eines Anzeigeelements mit der Struktur des Licht emittierenden Elements 7 1309 cd/m^2 ist, eine weiße Farbe (Chromatizitätskoordinaten (x, y) = (0,405, 0,391)) mit einer Farbtemperatur von 3500 K bei 300 cd/m^2 auf dem gesamten Anzeigebereich angezeigt werden.

$$(L_5 + L_6 + L_7) R_A / 3 = 300\ cd/m^2 \qquad (4)$$

[0748] Der Stromverbrauch des Anzeigeelementabschnitts zu diesem Zeitpunkt kann auf 1,7 mW/cm^2 geschätzt werden. Demzufolge kann eine Anzeigevorrichtung mit einem sehr niedrigen Stromverbrauch hergestellt werden, indem die Anzeigeelemente mit den Strukturen der Licht emittierenden Elemente 5 bis 7 enthalten sind.

<Ergebnisse des Zuverlässigkeitstests>

[0749] Als Nächstes werden in **Fig.** 62 die Ergebnisse von Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente 5 und 6 gezeigt. Bei den Zuverlässigkeitstests wurde die Anfangsleuchtdichte auf 5000 cd/m^2 eingestellt, und jedes der Licht emittierenden Elemente (der Licht emittierenden Elemente 5 und 6) wurde kontinuierlich mit einer konstanten Stromdichte betrieben.

[0750] Somit war die Zeit (LT50), die benötigt wurde, bis sich die Leuchtdichte der Licht emittierenden Elemente 5 und 6 auf 50 % der Anfangsleuchtdichte verringerte, wie folgt: länger als oder gleich 20000 Stunden bei dem Licht emittierenden Element 5; und länger als oder gleich 10000 Stunden bei dem Licht emittierenden Element 6; somit weisen die Licht emittierenden Elemente 5 und 6 eine hohe Zuverlässigkeit auf.

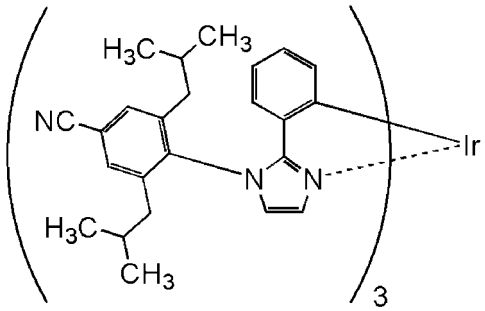
[0751] Demzufolge können durch Kombination des blauen Licht emittierenden Elements (des Licht emittierenden Elements 7) mit einem grünen Licht emittierenden Element (wie z. B. dem Licht emittierenden Element 5) und einem roten Licht emittierenden Element (wie z. B. dem Licht emittierenden Element 6) mit vorteilhaften Eigenschaften ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element und eine Anzeigevorrichtung mit einer hohen Emissionseffizienz der drei Primärfarben bereitgestellt werden.

[0752] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Struktur dieses Referenzbeispiels mit der Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kombiniert wird, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein sehr zuverlässiges, Licht emittierendes Element kann bereitgestellt werden. Eine sehr zuverlässige Anzeigevorrichtung mit einem niedrigen Stromverbrauch und einer hohen Emissionseffizienz kann bereitgestellt werden.

[Referenzbeispiel 7]

<Synthesebeispiel 4>

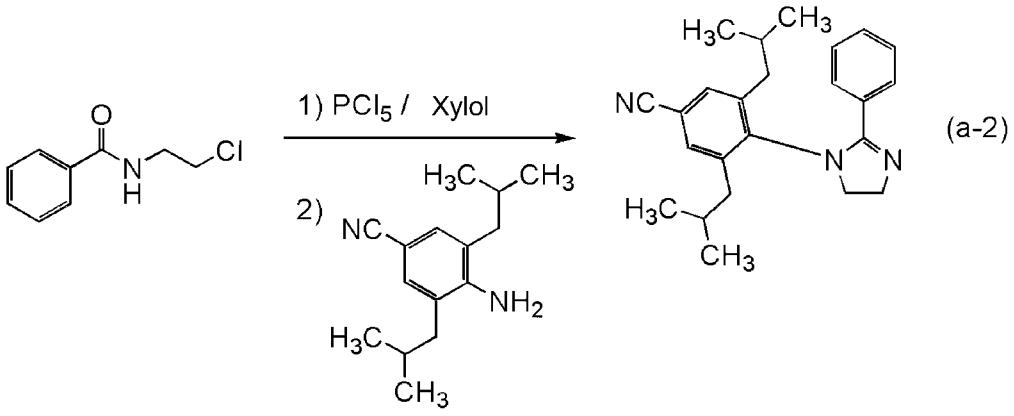
[0753] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von Tris{2-[1-(4-cyano-2,6-diisobutylphenyl)-1H-imidazol-2-yl-κN^3]phenyl-κC} iridium (III) (Abkürzung: Ir(pim-diBuCNp)$_3$) beschrieben, welches der metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (118) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(pim-diBuCNp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von 1-(4-Cyano-2,6-diisobutylphenyl)-2-phenyl-4,5-dihydro-1H-imidazol>>

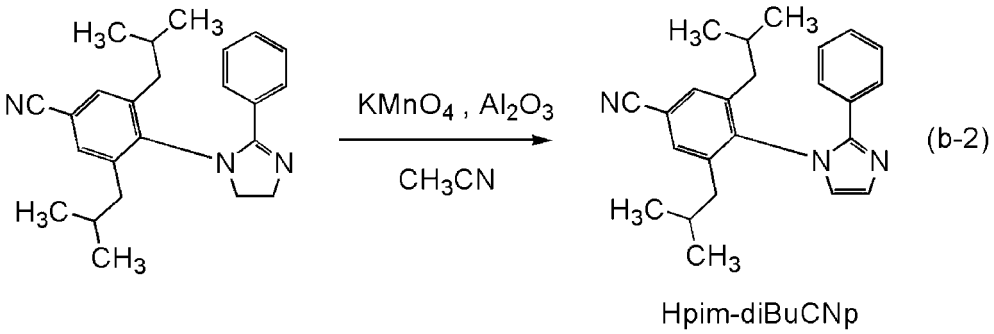
[0754] In einen 1000 ml Dreihalskolben wurden 22 g (117 mmol) N-(2-Chlorethyl)benzamid und 260 ml entwässertes Xylol gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 33 g (158 mmol) Phosphorpentachlorid gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und bei 140 °C eine Stunde lang erwärmt und gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde das Gemisch auf Raumtemperatur abgekühlt, wurde eine gemischte Lösung aus 28 g (120 mmol) 4-Amino-3,5-diisobutylbenzonitril und 60 ml entwässertem Xylol in diese getropft und wurden eine Erwärmung sowie ein Rühren bei 140 °C 5 Stunden lang durchgeführt. Dieses Reaktionsgemisch wurde langsam zu 500 ml Wasser gegeben und ein Rühren wurde bei Raumtemperatur 30 Minuten lang durchgeführt. Zu diesem Gemisch wurde Chloroform gegeben. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde langsam zu einer 1M wässrigen Lösung von Natriumhydroxid gegeben und das Gemisch wurde bei Raumtemperatur 30 Minuten lang gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogencarbonat und dann mit gesättigter Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde verdichtet, um einen Feststoff zu erhalten. Ein gemischtes Lösungsmittel aus Ethylacetat und Hexan wurde zu dem Feststoff gegeben und das Gemisch wurde einer Saugfiltration unterzogen, wodurch 33 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 79 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 1-(4-Cyano-2,6-diisobutylphenyl)-2-phenyl-4,5-dihydro-1H-imidazol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-2) gezeigt.



<<Schritt 2: Synthese von 1-(4-Cyano-2,6-diisobutylphenyl)-2-phenyl-1 H-imidazol (Abkürzung: Hpim-diBuCNp)>>

[0755] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 15 g (42 mmol) 1-(4-Cyano-2,6-diisobutylphenyl)-2-phenyl-4,5-dihydro-1H-imidazol, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, und Acetonitril gegeben. Zu der gemischten Lösung wurde ein Pulver gegeben, das erhalten wurde, indem 13 g (84 mmol) Kaliumpermanganat und 29 g Aluminiumoxid in einen Mörser gegeben und gemahlen wurden, und das Gemisch wurde 17 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Dieses Reaktionsgemisch wurde einer Saugfiltration durch Celit unterzogen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige

Substanz zu erhalten. Toluol wurde zu der erhaltenen öligen Substanz gegeben, und das Gemisch wurde über einen Filterhilfsstoff, in dem Celit, Aluminiumoxid und Celit in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet waren, gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um 8,0 g einer farblosen öligen Substanz in einer Ausbeute von 53 % zu erhalten. Die erhaltene farblose ölige Substanz wurde durch Kernspinresonanz-(NMR-) Spektroskopie als 1-(4-Cyano-2,6-diisobutylphenyl)-2-phenyl-1H-imidazol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-2) gezeigt.

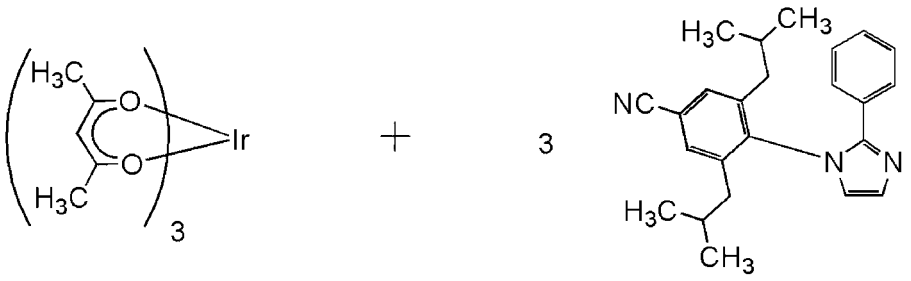


(b-2)

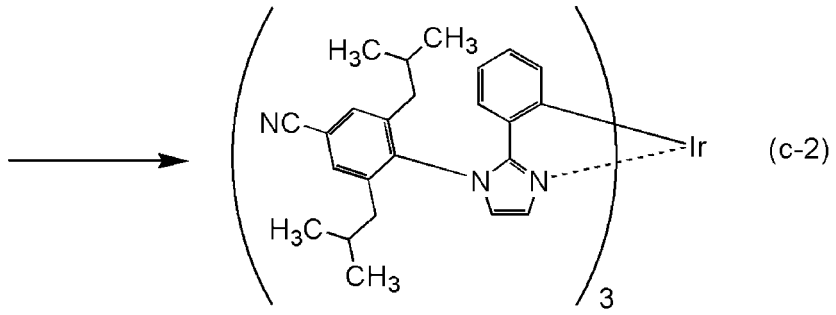
Hpim-diBuCNp

<<Schritt 3: Synthese von Tris{2-[1-(4-cyano-2,6-diisobutylphenyl)-1H-imidazol-2-yl-κN^3]phenyl-κC} iridium (III) (Abkürzung: Ir(pim-diBuCNp)$_3$)>>

[0756] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 5,0 g (14 mmol) Hpim-diBuCNp, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, und 1,4 g (2,8 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 38 Stunden lang unter einem Argonstrom bei 250 °C erwärmt, um eine Reaktion herbeizuführen. Toluol wurde zu dem erhaltenen Reaktionsgemisch gegeben, und ein unlöslicher Bestandteil wurde entfernt. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst Toluol verwendet. Als Nächstes wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 9 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 0,6 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 18 % erhalten wurden. Anschließend wurden 0,6 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 280 °C bei einer Argonflussrate von 5,0 ml/min unter einem Druck von 2,6 Pa 17 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,4 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 67 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-2) gezeigt.



Hpim-diBuCNp



$Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$

[0757] Die Protonen (^1H) des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^1H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 63 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass $Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$, welches der metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (118) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 4 erhalten wurde.

[0758] ^1H-NMR $\delta(CDCl_3)$: 0,43 (d, 9H), 0,56 (d, 9H), 0,79 (t, 18H), 1,42-1,50 (m, 3H), 1,73-1,81 (m, 3H), 1,97-2,02 (m, 3H), 2,12-2,17 (m, 3H), 2,24-2,29 (m, 3H), 2,46-2,50 (m, 3H), 6,05 (d, 3H), 6,40 (t, 3H), 6,59 (t, 3H), 6,71-6,76 (m, 9H), 7,54 (d, 6H).

<Eigenschaften von $Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$>

[0759] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0115 mmol/l) von $Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 64 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

[0760] Wie in **Fig.** 64 gezeigt, wurde eine grüne Lichtemission mit einem Emissionspeak bei 526 nm von der Dichlormethanlösung von $Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$ beobachtet.

[0761] Als Nächstes wurde $Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0762] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 µm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde auf eine derartige Weise hergestellt, dass $Ir(pim\text{-}diBuCNp)_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 µl.

[0763] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 70 : 30 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0764] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1261,60, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit- (TOF-) MS werden in **Fig.** 65 gezeigt.

[0765] **Fig.** 65 zeigt, dass die Produktionen von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 905 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 65 zeigen Eigenschaften, die von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(pim-diBuCNp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0766] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 905 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand Hpim-diBuCNp von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ eliminiert worden ist, und dies ist eine Eigenschaft von Ir(pim-diBuCNp)$_3$.

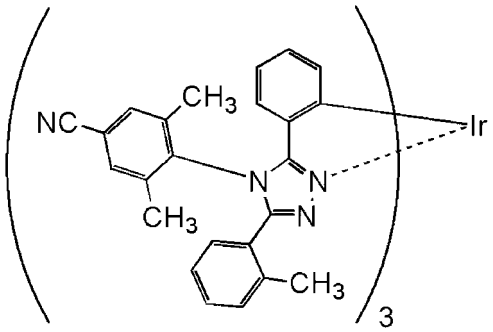
[0767] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(pim-diBuCNp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(pim-diBuCNp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0768] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Oxidationspotential von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ 0,28 V und war das Reduktionspotential davon -2,54 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von Ir(pim-diBuCNp)$_3$, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden, jeweils -5,22 eV und -2,41 eV.

[Referenzbeispiel 8]

<Synthesebeispiel 5>

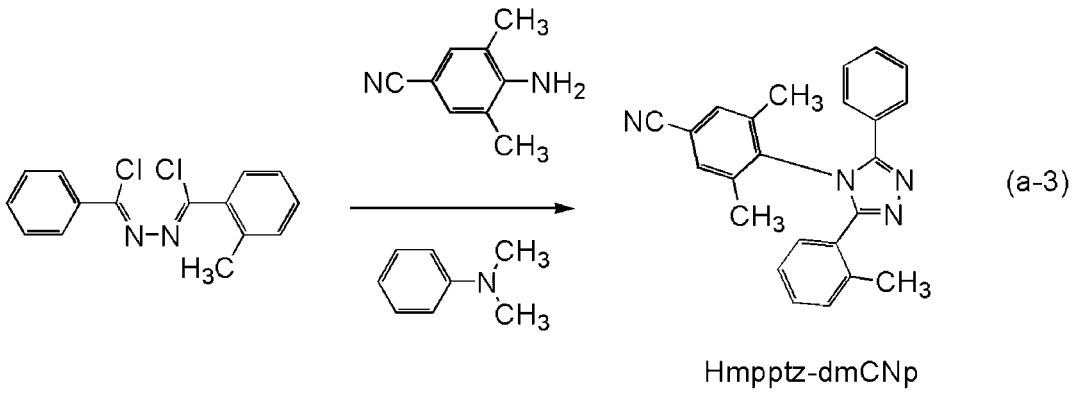
[0769] Im Synthesebeispiel 5 wird ein Beispiel zum Synthetisieren von Tris{2-[4-(4-cyano-2,6-dimethylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-dmCNp)$_3$) im Detail beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (124) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(mpptz-dmCNp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von 4-(4-Cyano-2,6-dimethylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol (Abkürzung: Hmpptz-dmCNp)>>

[0770] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 6,5 g (44 mmol) 4-Amino-2,6-dimethylbenzonitril, 10 g (34 mmol) N-(2-Methylphenyl)chlormethyliden-N'-phenylchlormethylidenhydrazin und 80 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde 21 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 300 ml 1M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde 3 Stunden lang ein Rühren durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogencarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 10 : 1 (v : v) verwendet, und der Anteil eines hochpolaren Lösungsmittels wurde stetig erhöht, bis der Verhältnis von Toluol zu Ethylacetat 2 : 1 (v : v) war. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der Feststoff wurde aus Ethylacetat umkristallisiert, um 3,5 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 27 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 4-(4-Cyano-2,6-dimethylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol (Abkürzung: Hmpptz-dmCNp) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-3) gezeigt.



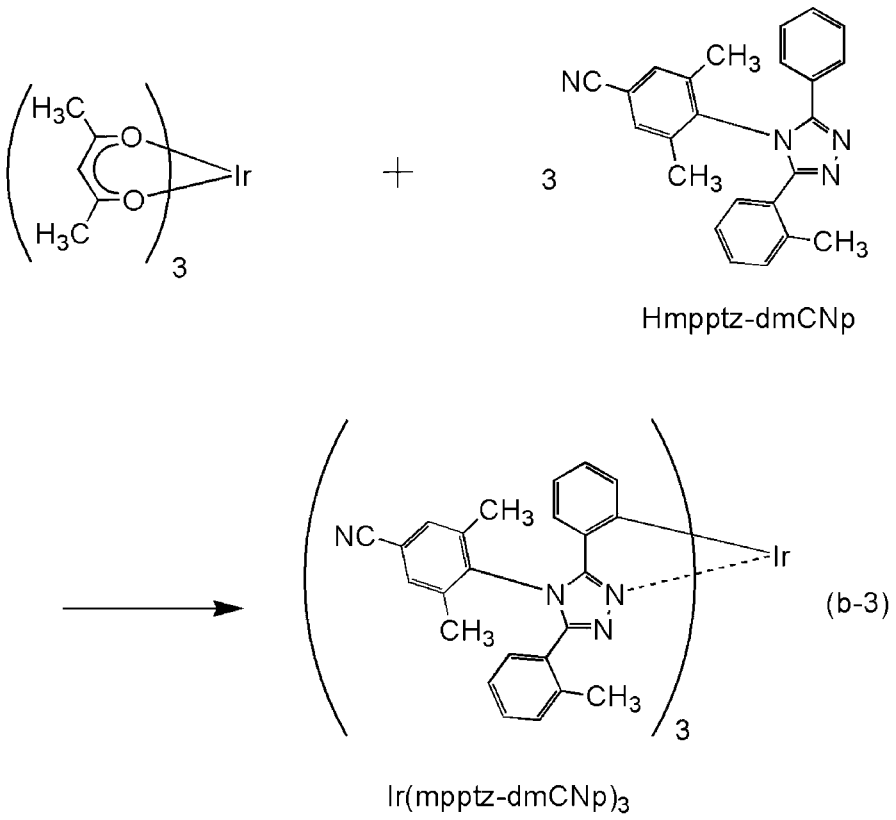
Hmpptz-dmCNp

(a-3)

<<Schritt 2: Synthese von Tris{2-[4-(4-cyano-2,6-dimethylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-dmCNp)$_3$)>

[0771] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 3,0 g (8,2 mmol) Hmpptz-dmCNp, das in dem Schritt 1 erhalten worden war, und 0,81 g (1,6 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 37 Stunden lang bei 250 °C erwärmt, um eine Reaktion herbeizuführen. Das Reaktionsgemisch wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 20 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff

wurde aus Ethylacetat umkristallisiert, so dass 150 mg eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 7,3 % erhalten wurden. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (b-3) gezeigt.



[0772] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 2 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 66 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass Ir(mpptz-dmCNp)$_3$, welches der metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (124) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 5 erhalten wurde.

[0773] ^{1}H-NMR δ($CDCl_3$): 1,99 (s, 9H), 2,02 (s, 9H), 2,36 (s, 9H), 6,22 (d, 3H), 6,61 (t, 3H), 6,66 (d, 3H), 6,78 (t, 3H), 6,90-6,93 (m, 3H), 6,99 (d, 3H), 7,19-7,23 (m, 6H), 7,41 (s, 3H), 7,48 (s, 3H).

<Eigenschaften von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$>

[0774] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/l) von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 67 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

[0775] Wie in **Fig.** 67 gezeigt, wurde eine blaugrüne Lichtemission mit einem Emissionspeak bei 494 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ beobachtet.

[0776] Als Nächstes wurde Ir(mpptz-dmCNp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0777] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 µm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde ferner auf eine derartige Weise hergestellt, dass Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ in Chloroform in

einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 µl.

[0778] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 70 : 10 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0779] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1282,45, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 70 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 1500. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit (TOF)-MS werden in **Fig.** 68 gezeigt.

[0780] **Fig.** 68 zeigt, dass die Produktionen von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 919 und bei etwa m/z = 891 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 68 zeigen Eigenschaften, die von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0781] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 919 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand Hmpptz-dmCNp von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ eliminiert worden ist, und das Produktion bei etwa m/z = 891 ein Kation in einem Zustand ist, in dem zwei Methyl-Gruppen ferner von dem Produktion bei etwa m/z = 919 eliminiert worden sind, und dies ist eine Eigenschaft von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$.

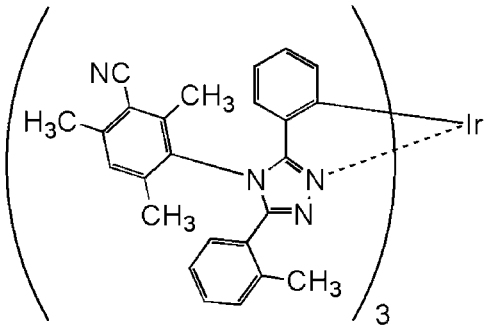
[0782] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0783] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Oxidationspotential von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ 0,48 V und war das Reduktionspotential davon -2,44 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden, jeweils -5,42 eV und -2,51 eV.

[Referenzbeispiel 9]

<Synthesebeispiel 6>

[0784] Im Synthesebeispiel 6 wird ein Beispiel zum Synthetisieren von Tris{2-[4-(3-cyano-2,4,6-trimethylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$) im Detail beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (125) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von 3-Amino-2,4,6-trimethylbenzonitril>>

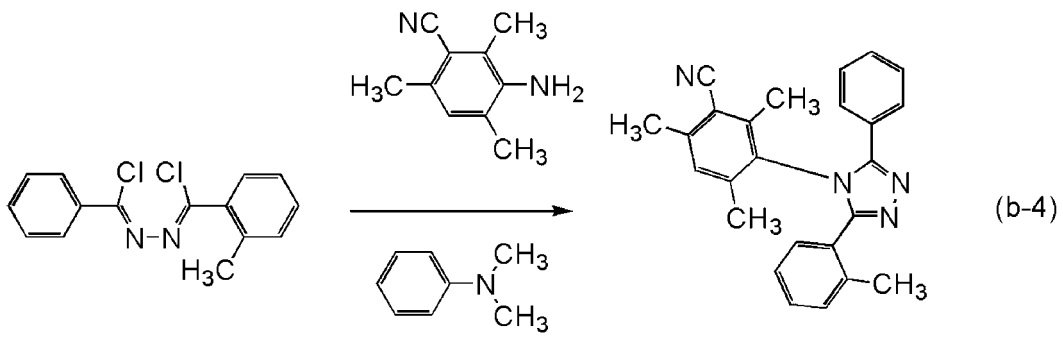
[0785] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 13 g (61 mmol) 3-Brom-2,4,6-trimethylanilin, 200 ml Dimethylformamid und 8,2 g (91 mmol) Kupfercyanid gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 16 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Zu dieser Reaktionslösung wurden 100 ml Ammoniakwasser und 100 ml Wasser gegeben, und das Gemisch wurde bei Raumtemperatur gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht des erhaltenen Gemischs wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen, und eine organische Schicht wurde mit Wasser und gesättigter Salzlösung gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der erhaltenen organischen Schicht zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Dieses Filtrat wurde verdichtet, um einen braunen Feststoff zu erhalten. Dieser braune Feststoff wurde mit Ethanol gewaschen, um 7,1 g eines blassroten Feststoffs in einer Ausbeute von 73 % zu erhalten. Der erhaltene blassrote Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 3-Amino-2,4,6-trimethylbenzonitril identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (a-4) gezeigt.



(a-4)

<<Schritt 2: Synthese von 4-(3-Cyano-2,4,6-trimethylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol (Abkürzung: Hmpptz-tm5CNp)>>

[0786] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 6,5 g (41 mmol) 3-Amino-2,4,6-trimethylbenzonitril, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, 9,4 g (34 mmol) N-(2-Methylphenyl)chlormethyliden-N'-phenyl chlormethylidenhydrazin und 110 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde 19 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 300 ml 1M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde 3 Stunden lang ein Rühren durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogencarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 1 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen weißen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde aus Ethylacetat umkristallisiert, um 5,2 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 40 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 4-(3-Cyano-2,4,6-trimethylphenyl)-3-(2-methylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol (Abkürzung: Hmpptz-tm5CNp) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-4) gezeigt.

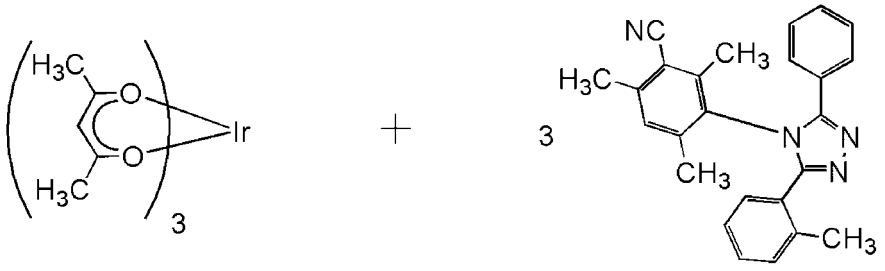


(b-4)

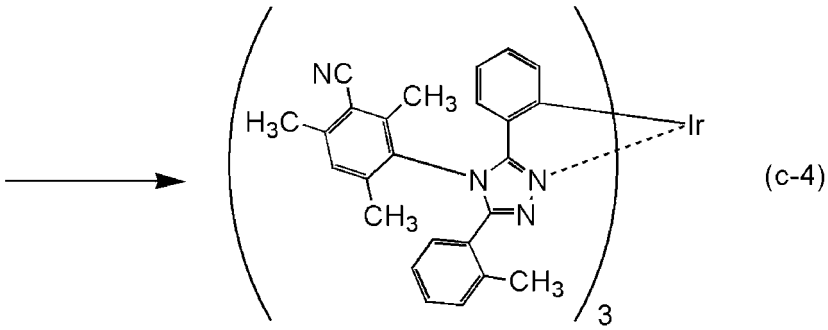
Hmpptz-tm5CNp

<<Schritt 3: Synthese von Tris{2-[4-(3-cyano-2,4,6-trimethylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN²]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$)>>

[0787] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 4,5 g (12 mmol) Hmpptz-tm5CNp, das in dem Schritt 2 erhalten worden war, und 1,2 g (2,4 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 40 Stunden lang bei 250 °C erwärmt. Das Reaktionsgemisch wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 20 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 0,80 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 25 % zu erhalten. Anschließend wurden 0,31 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 315 °C unter einem Druck von 4,7 × 10^{-3} Pa 16 Stunden lang durchgeführt wurde und dann eine Erwärmung bei 320 °C 8,5 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,18 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 58 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-4) gezeigt.



Hmpptz-tm5CNp



(c-4)

Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$

[0788] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 69 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$, welches der

metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (125) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 6 erhalten wurde.

[0789] ^{1}H-NMR δ($CDCl_3$): 1,37-2,18 (m, 18H), 2,30-2,34 (m, 9H), 2,56 (s, 9H), 6,20-6,22 (m, 3H), 6,58-6,62 (m, 3H), 6,72 (d, 3H), 6,75-6,78 (m, 3H), 6,91-7,02 (m, 6H), 7,05-7,07 (m, 3H), 7,19-7,20 (m, 6H).

<Eigenschaften von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$>

[0790] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/l) von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 70 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

[0791] Wie in **Fig.** 70 gezeigt, wurde eine blaugrüne Lichtemission mit Emissionspeaks bei 484 nm und 502 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ beobachtet.

[0792] Als Nächstes wurde Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0793] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 μm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde ferner auf eine derartige Weise hergestellt, dass Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 μl.

[0794] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 70 : 10 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0795] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1324,49, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit- (TOF-) MS werden in **Fig.** 71 gezeigt.

[0796] **Fig.** 71 zeigt, dass die Produktionen von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 947 und bei etwa m/z = 919 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 71 zeigen Eigenschaften, die von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0797] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 947 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand Hmpptz-tm5CNp von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ eliminiert worden ist, und das Produktion bei etwa m/z = 919 ein Kation in einem Zustand ist, in dem zwei Methyl-Gruppen ferner von dem Produktion bei etwa m/z = 947 eliminiert worden sind, und dies ist eine Eigenschaft von Ir(mpptz-tm5CNp).

[0798] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Mes-

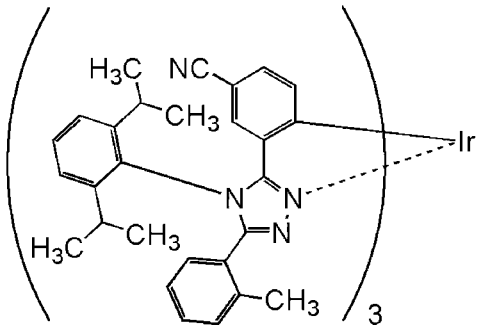
sung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0799] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Oxidationspotential von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ 0,46 V und war das Reduktionspotential davon -2,58 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden, jeweils -5,40 eV und -2,37 eV.

[Referenzbeispiel 10]

<Synthesebeispiel 7>

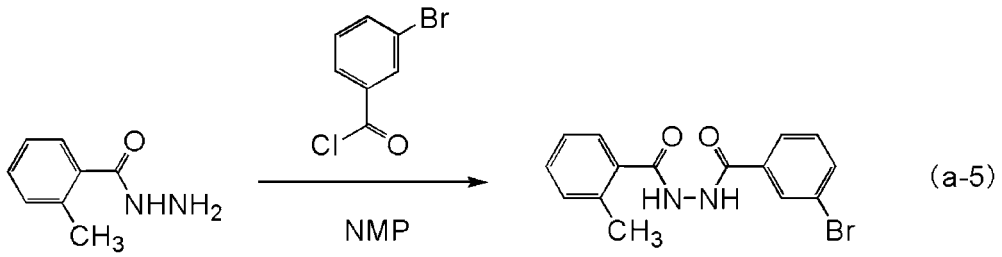
[0800] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von Tris{4-cyano-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$) beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (126) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von N-3-Brombenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid>>

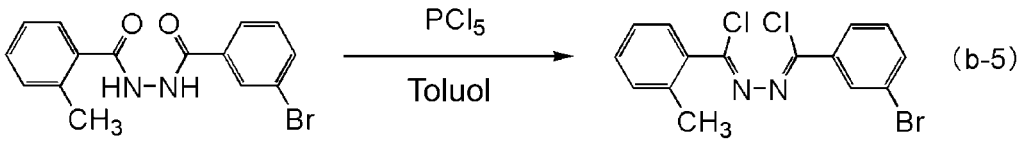
[0801] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 25 g (166 mmol) o-Toluylhydrazid und 120 ml N-Methyl-2-pyrrolidinon (NMP) gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt, und das Gemisch wurde gerührt, während es mit Eis gekühlt wurde. Zu dieser gemischten Lösung wurde langsam und tropfenweise eine gemischte Lösung aus 37 g (166 mmol) 3-Brombenzoylchlorid und 50 ml NMP gegeben, und das Gemisch wurde 20 Stunden lang gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 300 ml Wasser gegeben, so dass ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefallene Feststoff wurde einer Ultraschallreinigung unterzogen, bei der Wasser und 1M Chlorwasserstoffsäure alternierend verwendet wurden. Dann wurde eine Ultraschallreinigung des Feststoffs unter Verwendung von Ethanol durchgeführt, wodurch 40 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 71 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-3-Brombenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-5) gezeigt.



(a-5)

<<Schritt 2: Synthese von N-Chlor-3-bromphenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon> >

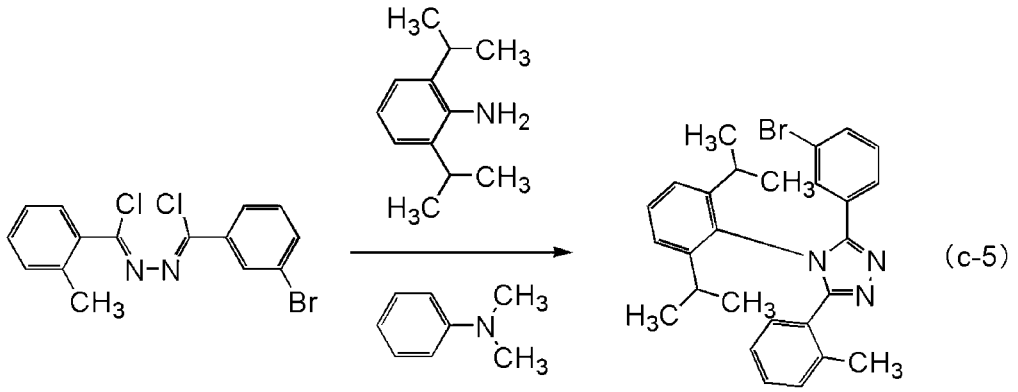
[0802] In einen 2000 ml Dreihalskolben wurden 40 g (119 mmol) N-3-Brombenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, und 800 ml Toluol gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 75 g (360 mmol) Phosphorpentachlorid gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 8 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 120 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 400 ml Wasser gegeben, und das Gemisch wurde 30 Minuten lang bei Raumtemperatur gerührt. Nach dem Rühren wurde der ausgefällte Feststoff durch Filtration entfernt, wurde das Filtrat in eine wässrige Schicht und eine organische Schicht getrennt und wurde die wässrige Schicht einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Eine Lösung, die durch Kombination der erhaltenen Lösung des Extrakts und der organischen Schicht erhalten wurde, wurde langsam zu 400 ml einer 2 M Kaliumhydroxidlösung gegeben, und die Lösung wurde 48 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und die kombinierte Lösung wurde mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde Toluol verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um 43 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 97 % zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-Chlor-3-bromphenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-5) gezeigt.



(b-5)

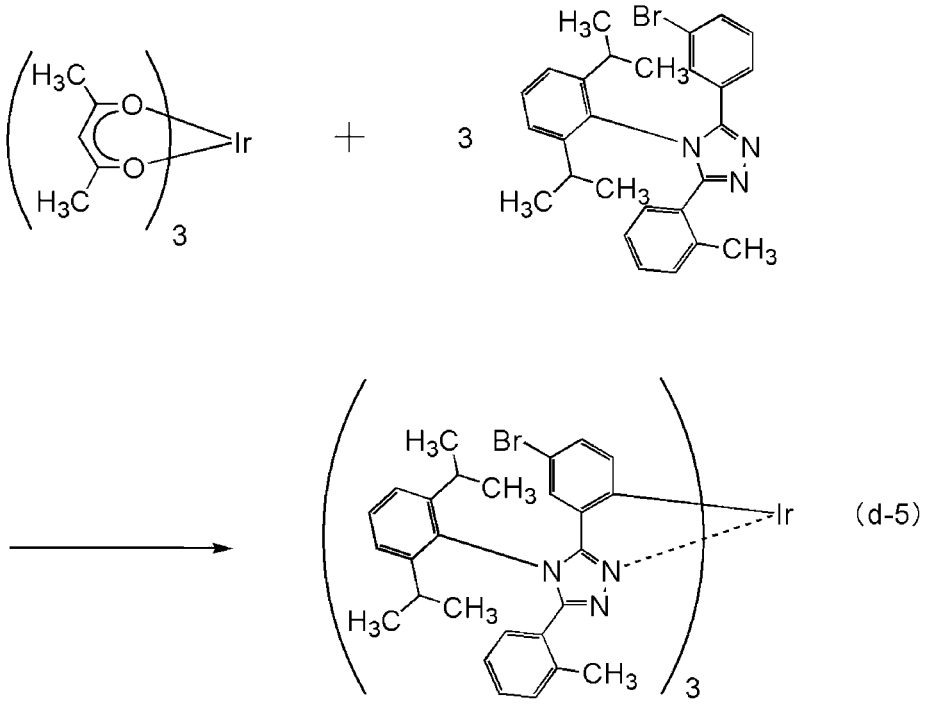
<<Schritt 3: Synthese von 3-(3-Bromphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol >>

[0803] In einen 1000 ml Dreihalskolben wurden 30 g (81,0 mmol) N-Chlor-3-bromphenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, 43 g (243 mmol) 2,6-Diisopropylanilin und 250 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 13 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 500 ml 3M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde 30 Minuten lang ein Rühren durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit Wasser, einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogenkarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zum Trocknen zugegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der Feststoff wurde aus einem gemischten Lösungsmittel aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 18 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 46 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 3-(3-Bromphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-5) gezeigt.



<<Schritt 4: Synthese von Tris{4-brom-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-y l-κN²]phenyl-κC}iridium(III)>>

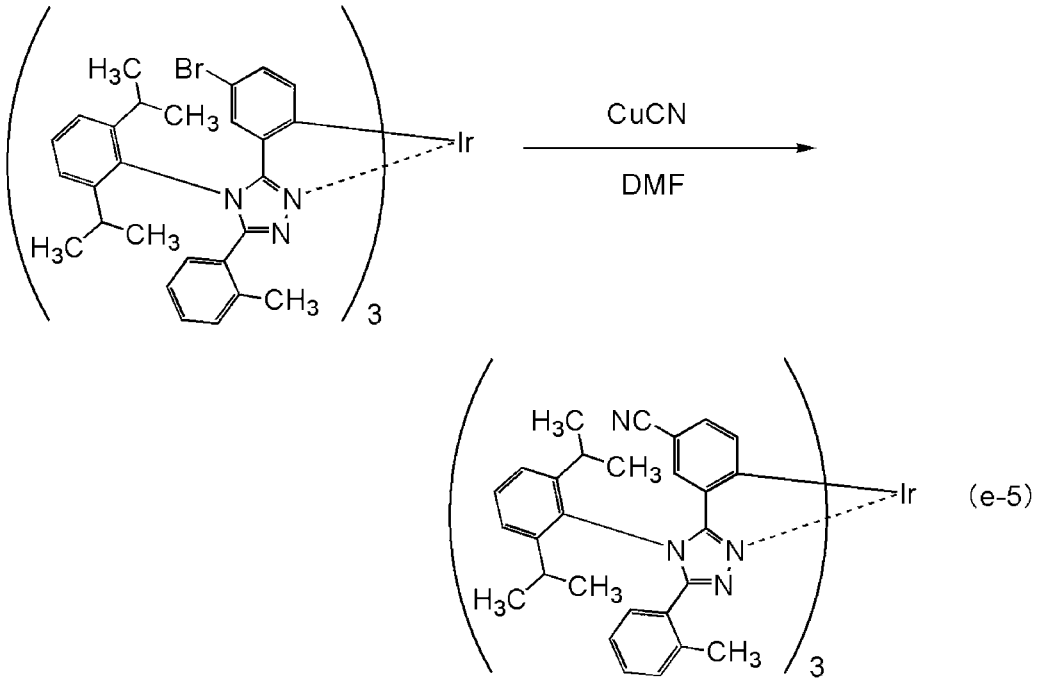
[0804] Als Nächstes wurden in einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, 4,8 g (10 mmol) 3-(3-Bromphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol, das in dem Schritt 3 erhalten worden war, und 1,0 g (2,0 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben und 40 Stunden lang bei 250 °C erwärmt, um eine Reaktion herbeizuführen. Das erhaltene Reaktionsgemisch wurde in Dichlormethan aufgelöst, und ein unlöslicher Feststoff wurde durch Saugfiltration entfernt. Das erhaltene Filtrat wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde Dichlormethan verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde mit einem gemischten Lösungsmittel aus Dichlormethan und Hexan gewaschen, um 1,7 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 53 % zu erhalten. Der gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als Tris{4-brom-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-y l-κN²]phenyl-κC} iridium(III) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 4 wird nachstehend bei (d-5) gezeigt.



<<Schritt 5: Synthese von Tris{4-cyano-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN²]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$)>>

[0805] Als Nächstes wurden 1,2 g (0,74 mmol) Tris{4-brom-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-y l-κN²]phenyl-κC}iridium(III), das in dem Schritt 4 erhalten worden war, und 10 ml Dimethylformamid (DMF) in einen 50 ml Dreihalskolben gegeben, und 0,30 g (3,4 mmol) Kupfercyanid wur-

den hinzugegeben. Dieses Gemisch wurde erwärmt und 44 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurden 10 ml Ammoniakwasser und 10 ml Wasser zu der Reaktionslösung gegeben, und die Lösung wurde bei Raumtemperatur gerührt. Die erhaltene gemischte Lösung wurde einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen, und die Lösung des Extrakts wurde mit Wasser und gesättigter Salzlösung gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu dieser Lösung zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Diese ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde Dichlormethan verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde aus Ethylacetat umkristallisiert, um 0,61 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 57 % zu erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 5 wird nachstehend bei (e-5) gezeigt.



(e-5)

$Ir(mp5CNptz\text{-}diPrp)_3$

[0806] Die Protonen (^1H) des in dem Schritt 5 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^1H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 72 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass $Ir(mp5CNptz\text{-}diPrp)_3$, welches der metallorganische Komplex , der durch die Strukturformel (126) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 7 erhalten wurde.

[0807] ^1H-NMR $\delta(CDCl_3)$: 0,74-0,80 (m, 27H), 0,93 (d, 9H), 2,13-2,17 (m, 3H), 2,32 (s, 9H), 2,65-2,70 (m, 3H), 6,33 (d, 3H), 6,81 (d, 3H), 6,91 (t, 3H), 6,96-7,01 (m, 6H), 7,12-7,27 (m, 9H), 7,30 (d, 3H), 7,56 (t, 3H).

<Eigenschaften von $Ir(mp5CNptz\text{-}diPrp)_3$>

[0808] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/l) von $Ir(mp5CNptz\text{-}diPrp)_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 73 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 73 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[0809] Wie in **Fig.** 73 gezeigt, wurde eine blaue Lichtemission mit Emissionspeaks bei 460 nm und 489 nm von der Dichlormethanlösung von $Ir(mp5CNptz\text{-}diPrp)_3$ beobachtet.

[0810] Als Nächstes wurde Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0811] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 μm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde ferner auf eine derartige Weise hergestellt, dass Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 μl.

[0812] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 85 : 15 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0813] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1451,64, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit (TOF)-MS werden in **Fig.** 74 gezeigt.

[0814] **Fig.** 74 zeigt, dass die Produktionen von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 1031 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 74 zeigen Eigenschaften, die von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0815] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 1031 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand 3-(3-Cyanophenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazo l(Abkürzung: Hmp5CNptz-diPrp) von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ eliminiert worden ist, und dies ist eine Eigenschaft von Ir (mp5CNptz-diPrp)$_3$.

[0816] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

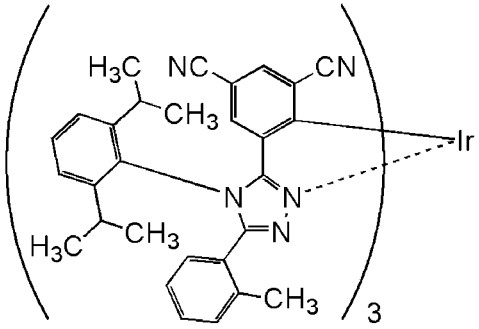
[0817] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Oxidationspotential von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ 0,96 V und war das Reduktionspotential davon -2,59 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden, jeweils -5,90 eV und -2,35 eV.

[Referenzbeispiel 11]

<Synthesebeispiel 8>

[0818] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von Tris{4,6-dicyano-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazo l-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir

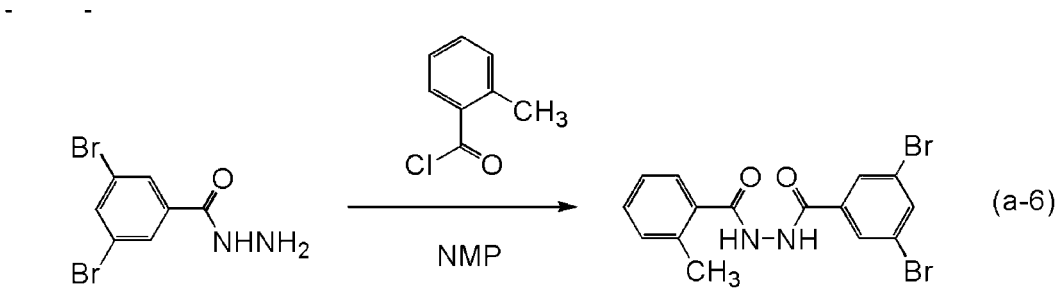
$(mpdCNptz\text{-}diPrp)_3$) beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (128) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von $Ir(mpdCNptz\text{-}diPrp)_3$ wird im Folgenden gezeigt.



$Ir(mpdCNptz\text{-}diPrp)_3$

<<Schritt 1: Synthese von N-3,5-Dibrombenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid>>

[0819] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 24 g (80 mmol) 3,5-Dibrombenzoylhydrazid und 150 ml N-Nethyl-2-pyrrolidinon (NMP) gegeben, und das Gemisch wurde unter einem Stickstoffstrom gerührt, während es mit Eis gekühlt wurde. Zu dieser gemischten Lösung wurde langsam und tropfenweise eine gemischte Lösung aus 12 g (80 mmol) o-Toluoylchlorid und 25 ml NMP gegeben, und das Gemisch wurde 20 Stunden lang gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 300 ml Wasser gegeben, so dass ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefallene Feststoff wurde einer Ultraschallreinigung unterzogen, bei der Wasser und 1M Chlorwasserstoffsäure alternierend verwendet wurden. Dann wurde eine Ultraschallreinigung des Feststoffs unter Verwendung von Ethanol durchgeführt, wodurch 31 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 93 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-3,5-Dibrombenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-6) gezeigt.

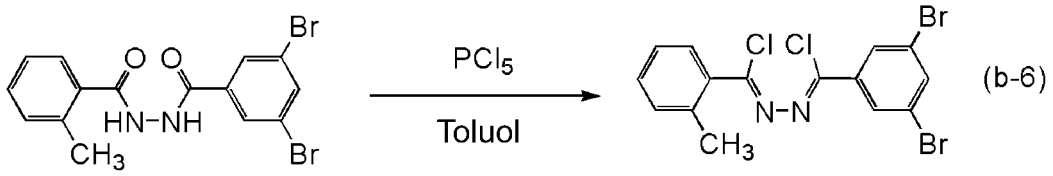


(a-6)

<<Schritt 2: Synthese von N-Chlor-3,5-dibromphenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydrazon>>

[0820] In einen 1000 ml Dreihalskolben wurden 31 g (75 mmol) N-3,5-Dibrombenzoyl-N'-2-methylbenzoylhydrazid, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, und 500 ml Toluol gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 50 g (240 mmol) Phosphorpentachlorid gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 4 Stunden lang bei 120 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 500 ml Wasser gegeben, und das Gemisch wurde 30 Minuten lang bei Raumtemperatur gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen. Ein Gemisch, das durch Kombinieren der erhaltenen Lösung des Extrakts und der organischen Schicht erhalten wurde, wurde langsam zu 400 ml einer 1M wässrigen Lösung von Natriumhydroxid gegeben, und das Gemisch wurde bei Raumtemperatur 30 Minuten lang gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogenkarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung

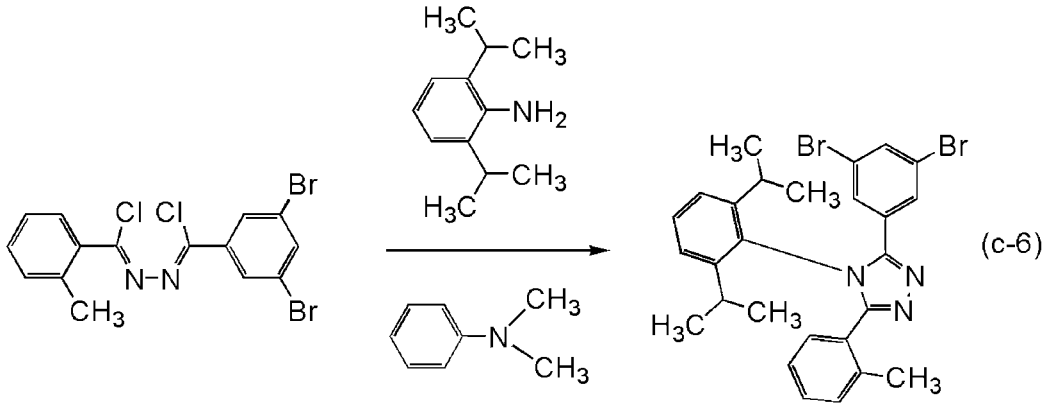
zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Hexan wurde zu dem erhaltenen Feststoff gegeben, und eine Bestrahlung mit Ultraschallwellen wurde durchgeführt. Ein Feststoff wurde durch Saugfiltration gesammelt, um 27 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 81 % zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-Chlor-3,5-dibromphenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydraz on identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-6) gezeigt.



(b-6)

<<Schritt 3: Synthese von 3-(3,5-Dibromphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-tria zol>>

[0821] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 27 g (60 mmol) N-Chlor-3,5-dibromphenylmethyliden-N'-chlor-2-methylphenylmethylidenhydraz on, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, 32 g (180 mmol) 2,6-Diisopropylanilin und 200 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde 14 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 500 ml 3M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde 1 Stunde lang ein Rühren durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Ethylacetat unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogenkarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Anschließend wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Hexan wurde zu dem erhaltenen Feststoff gegeben, und das Gemisch wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und dann einer Saugfiltration unterzogen, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 9,4 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 28 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 3-(3,5-Dibromphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-tria zol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-6) gezeigt.

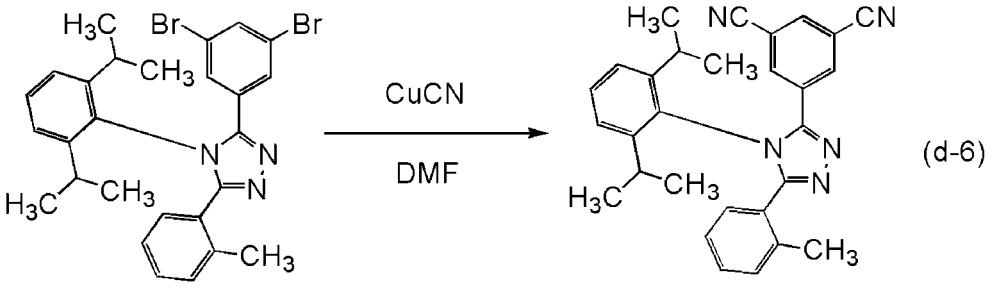


(c-6)

<<Schritt 4: Synthese von 3-(3,5-Dicyanophenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-tri azol (Abkürzung: HmpdCNptz-diPrp)>>

[0822] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 6,0 g (11 mmol) 3-(3,5-Dibromphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-tria zol, das in dem Schritt 3 synthetisiert worden war, und 36 ml N,N-Dimethylformamid gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 2,9 g (33 mmol) Kupfercyanid gegeben, und

das Gemisch wurde erwärmt und 29,5 Stunden lang bei 150 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurden 60 ml Ammoniakwasser und 60 ml Wasser zu dieser Reaktionslösung gegeben, und ein Rühren wurde bei Raumtemperatur 2 Stunden lang durchgeführt. Chloroform wurde zu diesem Gemisch gegeben, und das Gemisch wurde einer Extraktion unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde zweimal mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1 : 5 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 2,0 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 42 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 3-(3,5-Dicyanophenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-tri azol (Abkürzung: HmpdCNptz-diPrp) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 4 wird nachstehend bei (d-6) gezeigt.

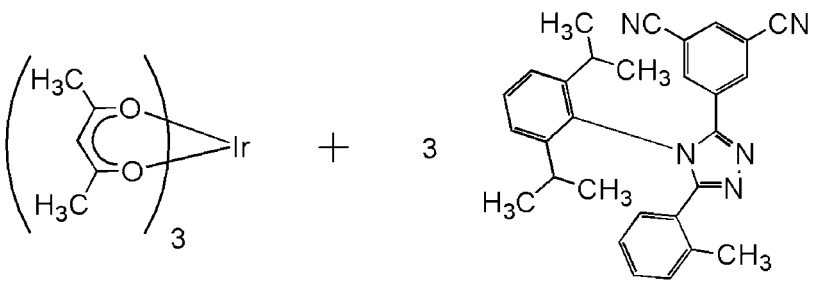


(d-6)

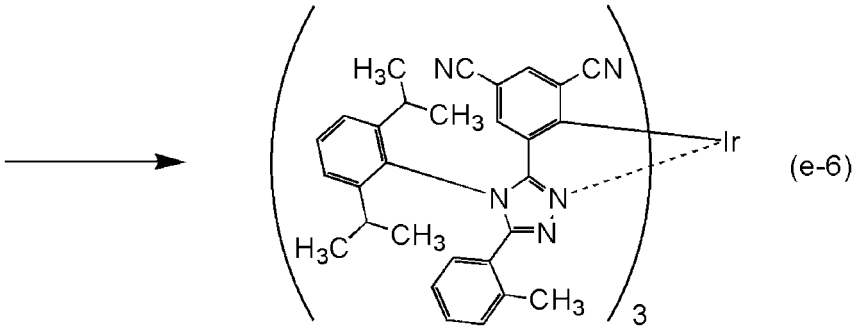
HmpdCNptz-diPrp

<<Schritt 5: Synthese von Tris{4, 6-dicyano-2-[4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-(2-methylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpdCNptz-diPrp)3)>>

[0823] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 2,0 g (4,5 mmol) HmpdCNptz-diPrp, das in dem Schritt 4 synthetisiert worden war, und 0,44 g (0,90 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 37 Stunden lang unter einem Argonstrom bei 250 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Das erhaltene Reaktionsgemisch wurde zu Dichlormethan gegeben, und das Gemisch wurde einer Filtration unterzogen, um einen unlöslichen Bestandteil zu entfernen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst Dichlormethan verwendet, und dann wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan/Ethylacetat in einem Verhältnis von 100 : 3 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 0,31 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 22 % zu erhalten. Anschließend wurden 0,31 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 310 °C unter einem Druck von 3,0 × 10^{-3} Pa 38 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,19 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 60 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 5 wird nachstehend bei (e-6) gezeigt.



HmpdCNptz-diPrp



Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$

[0824] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 5 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 75 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$, welches der metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (128) dargestellt wird, in diesem Synthesebeispiel erhalten wurde.

[0825] ^{1}H-NMR. δ(CD_2Cl_2): 0,17 (d, 3H), 0,32 (d, 3H), 0,37 (d, 3H), 0,54 (d, 3H), 0,64-0,67 (m, 6H), 0,74-0,78 (m, 6H), 0,92 (d, 3H), 1,02 (d, 3H), 1,06-1,11 (m, 6H), 1,88-1,97 (m, 2H), 2,23-2,28 (m, 1H), 2,38 (s, 3H), 2,45 (s, 3H), 2,48 (s, 3H), 2,82-2,87 (m, 1H), 3,11-3,16 (m, 1H), 6,23 (d, 1H), 6,46 (d, 1H), 6,58 (d, 1H), 6,69 (d, 1H), 6,73 (d, 1H), 6,77-6,83 (m, 2H), 6,87-6,94 (m, 2H), 7,16-7,39 (m, 14H), 7,49-7,50 (m, 2H), 7,57 (t, 3H).

<Eigenschaften von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$>

[0826] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0125 mmol/l) von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 76 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 76 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung (0,0125 mmol/l) in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[0827] Wie in **Fig.** 76 gezeigt, wurde eine blaue Lichtemission mit Emissionspeaks bei 470 nm und 499 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ beobachtet.

[0828] Als Nächstes wurde Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0829] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 µm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde ferner auf eine derartige Weise hergestellt, dass Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 µl.

[0830] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 80 : 20 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0831] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1526,62, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit- (TOF-) MS werden in **Fig.** 77 gezeigt.

[0832] **Fig.** 77 zeigt, dass die Produktionen von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 1081 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 77 zeigen Eigenschaften, die von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0833] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 1081 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand HmpdCNptz-diPrp von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ eliminiert worden ist, und dies ist eine Eigenschaft von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$.

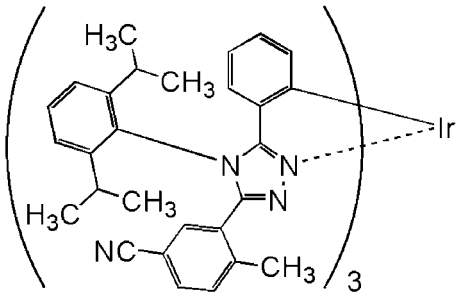
[0834] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0835] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Reduktionspotential von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ -2,20 V. Außerdem war das LUMO-Niveau von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$, das aus den CV-Messergebnissen berechnet wurde, -2,75 eV. Das Oxidationspotential von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ war zu hoch, um einen genauen Wert zu erhalten. Demzufolge ist das HOMO-Niveau von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$, das aus dem CV-Messergebnis berechnet wurde, niedrig, welches auf -6 eV oder niedriger geschätzt wird.

[Referenzbeispiel 12]

<Synthesebeispiel 9>

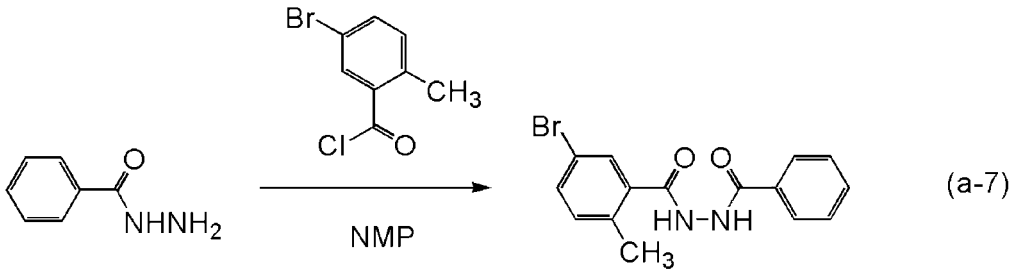
[0836] In diesem Referenzbeispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von Tris{ 2-[5-(5-cyano-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN^2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$) beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (129) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von N-5-Brom-2-methylbenzoyl-N'-benzoylhydrazid>>

[0837] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 15 g (107 mmol) Benzoylhydrazid und 75 ml N-Methyl-2-pyrrolidinon (NMP) gegeben, und das Gemisch wurde unter einem Stickstoffstrom gerührt, während es mit Eis gekühlt wurde. Zu dieser gemischten Lösung wurde langsam und tropfenweise eine gemischte Lösung aus 25 g (107 mmol) 5-Brom-2-methylbenzoylchlorid und 32 ml NMP gegeben, und ein Rühren wurde 23 Stunden lang durchgeführt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 500 ml Wasser gegeben, so dass ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefallene Feststoff wurde einer Ultraschallreinigung unterzogen, bei der Wasser und 1M Chlorwasserstoffsäure alternierend verwendet wurden. Dann wurde eine Ultraschallreinigung des Feststoffs unter Verwendung von Ethanol durchgeführt, wodurch 33 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 92 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz-(NMR-) Spektroskopie als N-5-Brom-2-methylbenzoyl-N'-benzoylhydrazid identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-7) gezeigt.

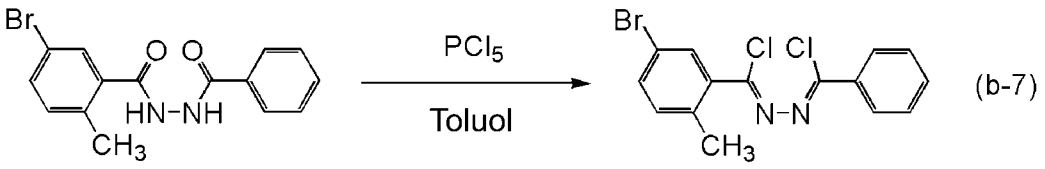


(a-7)

<<Schritt 2: Synthese von N-Chlor-5-brom-2-methylphenylmethyliden-N'-chlorphenylmethylidenhydrazon> >

[0838] In einen 1000 ml Dreihalskolben wurden 27 g (80 mmol) N-5-Brom-2-methylbenzoyl-N'-benzoylhydrazid, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, und 500 ml Toluol gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 50 g (240 mmol) Phosphorpentachlorid gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 8 Stunden lang bei 120 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung langsam zu 500 ml Wasser gegeben, und das Gemisch wurde 30 Minuten lang bei Raumtemperatur gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden gesammelt, und die organische Schicht wurde langsam zu 400 ml einer 1M wässrigen Lösung von Natriumhydroxid gegeben, und das Gemisch wurde bei Raumtemperatur 30 Minuten lang gerührt. Eine wässrige Schicht und eine organische Schicht dieses Gemischs wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogenkarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Hexan wurde zu dem erhaltenen Feststoff gegeben, und das Gemisch wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und dann einer Saugfiltration unterzogen, um 22 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 75 % zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-Chlor-5-brom-2-methylphenylmethyliden-N'-chlorphenylmethylidenhydrazon identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend

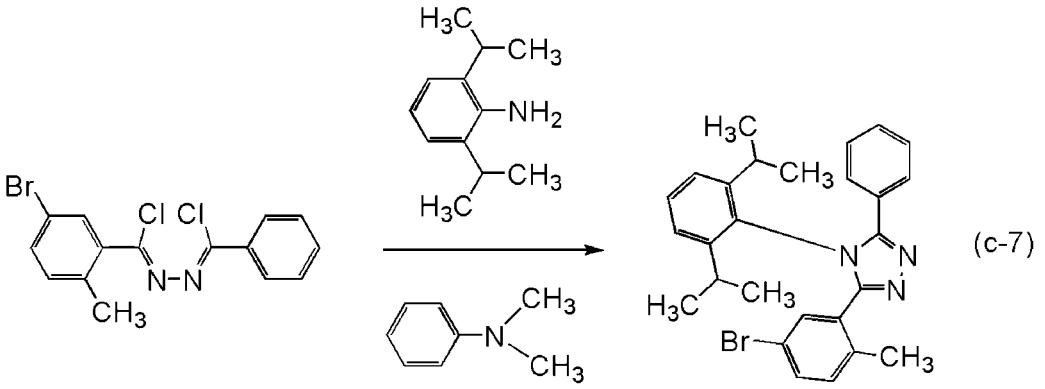
bei (b-7) gezeigt.



(b-7)

<<Schritt 3: Synthese von 3-(5-Brom-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol> >

[0839] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 22 g (66 mmol) N-Chlor-5-brom-2-methylphenylmethyliden-N'-chlorphenylmethylidenhydrazon, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, 35 g (199 mmol) 2,6-Diisopropylanilin und 200 ml N,N-Dimethylanilin gegeben, und das Gemisch wurde 11,5 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 160 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung zu 500 ml 3M Chlorwasserstoffsäure gegeben und wurde ein Rühren für 1 Stunde durchgeführt, und eine organische Schicht und eine wässrige Schicht wurden getrennt. Die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Ethylacetat unterzogen. Die organische Schicht und die erhaltene Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Lösung von Natriumhydrogenkarbonat und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Anschließend wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 13 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 42 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 3-(5-Brom-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-7) gezeigt.

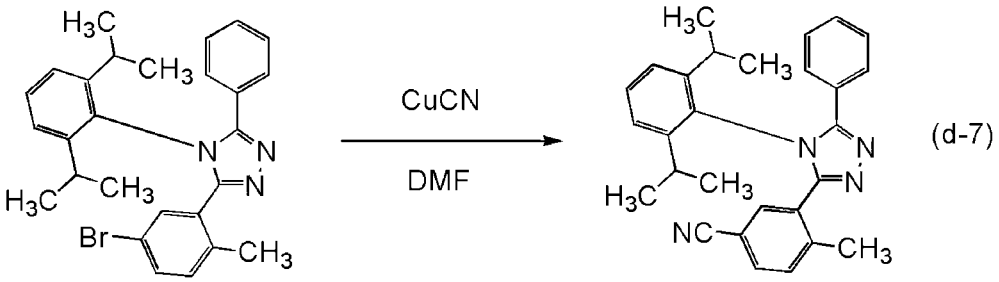


(c-7)

<<Schritt 4: Synthese von 3-(5-Cyano-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol (Abkürzung: HmCNpptz-diPrp>>

[0840] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 10 g (21 mmol) 3-(5-Brom-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol, das in dem Schritt 3 synthetisiert worden war, und 70 ml N,N-Dimethylformamid gegeben. Zu dieser gemischten Lösung wurden 2,8 g (32 mmol) Kupfercyanid gegeben, und die Lösung wurde erwärmt und 43 Stunden lang bei 150 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurden 100 ml Ammoniakwasser und 100 ml Wasser zu dieser Reaktionslösung gegeben, und ein Rühren wurde bei Raumtemperatur 30 Minuten lang durchgeführt. Chloroform wurde zu diesem Gemisch gegeben, und das Gemisch wurde einer Extraktion unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde zweimal mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde wasserfreies Magnesiumsulfat zu der Lösung zum Trocknen gegeben, und das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst ein gemischtes Lösungsmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1 : 5 verwendet, und dann wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis

von 1 : 3 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 1,9 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 21 % zu erhalten. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 3-(5-Cyan-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-5-phenyl-4H-1,2,4-triazol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 4 wird nachstehend bei (d-7) gezeigt.

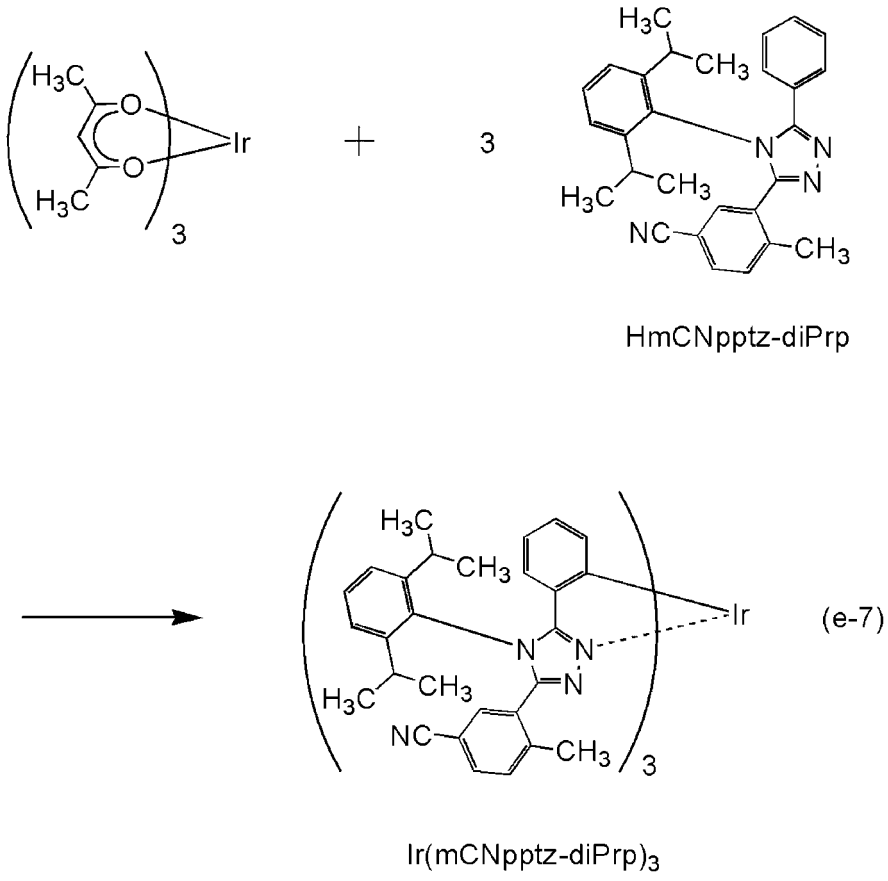


(d-7)

HmCNpptz-diPrp

<<Schritt 5: Synthese von Trist 2-[5-(5-cyano-2-methylphenyl)-4-(2,6-diisopropylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN²]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$>>

[0841] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 1,9 g (4.4 mmol) HmCNpptz-diPrp, das in dem Schritt 4 synthetisiert worden war, und 0,43 g (0,89 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 40,5 Stunden lang unter einem Argonstrom bei 250 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Das erhaltene Reaktionsgemisch wurde zu Dichlormethan gegeben, und das Gemisch wurde einer Filtration unterzogen, um einen unlöslichen Bestandteil zu entfernen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst Dichlormethan verwendet, und dann wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan/Ethylacetat in einem Verhältnis von 100 : 3 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, um 0,27 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 21 % zu erhalten. Anschließend wurden 0,27 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch ein Train-Sublimationsverfahren gereinigt. Die Sublimationsreinigung wurde durchgeführt, indem eine Erwärmung bei 310 °C unter einem Druck von 8,6 × 10^{-3} Pa 17 Stunden lang durchgeführt wurde. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,16 g eines gelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 61 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 5 wird nachstehend bei (e-7) gezeigt.



[0842] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 5 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 78 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$, welches der metallorganische Komplex ist, der durch die Strukturformel (129) dargestellt wird, in diesem Synthesebeispiel erhalten wurde.

[0843] ^{1}H-NMR. δ (CD_2Cl_2): 0,72 (d, 9H), 0,80-0,83 (m, 18H), 0,93 (d, 9H), 2,15-2,21 (m, 3H), 2,35 (s, 9H), 2,69-2,74 (m, 3H), 6,21 (d, 3H), 6,52 (t, 3H), 6,70 (t, 3H), 6,80 (d, 3H), 7,07 (d, 3H), 7,29-7,31 (m, 6H), 7,34 (d, 3H), 7,45 (d, 3H), 7,56 (t, 3H).

<Eigenschaften von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$>

[0844] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/l) von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Referenzbeispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 79 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 79 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung (0,0100 mmol/L) in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[0845] Wie in **Fig.** 79 gezeigt, wurde eine blaugrüne Lichtemission mit einem Emissionspeak bei 499 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ beobachtet.

[0846] Als Nächstes wurde Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$, welches in diesem Referenzbeispiel erhalten wurde, einer Massenspektrometrie- (MS-) Analyse durch Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) unterzogen.

[0847] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie- (LC-) Trennung mit ACQUITY UPLC (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2

Tof MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC BEH C8 (2,1 × 100 mm, 1,7 μm) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur war 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Eine Probe wurde ferner auf eine derartige Weise hergestellt, dass Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ in Chloroform in einer gegebenen Konzentration aufgelöst wurde und das Gemisch mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge betrug 5,0 μl.

[0848] Bei der LC-Trennung wurde ein Gradientenverfahren eingesetzt, bei dem die Zusammensetzung der mobilen Phasen verändert wurde. Das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B nach dem Beginn der Messung betrug 80 : 20 für Minute 0 bis 1, und anschließend wurde die Zusammensetzung verändert, so dass das Verhältnis der mobilen Phase A zu der mobilen Phase B 10 Minuten nach dem Beginn der Messung 95 : 5 betrug. Das Verhältnis wurde bis zur Minute 15 gleich gehalten. Das Zusammensetzungsverhältnis wurde linear verändert.

[0849] Bei der MS-Analyse wurde eine Ionisation durch ein Elektrosprayionisations- (ESI-) Verfahren durchgeführt. Dabei wurden die Kapillarspannung und die Probenkegel-Spannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und eine Detektion wurde in einem positiven Modus durchgeführt. Ein Bestandteil mit m/z von 1451,65, der unter den zuvor beschriebenen Bedingungen ionisiert worden war, wurde in einer Kollisionszelle zur Kollision mit einem Argongas gebracht, so dass er in Produktionen dissoziierte. Energie (Kollisionsenergie) zur Kollision mit Argon betrug 50 eV. Der Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 2000. Die Ergebnisse der Detektion der dissoziierten Produktionen mittels Flugzeit (TOF)-MS werden in **Fig.** 80 gezeigt.

[0850] **Fig.** 80 zeigt, dass die Produktionen von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ hauptsächlich bei etwa m/z = 1031 erfasst wurden. Die Ergebnisse in **Fig.** 80 zeigen Eigenschaften, die von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ abgeleitet worden sind, und können deshalb als wichtige Daten betrachtet werden, um Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ zu identifizieren, das in dem Gemisch enthalten ist.

[0851] Es wird angenommen, dass das Produktion bei etwa m/z = 1031 ein Kation in einem Zustand ist, in dem der Ligand HmCNpptz-diPrp von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ eliminiert worden ist, und dies ist eine Eigenschaft von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$.

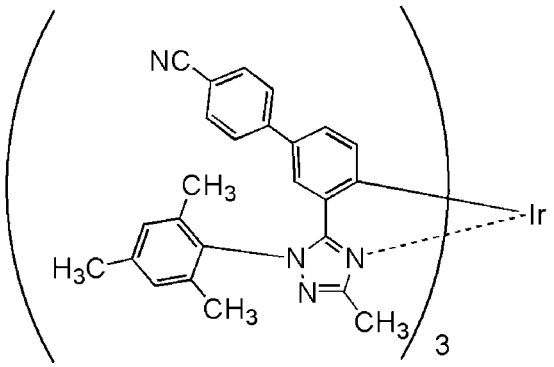
[0852] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0853] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Oxidationspotential von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ 0,48 V und war das Reduktionspotential davon -2,51 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden, jeweils -5,42 eV und -2,43 eV.

[Referenzbeispiel 13]

<Synthesebeispiel 10>

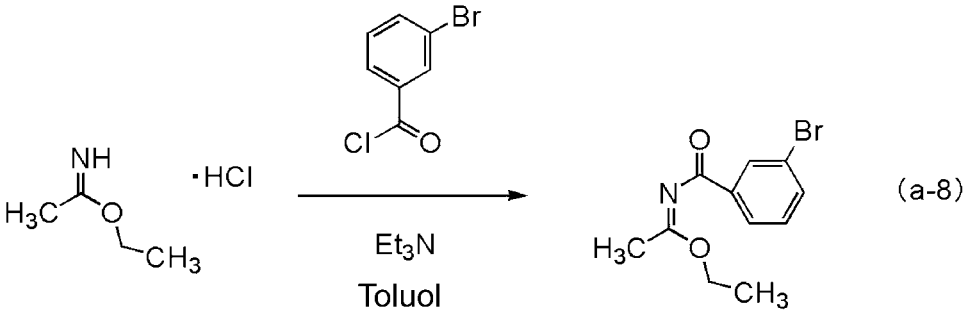
[0854] In diesem Referenzbeispiel wird ein Synthesebeispiel von Tris{4'-cyano-3-[3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN^4]-1, 1'-biphenyl-4-yl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$) im Detail beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (130) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von N-(1-Ethoxyethyliden)-3-brombenzamid>>

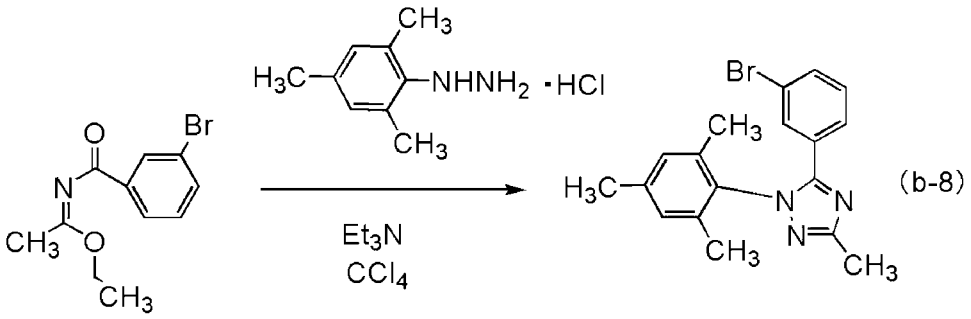
[0855] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 10 g (81 mmol) Ethylacetimidathydrochlorid, 150 ml Toluol und 20 g (202 mmol) Triethylamin (Et_3N) gegeben, und das Gemisch wurde unter einem Stickstoffstrom 10 Minuten lang bei Raumtemperatur gerührt. In dieses Gemisch wurden dann ein gemischtes Lösungsmittel aus 18 g (81 mmol) 3-Brombenzoylchlorid und 30 ml Toluol getropft, und ein Rühren wurde 24 Stunden lang bei Raumtemperatur durchgeführt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung einer Saugfiltration unterzogen, um einen Feststoff zu entfernen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um 19 g einer gelben öligen Substanz in einer Ausbeute von 87 % zu erhalten. Die erhaltene gelbe ölige Substanz wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als N-(1-Ethoxyethyliden)-3-brombenzamid identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-8) gezeigt.



(a-8)

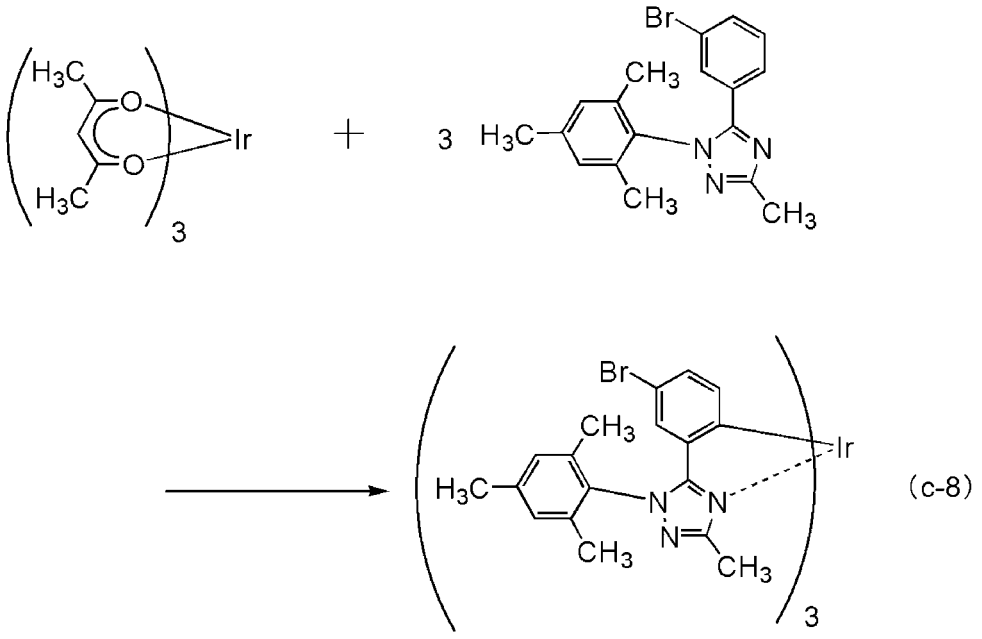
<<Schritt 2: Synthese von 5-(3-Bromphenyl)-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol>>

[0856] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 13 g (70 mmol) 2,4,6-Trimethylphenylhydrazinhydrochlorid und 140 ml Kohlenstofftetrachlorid gegeben, 14 g (140 mmol) Triethylamin (Et_3N) wurden zu diesem Gemisch gegeben, und das Gemisch wurde 1 Stunde lang bei Raumtemperatur gerührt. Dann wurden 19 g (70 mmol) N-(1-Ethoxyethyliden)-3-brombenzamid, das in dem Schritt 1 synthetisiert worden war, hinzugegeben, und das Gemisch wurde 17 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei Raumtemperatur gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde Wasser zu der Reaktionslösung gegeben, und eine organische Schicht und wässrige Schicht wurden getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Chloroform unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit Wasser und einer gesättigter Salzlauge gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und das Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst Dichlormethan verwendet, und dann wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 9 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um 16 g einer gelben öligen Substanz in einer Ausbeute von 65 % zu erhalten. Die erhaltene gelbe ölige Substanz wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 5-(3-Bromphenyl)-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-8) gezeigt.



<<Schritt 3: Synthese von Tris[3-brom-2-{1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN⁴}phenyl-κC]iridium(III)>>

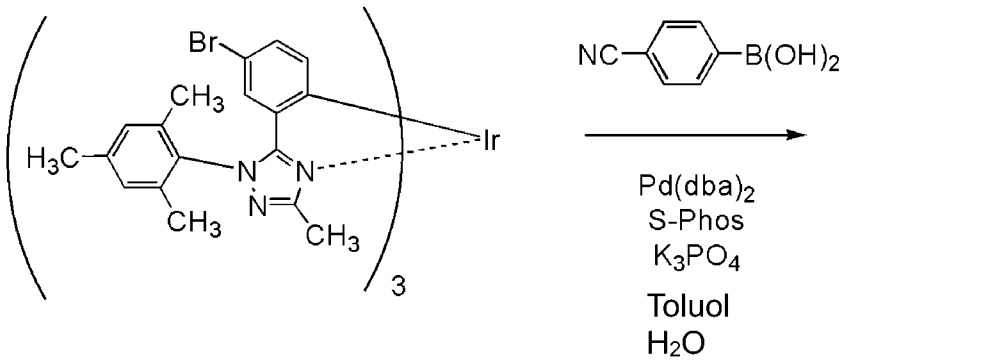
[0857] In einen Reaktionsbehälter, der mit einem Dreiwegeventil bereitgestellt ist, wurden 5,2 g (14 mmol) 5-(3-Bromphenyl)-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol, das in dem Schritt 2 synthetisiert worden war, und 1,4 g (2.9 mmol) Tris(acetylacetonato)iridium(III) gegeben, und das Gemisch wurde 42 Stunden lang bei 250 °C erwärmt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde das Reaktionsgemisch durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 40 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 0,77 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 22 % erhalten wurden. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als Tris[3-brom-2-{1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN⁴} phe nyl-κC]iridium(III) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-8) gezeigt.

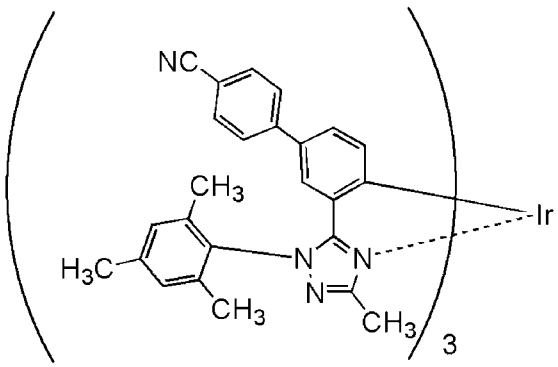


<<Schritt 4: Synthese von Tris{4'-cyano-3-[3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN⁴]-1, 1'-biphenyl-4-yl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(MCN5btzl-tmp)$_3$)>>

[0858] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 0,76 g (0,61 mmol) Tris[3-brom-2-{1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN⁴}phe nyl-κC]iridium(III), das in dem Schritt 3 synthetisiert worden war, 0,54 g (3,67 mmol) 4-Cyanophenylboronsäure, 68 mg (0,15 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) und 0,59 g (0,15 mmol) Kaliumphosphat gegeben, und 40 ml Toluol sowie 5 ml Wasser wurden zu diesem Gemisch gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt. Zu diesem Gemisch wurden 42 mg (0,073 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) gegeben, und das Gemisch wurde 18 Stunden lang bei 90 °C erwärmt. Zu diesem Gemisch wurden 64 mg (0,15 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) und 42 mg (0,073 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0)

gegeben, und das Gemisch wurde 3,5 Stunden lang bei 90 °C erwärmt. Anschließend wurde die wässrige Schicht des erhaltenen Gemischs einer Extraktion mit Toluol unterzogen, und die erhaltene Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und das Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 10 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 0,146 g eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 18 % erhalten wurden. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als Tris{4'-cyano-3-[3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN⁴]-1, 1'-biphenyl-4-yl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 4 wird nachstehend bei (d-8) gezeigt.





(d-8)

Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$

[0859] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 4 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 81 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass der metallorganische Komplex Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$, der durch die Strukturformel (130) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 10 erhalten wurde.

[0860] ^{1}H-NMR δ ($CDCl_3$): 1,8 (s, 9H), 2,15 (s, 9H), 2,17 (s, 9H), 2,44 (s, 9H), 6,62 (d, 3H), 6,67 (d, 3H), 6,97 (dd, 3H), 7,08 (s, 3H), 7,15 (s, 3H), 7,21 (d, 6H), 7,51 (d, 6H).

<Eigenschaften von Ir(MCN5btzl-tmp)$_3$>

[0861] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,0029 mmol/l) von Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 82 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei ange-

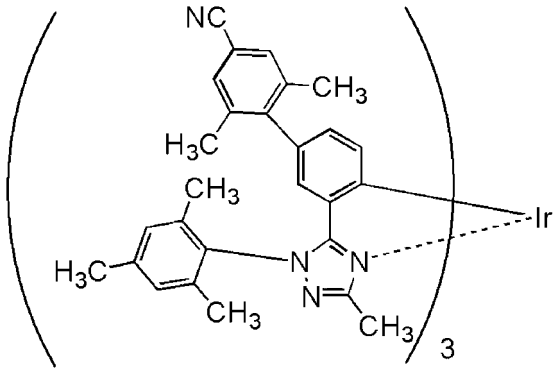
merkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 82 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[0862] Wie in **Fig.** 82 gezeigt, wurde eine grüne Lichtemission mit Emissionspeaks bei 506 nm und 541 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$ beobachtet.

[Referenzbeispiel 14]

<Synthesebeispiel 11>

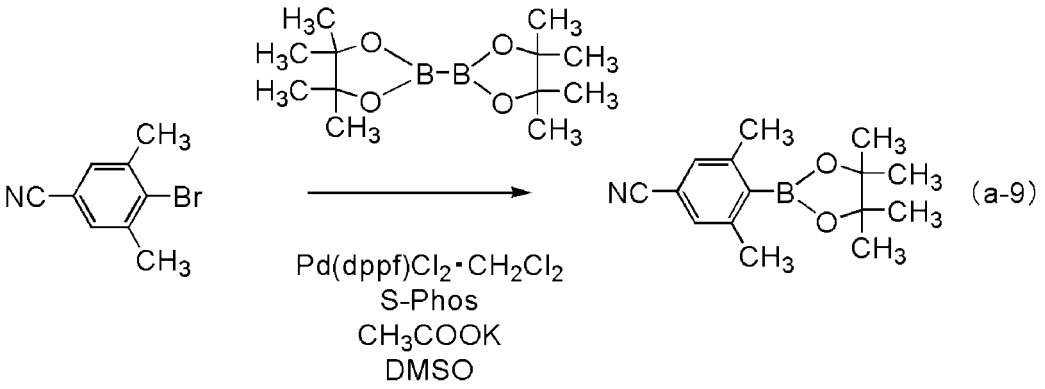
[0863] In diesem Referenzbeispiel wird ein Synthesebeispiel von Tris{4'-cyano-2',6'-dimethyl-3-[3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazo l-5-yl-κN^4]-1,1'-biphenyl-4-yl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$) im Detail beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex ist, der durch die Strukturformel (131) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.



Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$

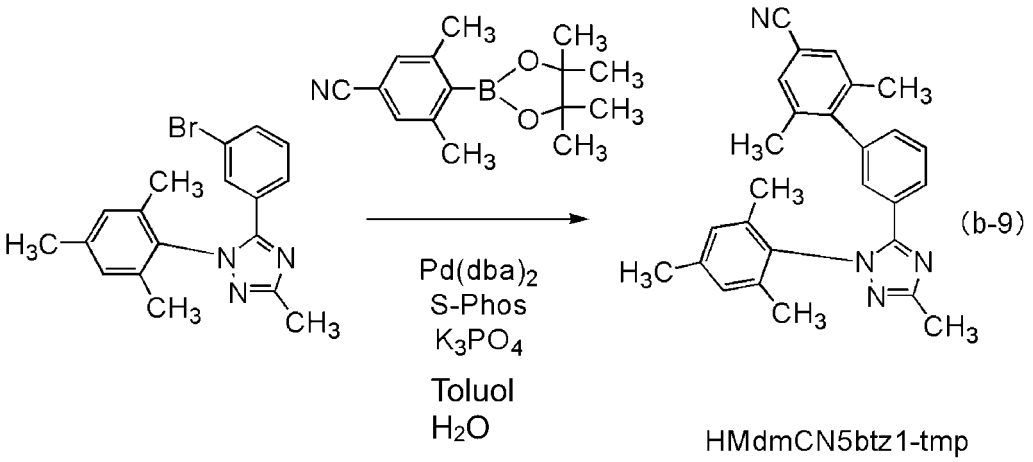
<<Schritt 1: Synthese von 4-Cyano-2,6-dimethylphenylboronsäurepinacolester>>

[0864] In einen Dreihalskolben wurden zuerst 5,0 g (24 mmol) 4-Brom-3,5-dimethylbenzonitril, 7,3 g (29 mmol) Bis(pinacolato)diboron, 8,4 g (86 mmol) Kaliumacetat und 120 ml Dimethylsulfoxid (DMSO) gegeben, und die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt. Zu diesem Gemisch wurden 0,20 g (0,24 mmol) eines [1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocen]palladium(II)dichlormethan-Addukts und 0,20 g (0,48 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 7 Stunden lang bei 90 °C gerührt. Zu diesem Gemisch wurden ferner 0,20 g (0,24 mmol) eines [1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocen]palladium(II)dichlormethan-Addukts, 0,20 g (0,48 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) und 3,5 g (14 mmol) Bis(pinacolato)diboron gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 17 Stunden lang bei 100 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Wasser wurde zu der Reaktionslösung gegeben, um die Lösung in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht zu trennen, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Eine Lösung, die durch Kombination der organischen Schicht und der Lösung des Extrakts erhalten wurde, wurde mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zum Trocknen dazugegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und das Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch eine Flash-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde zuerst ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 10 : 1 (v : v) verwendet, und dann wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde mit Toluol und Hexan gewaschen, so dass 3,5 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 57 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz-(NMR-) Spektroskopie als 4-Cyano-2,6-dimethylphenylboronsäurepinacolester identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-9) gezeigt.



<<Schritt 2: Synthese von 5-(4'-Cyano-2',6'-dimethyl-1,1'-biphenyl-3-yl)-3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol (Abkürzung: HMdmCN5btz1-tmp)>>

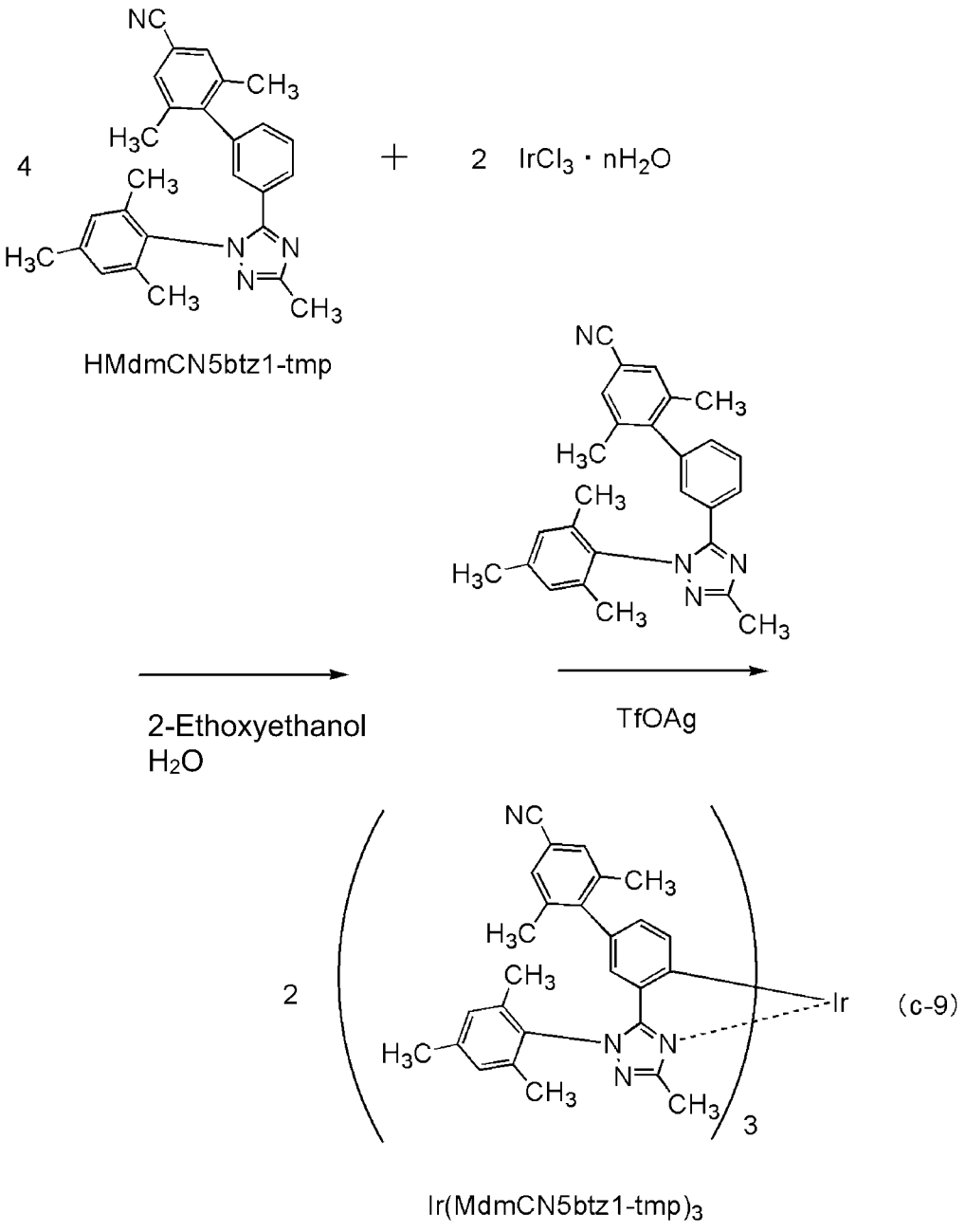
[0865] In einen Dreihalskolben wurden 4,0 g (11 mmol) 5-(3-Bromphenyl)-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol, das in dem Schritt 2 erhalten worden war, 3,2 g (12 mmol) 4-Cyano-2,6-dimethylphenylboronsäurepinacolester, der in dem Schritt 1 erhalten worden war, 4,1 g (20 mmol) Kalziumphosphat, 75 ml Toluol und 7 ml Wasser gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt. Zu diesem Gemisch wurden 0,26 g (0,45 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) und 0,37 g (0,90 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 7,5 Stunden lang bei 90 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurden eine organische Schicht und eine wässrige Schicht der erhaltenen Reaktionslösung getrennt, wurde die wässrige Schicht einer Extraktion mit Toluol unterzogen, und wurden die Lösung des Extrakts und die organische Schicht kombiniert und mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der organischen Schicht zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und das Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Diese ölige Substanz wurde durch eine Flash-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde Toluol verwendet, und dann wurde Ethylacetat hinzugegeben, um die Polarität derart zu erhöhen, dass der Verhältnis von Toluol : Ethylacetat = 4 : 1 (v : v) war. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde mit Ethanol gewaschen, so dass 3,9 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 85 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als 5-(4'-Cyano-2',6'-dimethyl-1,1'-biphenyl-3-yl)-3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol (Abkürzung: HMdmCN5btz1-tmp) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-9) gezeigt.



<<Schritt 3: Synthese von Tris{4'-cyano-2',6'-dimethyl-3-[3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κN4]-1,1'-biphenyl-4-yl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(MdmCN5btz1-tmp)3)>>

[0866] In einen 50 ml Rückgewinnungskolben wurden 1,0 g (2,5 mmol) eines Liganden HMdmCN5btz1-tmp, der in dem Schritt 2 erhalten worden war, 0,33 g (1,1 mmol) Iridiumchloridhydrat, 15 ml 2-Ethoxyethanol und 5 ml Wasser gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Argon ersetzt. Dieser Kolben wurde durch

Bestrahlung mit Mikrowellen unter Bedingungen von 100 W und 100 °C 1 Stunde lang erwärmt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung konzentriert, um eine gelbe ölige Substanz zu erhalten. Zu dieser öligen Substanz wurden 0,58 g (2,2 mmol) Silbertrifluormethansulfonat und 2,28 g (5,61 mmol) eines Liganden HMdmCN5btz1-tmp gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt, und das Gemisch wurde erwärmt und 23 Stunden lang bei 165 °C gerührt. Nach der Reaktion wurde das Reaktionsgemisch in Dichlormethan aufgelöst, und das Gemisch wurde einer Saugfiltration unterzogen, um einen unlöslichen Feststoff zu entfernen. Das erhaltene Filtrat wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 8 mg eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 0,5 % erhalten wurden. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als Tris{4'-cyano-2',6'-dimethyl-3-[3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazo l-5-yl-κN⁴]-1,1'-biphenyl-4-yl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$) identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-9) gezeigt.



(c-9)

Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$

[0867] Die Protonen (^{1}H) des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^{1}H-NMR-

Diagramm wird in **Fig.** 83 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass der metallorganische Komplex Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$, der durch die Strukturformel (131) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 11 erhalten wurde.

[0868] ^{1}H-NMR δ (CD_2Cl_2): 1,71 (s, 9H), 1,86 (s, 9H), 1,90 (s, 9H), 2,10 (s, 9H), 2,12 (s, 9H), 2,28 (s, 9H), 6,19 (d, 3H), 6,44 (dd, 3H), 6,70 (d, 3H), 6,95 (s, 3H), 7,00 (s, 3H), 7,25 (s, 6H).

<Eigenschaften von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$>

[0869] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,014 mmol/l) von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 84 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 84 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[0870] Wie in **Fig.** 84 gezeigt, wurde eine blaue Lichtemission mit Emissionspeaks bei 462 nm und 490 nm von der Dichlormethanlösung von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ beobachtet.

[0871] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ wurden durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung gemessen. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass eine Lösung, in der Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ in Chloroform aufgelöst wurde, für die Messung der Oxidationsreaktionseigenschaften verwendet wurde und eine Lösung, in der Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ in N,N-Dimethylformamid (Abkürzung: DMF) aufgelöst wurde, für die Messung der Reduktionsreaktionseigenschaften verwendet wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0872] Entsprechend den CV-Messergebnissen war das Oxidationspotential von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ 0,72 V und war das Reduktionspotential davon -2,70 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden, jeweils -5,66 eV und -2,24 eV.

[Referenzbeispiel 15]

[0873] In diesem Referenzbeispiel werden Beispiele zum Herstellen von Licht emittierenden Elementen (Licht emittierenden Elementen 8 bis 11) beschrieben, die keine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für Querschnitte der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Referenzbeispiel hergestellt wurden, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 9 gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, können diejenigen der Beispiele, die vorstehend beschrieben worden sind, zu Rate gezogen werden.

[Tabelle 9]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 8	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(pimdiSuCNp),	0,6:0,4:0,125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(pimdiBuCNp)$_3$	0,2:0,8:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 9	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	Licht emittierende Schicht	160	40	35DCzPPy : PCCP : Ir(pimdiBuCNp),	0,6:0,4:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 10	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptzdmCNp)$_3$	0,8:0,2:0,125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptzdmCNp)$_3$	0,4:0,6:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 11	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$	0,8:0,2:0,125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$	0,6:0,4:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 8>>

[0874] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2(2 mm × 2 mm).

[0875] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0876] Als Lochtransportschicht 112 wurde PCCP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0877] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(pim-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(pim-diBuCNp)$_3$ = 0,2 : 0,8 : 0,125 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(pim-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(pim-diBuCNp)$_3$ = 0,6 : 0,4 : 0,125 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(pim-diBuCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0878] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0879] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0880] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 8 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 8 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 9>>

[0881] Das Licht emittierende Element 9 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 8 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160 und der Elektronentransportschicht 118.

[0882] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Element 9 wurden 35DCzPPy, PCCP und Ir(pim-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 35DczPPy : PCCP : Ir(pim-diBuCNp)$_3$= 0,6 : 0,4 : 0,125 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 35DCzPPy der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(pim-diBuCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0883] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 35DCzPPy und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 10>>

[0884] Das Licht emittierende Element 10 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 8 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160.

[0885] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Element 10 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ = 0,4 : 0,6 : 0,125 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,125 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 11>>

[0886] Das Licht emittierende Element 11 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 8 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160.

[0887] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Element 11 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-tmCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-tmCNp)$_3$ = 0,6 : 0,4 : 0,125 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-tmCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,125 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpptz-tmCNp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0888] **Fig.** 85 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 8 bis 11. **Fig.** 86 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 87 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 88 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung der Licht emittierenden Elemente wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0889] Tabelle 10 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Elemente 8 bis 11 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 10]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 8	4,0	1,2	(0,23; 055)	780	66	52	23
Licht emittierendes Element 9	5,0	1,1	(0,23; 0,57)	1000	93	58	32
Licht emittierendes Element 10	3,3	1,1	(0,21; 050)	860	79	75	31
Licht emittierendes Element 11	3,3	1,4	(021; 0,48)	1000	76	72	29

[0890] **Fig.** 89 zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 8 bis 11, durch die ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 fließt.

[0891] Der **Fig.** 85 bis **Fig.** 88 und der Tabelle 10 kann entnommen werden, dass die Licht emittierenden Elemente 8 bis 11 eine hohe Emissionseffizienz (eine hohe Stromeffizienz und eine hohe externe Quanteneffizienz) aufweist. Die maximale externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Elemente 8 bis 11 war 25 %, 32 %, 31 % bzw. 30 %, was ausgezeichnete Werte sind.

[0892] Wie in **Fig.** 89 gezeigt, emittieren die Licht emittierenden Elemente 8 bis 11 blaues Licht. Die Elektrolumineszenzspektren des blauen Lichts der Licht emittierenden Elemente 8 bis 11 weisen Peakwellenlängen bei 498 nm, 502 nm, 488 nm bzw. 485 nm und Halbwertsbreiten von 70 nm, 67 nm, 64 nm bzw. 77 nm auf. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittiert, hergestellt werden.

[0893] Der **Fig.** 85 bis **Fig.** 88 und der Tabelle 10 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 8, das Licht emittierende Element 10 und das Licht emittierende Element 11 bei Spannungen angesteuert werden, die niedriger sind als die Ansteuerspannung des Licht emittierenden Elements 9.

[0894] Wie in dem vorstehenden Beispiel beschrieben worden ist, ist bei dem Licht emittierenden Element 8, dem Licht emittierenden Element 10 und dem Licht emittierenden Element 11 das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) jeweils niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (PCCP) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weisen das Licht emittierende Element 8, das Licht emittierende Element 10 sowie das Licht emittierende Element 11 jeweils ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

[0895] Von dem Absorptionsspektrum von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ (**Fig.** 64), dem Absorptionsspektrum von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ (**Fig.** 67) und dem Absorptionsspektrum von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ (**Fig.** 70) wurden die jeweiligen Absorptionskanten ermittelt, und dann wurde die Übergangsenergie in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ bei 484 nm und die Übergangsenergie davon war 2,56 eV. Die Absorptionskante von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ lag bei 475 nm und die Übergangsenergie davon war 2,61 eV. Die Absorptionskante von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ lag bei 474 nm und die Übergangsenergie davon war 2,62 eV.

[0896] Wie in dem vorstehenden Beispiel gezeigt worden ist, sind das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) 2,70 eV und dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP) 2,66 eV. Jedes Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) ist höher als die Übergangsenergie des Gastmaterials, die aus der Absorptionsspektrumskante berechnet wurde. Demzufolge weisen die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP), die als Wirtsmaterialien verwendet wurden, Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveau) auf, die hoch genug für Wirtsmaterialien sind.

[0897] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ war 2,81 eV, diejenige von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ war 2,91 eV, und diejenige von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ war 3,03 eV. Diese Werte wurden aus den CV-Messergebnissen berechnet.

[0898] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ ist um 0,25 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Die Energiedifferenz von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ ist um 0,30 eV größer als die Übergangsenergie. Die Energiedifferenz von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ ist um 0,41 eV größer als die Übergangsenergie.

[0899] Wie in **Fig.** 89 gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 8 498 nm, diejenige des Licht emittierenden Elements 10 war 488 nm und diejenige des Licht emittierenden Elements 11 war 485 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ zu 2,49 eV berechnet, diejenige von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ wurde zu 2,54 eV berechnet, und diejenige von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ wurde zu 2,56 eV berechnet.

[0900] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(pim-diBuCNp)$_3$ war um 0,32 eV größer als die Lichtemissionsenergie. Die Energiedifferenz von Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ war um 0,37 eV größer als die Lichtemissionsenergie. Die Energiedifferenz von Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$ war um 0,47 eV größer als die Lichtemissionsenergie.

[0901] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,3 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[0902] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element eine Verringerung des Stromverbrauchs.

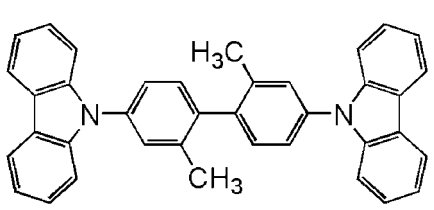
[0903] Es sei angemerkt, dass bei jedem der Licht emittierenden Elemente 8, 10 und 11 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (PCCP) (4,6mCzP2Pm und PCCP sind Wirtsmaterialien) aus der Tabelle 3 zu 2,75 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in den Licht emittierenden Elementen 8, 10 und 11 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau (2,81 eV, 2,91 eV und 3,03 eV) der Gastmaterialien (Ir(pim-diBuCNp)$_3$, Ir(mpptz-dmCNp)$_3$ und Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$) und größer als die Übergangsenergie (2,56 eV, 2,61 eV und 2,62 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit kann bei den Licht emittierenden Elementen 8, 10 und 11 das Gastmaterial über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglicht das Licht emittierende Element eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0904] Wie vorstehend beschrieben, kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

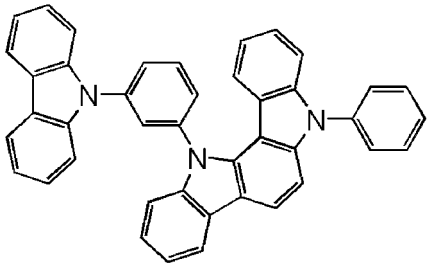
[0905] Die bei dieser Referenzausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Beispiel 16]

[0906] In diesem Beispiel werden Beispiele zum Herstellen von Licht emittierenden Elementen (Licht emittierenden Elementen 12 und 13) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für Querschnitte der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt wurden, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 11 gezeigt. Die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, werden im Folgenden angegeben. Es sei angemerkt, dass für die anderen Verbindungen die vorstehenden Beispiele zu Rate gezogen werden können.



dmCBP



mCzPICz

[Tabelle 11]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 12	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$	0,8:0,2:0,125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$	0,6:0,4:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	dmCBP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 13	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160	40	4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$	0,8:0,2:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	dmCBP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 12>>

[0907] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0908] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0909] Als Lochtransportschicht 112 wurde 4,4'-Bis(9-carbazol)-2,2'-dimethylbiphenyl (Abkürzung: dmCBP) durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0910] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, 12-[3-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-5,12-dihydro-5-phenyl-indol[3,2-a]carbazol (Abkürzung: mCzPICz) und Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ = 0,6 : 0,4 : 0,125 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, mCzPICz und Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,125 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, mCzPICz der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0911] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0912] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0913] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 12 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 12 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 13>>

[0914] Das Licht emittierende Element 13 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 12 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Licht emittierenden Schicht 160.

[0915] Als Licht emittierende Schicht 160 in dem Licht emittierenden Element 13 wurden 4,6mCzP2Pm, mCzPICz und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,125 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, mCzPICz der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

<Emissionsspektren der Wirtsmaterialien>

[0916] Bei den hergestellten Licht emittierenden Elementen (den Licht emittierenden Elementen 12 und 13) wurden 4,6mCzP2Pm und mCzPICz als Wirtsmaterialien (erste organische Verbindung und zweite organische Verbindung) verwendet. **Fig.** 90 zeigt die Messergebnisse von Emissionsspektren eines Dünnfilms von 4,6mCzP2Pm, eines Dünnfilms von mCzPICz und eines gemischten Dünnfilms aus 4,6mCzP2Pm und mCzPICz.

[0917] Für die Emissionsspektrenmessung wurden Dünnfilmproben über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Emissionsspektren wurden bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) mit einem PL-EL-Messgerät (hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. Die Dicke jedes Dünnfilms betrug 50 nm. Das Mischverhältnis der zwei Verbindungen (4,6mCzP2Pm : mCzPICz) in dem gemischten Dünnfilm war 1 : 1.

[0918] Wie in **Fig.** 90 gezeigt, ist eine Peakwellenlänge des Emissionsspektrums des gemischten Dünnfilms aus 4,6mCzP2Pm und mCzPICz 477 nm. Das Emissionsspektrum unterscheidet sich von dem Emissionsspektrum von 4,6mCzP2Pm (Peakwellenlänge: 440 nm) und dem Emissionsspektrum von mCzPICz (Peakwellenlänge: 372 nm). Wie zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben wird, ist das LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm niedriger als dasjenige von mCzPICz, und das HOMO-Niveau von mCzPICz ist höher als dasjenige von 4,6mCzP2Pm. Die Energie der Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und mCzPICz entspricht ungefähr einer Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm und dem HOMO-Niveau von mCzPICz. Die Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und mCzPICz weist eine längere Wellenlänge (niedrigere Energie) auf als die Lichtemission von 4,6mCzP2Pm und die Lichtemission von mCzPICz. Demzufolge kann festgehalten werden, dass die Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und mCzPICz eine Lichtemission von einem Exciplex ist, der von 4,6mCzP2Pm und mCzPICz gebildet wird. Das heißt, dass eine Kombination aus 4,6mCzP2Pm und mCzPICz eine Kombination aus organischen Verbindungen ist, die einen Exciplex bilden. Unter Verwendung von 4,6mCzP2Pm und mCzPICz als Wirtsmaterialien kann ein Licht emittierendes Element hergestellt werden, bei dem ein ExTET zur Anwendung kommt.

[0919] Wie in **Fig.** 73 und **Fig.** 76 gezeigt, war ein Absorptionsband auf der niedrigsten Energieseite (der längsten Wellenlängenseite) des Absorptionsspektrums von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ bei (jeweils) etwa 450 nm, das einen Bereich aufweist, der sich mit dem Emissionsspektrum eines Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und mCzPICz gebildet wird, überlappt. Demzufolge kann bei dem Licht emittierenden Element, bei dem 4,6mCzP2Pm und mCzPICz als Wirtsmaterialien verwendet werden, Anregungsenergie in wirksamer Weise auf das Gastmaterial übertragen werden.

[0920] Wie vorstehend beschrieben, bildet eine Kombination aus den Wirtsmaterialien, bei denen es sich um 4,6mCzP2Pm (die erste organische Verbindung) und mCzPICz (die zweite organische Verbindung) handelt, sowohl in dem Licht emittierenden Element 12 als auch in dem Licht emittierenden Element 13 einen Exciplex.

[0921] Als Nächstes wurde das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz), die als Wirtsmaterial verwendet wurde, gemessen. Es sei angemerkt, dass das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) in dem Beispiel 4 beschrieben worden ist.

[0922] Bei der Messung des Triplett-Anregungsenergieniveaus wurde eine Phosphoreszenz von der Dünnfilmprobe der Verbindung gemessen. Die Messung wurde mit einem PL-Mikroskop, LabRAM HR-PL, hergestellt von HORIBA, Ltd., einem He-Cd-Laser (325 nm) als Anregungslicht und einem CCD-Detektor bei einer Messtemperatur von 10 K durchgeführt. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) wurde von einem Peak auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzspektrums berechnet, das durch die Messung erhalten wurde.

[0923] Eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenweise des Phosphoreszenzemissionsspektrums der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz) war 441 nm. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz) war 2,81 eV. Wie in dem Beispiel 4 gezeigt worden ist, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenweise des Phosphoreszenzemissionsspektrums der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) 459 nm, und das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) dieser war 2,70 eV.

[0924] Eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzemissionsspektrums von sowohl 4,6mCzP2Pm als auch mCzPICz ist kürzer als eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums des Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und mCzPICz gebildet wird, was in **Fig.** 90 gezeigt wird. Der Exciplex weist das folgende Merkmal auf: Eine Energiedifferenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau (S1-Niveau) und dem Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) ist klein. Demzufolge kann das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) des Exciplex von einer Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums erhalten werden. Folglich ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von sowohl der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) als auch der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz) höher als das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) des Exciplex.

[0925] Wie später gezeigt wird, ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von sowohl 4,6mCzP2Pm als auch mCzPICz höher als die Übergangsenergie des Gastmaterials, die aus der Absorptionsspektrumskante berechnet wurde.

[0926] Demzufolge weisen die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (mCzPICz), die als Wirtsmaterialien in diesem Beispiel verwendet wurden, Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveaus) auf, die hoch genug für Wirtsmaterialien sind.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0927] **Fig.** 91 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 12 und 13. **Fig.** 92 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 93 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 94 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung der Licht emittierenden Elemente wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0928] Tabelle 12 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Elemente 12 und 13 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 12]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (Im/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 12	3,2	1,8	(0,16; 028)	840	47	46	26
Licht emittierendes Element 13	3,3	1,9	(0,18; 0,38)	1100	59	57	27

[0929] **Fig.** 95 zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 12 und 13, durch die ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0930] Der **Fig.** 91 bis **Fig.** 94 und der Tabelle 12 kann entnommen werden, dass die Licht emittierenden Elemente 12 und 13 eine hohe Emissionseffizienz (eine hohe Stromeffizienz und eine hohe externe Quanteneffizienz) aufweisen. Die maximale externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Elemente 12 und 13 war 26 % bzw. 28 %, was ausgezeichnete Werte sind.

[0931] Wie in **Fig.** 95 gezeigt, emittieren die Licht emittierenden Elemente 12 und 13 blaues Licht mit einer hohen Farbreinheit. Die Elektrolumineszenzspektren des blauen Lichts der Licht emittierenden Elemente 12 und 13 weisen Peakwellenlängen bei 464 nm bzw. 471 nm und Halbwertsbreiten von 60 nm bzw. 70 nm auf. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittiert, hergestellt werden.

[0932] Der **Fig.** 91 bis **Fig.** 94 und der Tabelle 12 kann entnommen werden, dass die Licht emittierenden Elemente 12 und 13 bei niedrigen Spannungen angesteuert werden.

<Ergebnisse der CV-Messung>

[0933] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) der Verbindung (mCzPICz), die als Wirtsmaterial in den vorstehend beschriebenen Licht emittierenden Elementen verwendet wurde, wurden durch Cyclovoltammetrie (CV) untersucht. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde und dass die Messung an einer Lösung, die durch Auflösen der Verbindung (mCzPICz) in DMF erhalten wurde, durchgeführt wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus von jeder Verbindung aus dem angenommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[0934] Den CV-Messergebnissen entsprechend war das Oxidationspotential von mCzPICz 0,68 V und das Reduktionspotential davon war -3,00 V; somit ist von den CV-Messergebnissen herausgefunden worden, dass das HOMO-Niveau von mCzPICz -5,62 eV war und das LUMO-Niveau -1,95 eV war. Für die HOMO-Niveaus und LUMO-Niveaus von 4,6mCzP2Pm und den Gastmaterialien (Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$) kann auf die Beschreibung in dem vorstehenden Beispiel verwiesen werden.

[0935] Wie vorstehend beschrieben worden ist, ist bei dem Licht emittierenden Element 12 und dem Licht emittierenden Element 13 das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) jeweils niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz). Das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz), das LUMO-Niveau von jedem der Gastmaterialien (Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$) ist höher als dasjenige der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm), und das HOMO-Niveau von jedem der Gastmaterialien (Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (mCzPICz) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (mCzPICz) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weisen die Licht emittierenden Elemente 12 und 13 jeweils ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

[0936] Von dem Absorptionsspektrum von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ (**Fig.** 73) und dem Absorptionsspektrum von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ (**Fig.** 76) wurden die jeweiligen Absorptionskanten ermittelt, und dann wurde die Übergangsenergie in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ bei 467 nm und die Übergangsenergie davon war 2,65 eV. Die Absorptionskante von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ lag bei 466 nm und die Übergangsenergie davon war 2,66 eV.

[0937] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ war 3,55 eV. Dieser Wert wurde aus den CV-Messergebnissen berechnet. Außerdem wurde die Energiedifferenz von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ auf 3,25 eV oder höher geschätzt.

[0938] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ ist um 0,9 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ wurde um 0,59 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie davon geschätzt, die aus der Absorptionskante berechnet wurde.

[0939] Wie in **Fig.** 95 gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 12 464 nm und diejenige des Licht emittierenden Elements 13 war 471 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ zu 2,67 eV berechnet und diejenige von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ wurde zu 2,63 eV berechnet.

[0940] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ war um 0,88 eV größer als die Lichtemissionsenergie. Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ wurde um 0,62 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie davon geschätzt.

[0941] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[0942] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0943] Es sei angemerkt, dass bei den Licht emittierenden Elementen 12 und 13 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz) (4,6mCzP2Pm und mCzPICz sind Wirtsmaterialien) zu 2,74 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in den Licht emittierenden Elementen 12 und 13 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau der Gastmaterialien (Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$ und Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$ und größer als die Übergangsenergie (2,65 eV und 2,66 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit können bei den Licht emittierenden Elementen 12 und 13 die Gastmaterialien über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglichen die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0944] Wie vorstehend beschrieben, kann mit der Struktur, bei der das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung, das LUMO-Niveau des Gastmaterials höher ist als dasjenige der ersten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau des Gastmaterials niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung und eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung einen Exciplex bildet, ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das blaues Licht emittiert und sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen kann. Ein Iridiumkomplex, der eine Cyano-Gruppe umfasst, wird bei dieser Struktur vorzugsweise als Gastmaterial verwendet.

[0945] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommt, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden.

Ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

[0946] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Referenzbeispiel 17]

[0947] In diesem Referenzbeispiel wird ein Beispiel zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements (eines Licht emittierenden Elements 14) beschrieben, welches keine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für den Querschnitt des Licht emittierenden Elements, das in diesem Referenzbeispiel hergestellt wurde, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 13 gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, können diejenigen der Beispiele, die vorstehend beschrieben worden sind, zu Rate gezogen werden.

[Tabelle 13]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 14	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	10	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$	0,8:0,2:0,125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$	0,4:0,6:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 14>>

[0948] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0949] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0950] Als Lochtransportschicht 112 wurde PCCP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0951] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ = 0,4 : 0,6 : 0,125 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ = 0,8 : 0,2 : 0,125 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbin-

dung entspricht, PCCP der zweiten organischen Verbindung entspricht und $Ir(mCNpptz\text{-}diPrp)_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0952] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0953] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0954] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 14 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 14 erhalten.

<Eigenschaften des Licht emittierenden Elements>

[0955] **Fig.** 96 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 14. **Fig.** 97 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 98 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 99 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung des Licht emittierenden Elements wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0956] Tabelle 14 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements 14 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 14]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 14	3,4	1,4	(0,20; 046)	900	66	61	26

[0957] **Fig.** 100 zeigt ein Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 14, durch das ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 fließt.

[0958] Der **Fig.** 96 bis **Fig.** 99 und der Tabelle 14 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 14 eine hohe Emissionseffizienz (eine hohe Stromeffizienz und eine hohe externe Quanteneffizienz) aufweist. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 14 ist 27 %, was ein bevorzugter Wert ist. Wie in **Fig.** 100 gezeigt, emittiert das Licht emittierende Element 14 blaues Licht. Das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 14 weist eine Peakwellenlänge bei 490 nm und eine Halbwertbreite von 70 nm auf. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittiert, hergestellt werden.

[0959] Der **Fig.** 96 bis **Fig.** 99 und der Tabelle 14 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 14 bei einer niedrigen Spannung angesteuert wird.

[0960] Wie in dem vorstehenden Beispiel beschrieben worden ist, ist bei dem Licht emittierenden Element 14 das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (PCCP) injiziert werden,

und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weist das Licht emittierende Element 14 ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

[0961] Die Absorptionskante wurde aus Daten des gemessenen Absorptionsspektrums von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ (**Fig.** 79), das in dem vorstehenden Beispiel gezeigt worden ist, ermittelt, und die Übergangsenergie wurde in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ bei 472 nm und die Übergangsenergie davon war 2,63 eV.

[0962] Wie in dem vorstehenden Beispiel gezeigt worden ist, sind das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) 2,70 eV und dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP) 2,66 eV. Jedes Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) ist höher als die Übergangsenergie des Gastmaterials, die aus der Absorptionsspektrumskante berechnet wurde. Demzufolge weisen die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP), die als Wirtsmaterialien verwendet wurden, Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveaus) auf, die hoch genug für Wirtsmaterialien sind.

[0963] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ war 2,99 eV. Der Wert wurde aus den CV-Messergebnissen berechnet.

[0964] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ ist um 0,36 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde.

[0965] Wie in **Fig.** 100 gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 14 490 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ zu 2,53 eV berechnet.

[0966] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$ war um 0,46 eV größer als die Lichtemissionsenergie.

[0967] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,3 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[0968] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0969] Es sei angemerkt, dass bei dem Licht emittierenden Element 14 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (PCCP) (4,6mCzP2Pm und PCCP sind Wirtsmaterialien) aus der Tabelle 3 zu 2,75 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in dem Licht emittierenden Element 14 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau (2,99 eV) des Gastmaterials (Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$) und größer als die Übergangsenergie (2,63 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit kann bei dem Licht emittierenden Element 14 das Gastmaterial über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglicht das Licht emittierende Element eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0970] Wie vorstehend beschrieben, kann ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

[0971] Die bei dieser Referenzausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Beispiel 18]

[0972] In diesem Beispiel wird ein Beispiel zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements (eines Licht emittierenden Elements 15) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für den Querschnitt des Licht emittierenden Elements, das in diesem Beispiel hergestellt wurde, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 15 gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, können diejenigen der Beispiele, die vorstehend beschrieben worden sind, zu Rate gezogen werden.

[Tabelle 15]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 15	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	30	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160	22	4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$	0,4:0,6:0,125
	Lochtransportschicht	112	20	dmCBP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 15>>

[0973] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[0974] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0975] Als Lochtransportschicht 112 wurde dmCBP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0976] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, mCzPICz und Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : mCzPICz : Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ = 0,4 : 0,6 : 0,125 in einer Dicke von 22 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, mCzPICz der zweiten organischen Verbindung entspricht und Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[0977] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 30 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als

Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0978] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[0979] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 15 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 15 erhalten.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0980] **Fig.** 101 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 15. **Fig.** 102 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 103 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 104 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung des Licht emittierenden Elements wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[0981] Tabelle 16 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements 15 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 16]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 15	3,2	1,9	(0,16; 028)	1000	53	52	30

[0982] **Fig.** 105 zeigt ein Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 15, durch das ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 fließt.

[0983] Der **Fig.** 101 bis **Fig.** 104 und der Tabelle 16 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 15 eine hohe Emissionseffizienz (eine hohe Stromeffizienz und eine hohe externe Quanteneffizienz) aufweist. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 15 ist 31 %, was ein ausgezeichneter Wert ist.

[0984] Wie in **Fig.** 105 gezeigt, emittiert das Licht emittierende Element 15 blaues Licht mit einer hohen Farbreinheit. Das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 15 weist eine Peakwellenlänge bei 464 nm und eine Halbwertbreite von 55 nm auf. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht mit einer hohen Emissionseffizienz emittiert, hergestellt werden.

[0985] Der **Fig.** 101 bis **Fig.** 104 und der Tabelle 16 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 15 bei einer niedrigen Spannung angesteuert wird.

[0986] Wie in dem vorstehenden Beispiel beschrieben worden ist, ist bei dem Licht emittierenden Element 15 das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz). Das LUMO-Niveau des Gastmaterials (Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$) ist höher als dasjenige der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm), und das HOMO-Niveau des Gastmaterials (Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung

(4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (mCzPICz) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (mCzPICz) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weist das Licht emittierende Element 15 ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

[0987] Die Absorptionskante wurde aus Daten des gemessenen Absorptionsspektrums von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ (**Fig.** 82), das in dem vorstehenden Beispiel gezeigt worden ist, ermittelt, und die Übergangsenergie wurde in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ bei 464 nm und die Übergangsenergie davon war 2,67 eV.

[0988] Wie in dem vorstehenden Beispiel gezeigt worden ist, sind das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) 2,70 eV und dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz) 2,81 eV. Jedes Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) ist höher als die Übergangsenergie des Gastmaterials, die von der Absorptionsspektrumskante berechnet wurde. Demzufolge weisen die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (mCzPICz), die als Wirtsmaterialien verwendet wurden, Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveaus) auf, die hoch genug für Wirtsmaterialien sind.

[0989] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ war 3,42 eV. Der Wert wurde aus den CV-Messergebnissen berechnet.

[0990] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir (MdmCN5btz1-tmp)$_3$ ist um 0,75 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde.

[0991] Wie in **Fig.** 105 gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 15 464 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$ zu 2,67 eV berechnet.

[0992] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von Ir (MdmCN5btz1-tmp)$_3$ war um 0,75 eV größer als die Lichtemissionsenergie.

[0993] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[0994] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0995] Es sei angemerkt, dass bei dem Licht emittierenden Element 15 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (mCzPICz) (4,6mCzP2Pm und PCCP sind Wirtsmaterialien) aus der Tabelle 3 zu 2,74 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in dem Licht emittierenden Element 15 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau (3,42 eV) des Gastmaterials (Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$) und größer als die Übergangsenergie (2,67 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit kann bei dem Licht emittierenden Element 15 das Gastmaterial über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglicht das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[0996] Wie vorstehend beschrieben, kann mit der Struktur, bei der das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau der

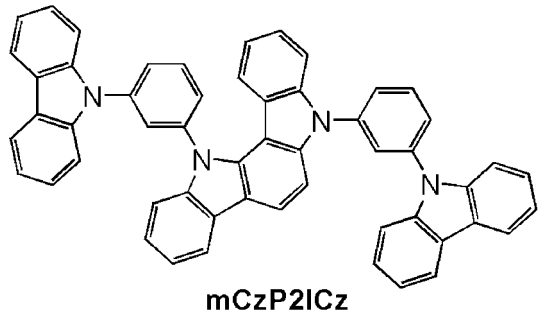
ersten organischen Verbindung niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung, das LUMO-Niveau des Gastmaterials höher ist als dasjenige der ersten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau des Gastmaterials niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung und eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung einen Exciplex bildet, ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das blaues Licht emittiert und sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen kann. Ein Iridiumkomplex, der eine Cyano-Gruppe umfasst, wird als Gastmaterial bei dieser Struktur verwendet.

[0997] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommt, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

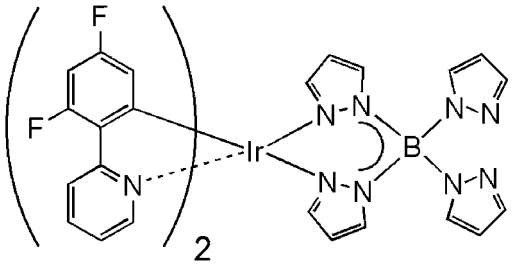
[0998] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Beispiel 19]

[0999] In diesem Beispiel wird ein Beispiel zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements (eines Licht emittierenden Elements 16) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für Querschnitte des Licht emittierenden Elements, das in diesem Beispiel hergestellt wurde, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 17 gezeigt. Die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, werden im Folgenden angegeben. Es sei angemerkt, dass für die anderen Verbindungen die vorstehenden Beispiele zu Rate gezogen werden können.



mCzP2ICz



FIr6

[Tabelle 17]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 16	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160	40	4,6mCzP2Pm : mCzP2ICz : FIr6	0,6:0,2:0,2
	Lochtransportschicht	112	20	dmCBP	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 16>>

[1000] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 200 ausgebildet. Die Elektrodenfläche der Elektrode 101 betrug 4 mm^2 (2 mm × 2 mm).

[1001] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[1002] Als Lochtransportschicht 112 wurde dmCBP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[1003] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, 5,12-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-5,12-dihydro-indol[3,2-a]carbazol (Abkürzung: mCzP2lCz) und FIr6 durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : mCzP2lcz : FIr6 = 0,6 : 0,2 : 0,2 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, mCzP2ICz der zweiten organischen Verbindung entspricht und FIr6 dem Gastmaterial (der phosphoreszierenden Verbindung) entspricht.

[1004] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 10 nm und 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[1005] Als Elektrode 102 wurde Aluminium (Al) in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden.

[1006] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 16 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 16 erhalten.

<Emissionsspektren der Wirtsmaterialien>

[1007] Bei dem hergestellten Licht emittierenden Element 16 wurden 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz als Wirtsmaterialien (erste organische Verbindung und zweite organische Verbindung) verwendet. **Fig.** 106 zeigt

die Messergebnisse von Emissionsspektren eines Dünnfilms von 4,6mCzP2Pm, eines Dünnfilms von mCzP2ICz und eines gemischten Dünnfilms aus 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz.

[1008] Für die Emissionsspektrenmessung wurden Dünnfilmproben über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Emissionsspektren wurden bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) mit einem PL-EL-Messgerät (hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. Die Dicke jedes Dünnfilms betrug 50 nm. Das Mischverhältnis der zwei Arten von Verbindungen (der ersten organischen Verbindung : der zweiten organischen Verbindung) in dem gemischten Dünnfilm war 1 : 1.

[1009] Wie in **Fig.** 106 gezeigt, ist eine Peakwellenlänge des Emissionsspektrums des gemischten Dünnfilms aus 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz 460 nm. Das Emissionsspektrum unterscheidet sich von dem Emissionsspektrum von 4,6mCzP2Pm (Peakwellenlänge: 440 nm) und dem Emissionsspektrum von mCzP2ICz (Peakwellenlänge: 388 nm). Wie zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben wird, ist das LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm niedriger als dasjenige von mCzP2ICz, und das HOMO-Niveau von mCzP2ICz ist höher als dasjenige von 4,6mCzP2Pm. Die Energie der Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz entspricht ungefähr einer Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm und dem HOMO-Niveau von mCzP2ICz. Die Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz weist eine längere Wellenlänge (niedrigere Energie) auf als die Lichtemission von 4,6mCzP2Pm und die Lichtemission von mCzP2ICz. Demzufolge kann festgehalten werden, dass die Lichtemission von dem gemischten Dünnfilm aus 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz eine Lichtemission von einem Exciplex ist, der von 4,6mCzP2Pm und mCzP2lCz gebildet wird. Das heißt, dass eine Kombination aus 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz eine Kombination aus organischen Verbindungen ist, die einen Exciplex bilden. Unter Verwendung von 4,6mCzP2Pm und mCzP2lCz als Wirtsmaterialien kann ein Licht emittierendes Element hergestellt werden, bei dem ein ExTET zur Anwendung kommt.

[1010] Demzufolge umfasst das Licht emittierende Element 16 Wirtsmaterialien, bei denen eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung einen Exciplex bildet.

[1011] Wie zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben wird, weist ein Absorptionsband auf der niedrigsten Energieseite (der längsten Wellenlängenseite) des Absorptionsspektrums von FIr6 einen Bereich auf, der sich mit dem Emissionsspektrum eines Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz gebildet wird, überlappt. Demzufolge kann bei dem Licht emittierenden Element, bei dem 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz als Wirtsmaterialien verwendet werden, Anregungsenergie in wirksamer Weise auf das Gastmaterial übertragen werden.

[1012] Als Nächstes wurde das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von mCzP2ICz, das als Wirtsmaterial verwendet wurde, gemessen. Es sei angemerkt, dass das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von 4,6mCzP2Pm in dem vorstehendem Beispiel beschrieben worden ist.

[1013] Bei der Messung des Triplett-Anregungsenergieniveaus wurde eine Phosphoreszenz von der Dünnfilmprobe der Verbindung gemessen. Die Messung wurde mit einem PL-Mikroskop, LabRAM HR-PL, hergestellt von HORIBA, Ltd., einem He-Cd-Laser (325 nm) als Anregungslicht und einem CCD-Detektor bei einer Messtemperatur von 10 K durchgeführt. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) wurde von einem Peak auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzspektrums durch die Messung erhalten.

[1014] Eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzemissionsspektrums von mCzP2ICz war 442 nm. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von mCzP2ICz war 2,81 eV. Wie in dem vorstehenden Beispiel gezeigt worden ist, war das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von 4,6mCzP2Pm 2,70 eV.

[1015] Eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Phosphoreszenzemissionsspektrums von sowohl 4,6mCzP2Pm als auch mCzP2ICz ist kürzer als eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums des Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz gebildet wird, was in **Fig.** 106 gezeigt wird. Der Exciplex weist das folgende Merkmal auf: Eine Energiedifferenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau (S1-Niveau) und dem Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) ist klein. Demzufolge kann das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) des Exciplex von einer Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Emissionsspektrums erhalten werden. Folglich ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von sowohl der ersten organischen Verbindung

(4,6mCzP2Pm) als auch der zweiten organischen Verbindung (mCzP2ICz) höher als das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) des Exciplex.

[1016] Wie später gezeigt wird, ist das Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) von sowohl 4,6mCzP2Pm als auch mCzP2ICz höher als die Übergangsenergie von FIr6, die aus der Absorptionsspektrumskante berechnet wurde.

[1017] Demzufolge weisen die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (mCzP2ICz), die als Wirtsmaterialien in diesem Beispiel verwendet wurden, Triplett-Anregungsenergieniveaus (T1-Niveau) auf, die hoch genug für Wirtsmaterialien sind.

<Eigenschaften des Licht emittierenden Elements>

[1018] **Fig.** 107 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 16. **Fig.** 108 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 109 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. **Fig.** 110 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Die Messung des Licht emittierenden Elements wurde bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt.

[1019] Tabelle 18 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements 16 bei etwa 1000 cd/m^2.

[Tabelle 18]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm^2)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m^2)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 16	3,5	2,2	(0,15; 025)	980	46	41	29

[1020] **Fig.** 111 zeigt ein Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 16, durch das ein Strom mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm^2 fließt.

[1021] Der **Fig.** 107 bis **Fig.** 110 und der Tabelle 18 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 16 eine hohe Emissionseffizienz (eine hohe Stromeffizienz und eine hohe externe Quanteneffizienz) aufweist. Die maximale externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 16 ist 30 %, was ein ausgezeichneter Wert ist.

[1022] Wie in **Fig.** 111 gezeigt, emittiert das Licht emittierende Element 16 blaues Licht mit einer hohen Farbreinheit. Das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 16 weist eine Peakwellenlänge bei 458 nm und eine Halbwertbreite von 54 nm auf.

[1023] Der **Fig.** 107 bis **Fig.** 110 und der Tabelle 18 kann entnommen werden, dass das Licht emittierende Element 16 bei einer niedrigen Spannung angesteuert wird.

<Ergebnisse der CV-Messung>

[1024] Die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) der zweiten organischen Verbindung (mCzP2ICz), d. h. des Wirtsmaterials, und des Gastmaterials (FIr6), die in dem vorstehend beschriebenen Licht emittierenden Element verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie (CV) untersucht. Es sei angemerkt, dass für die Messung ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) verwendet wurde und dass die Messung an Lösungen, die durch Auflösen der Verbindungen in DMF erhalten wurden, durchgeführt wurde. Bei der Messung wurde das Potential einer Arbeitselektrode in Hinblick auf die Referenzelektrode innerhalb eines angemessenen Bereichs geändert, so dass das Oxidationspeakpotential und das Reduktionspeakpotential erhalten wurden. Außerdem wurden die HOMO- und LUMO-Niveaus von jeder Verbindung aus dem ange-

nommenen Redoxpotential der Referenzelektrode von -4,94 eV und den erhaltenen Peakpotentialen berechnet.

[1025] Tabelle 19 zeigt die Oxidationspotentiale und Reduktionspotentiale, die durch die CV-Messung erhalten wurden, sowie HOMO-Niveaus und LUMO-Niveaus der Verbindungen, die aus den CV-Messergebnissen berechnet wurden. Für den gemessen Wert von 4,6mCzP2Pm wird auf das vorstehende Beispiel verwiesen.

[Tabelle 19]

Abkürzung	Oxidationspotential (V)	Reduktionspotential (V)	auf Basis des Oxidationspotentials berechnetes HOMO-Niveau (eV)	auf Basis des Reduktionspotentials berechnetes LUMO-Niveau (eV)
mCzP2ICz	0,70	-3,03	-5,64	-1,92
4,6mCzP2Pm	0,95	-2,06	-5,89	-2,88
FIr6	1,18	-2,34	-6,12	-2,61

[1026] Wie in der Tabelle 19 gezeigt worden ist, ist bei dem Licht emittierenden Element 16 das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzP2ICz), ist das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzP2ICz), ist das LUMO-Niveau des Gasmaterials (FIr6) höher als dasjenige der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und ist das HOMO-Niveau des Gastmaterials (FIr6) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (mCzP2ICz). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (mCzP2ICz) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (mCzP2ICz) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weist das Licht emittierende Element 16 ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

<Absorptionsspektren des Gastmaterials>

[1027] **Fig.** 112 zeigt das Messergebnis des Absorptionsspektrums von FIr6, bei dem es sich um ein Gastmaterial in dem Licht emittierenden Element handelt.

[1028] Für die Messung des Absorptionsspektrums wurde eine Dichlormethanlösung hergestellt, in der FIr6 aufgelöst wurde, und eine Quarzzelle wurde verwendet. Das Absorptionsspektrum wurde mit einem UV-VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Anschließend wurde das Absorptionsspektrum der Quarzzelle von dem gemessenen Spektrum der Probe subtrahiert.

[1029] Die Absorptionskante wurde als Nächstes aus Daten des gemessenen Absorptionsspektrums ermittelt, und die Übergangsenergie wurde in der Annahme von einem direkten Übergang geschätzt. Als das Ergebnis lag die Absorptionskante von FIr6 bei 454 nm und die Übergangsenergie davon war 2,73 eV.

[1030] Eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von FIr6 war 3,52 eV. Der Wert wurde aus den CV-Messergebnissen, die in Tabelle 19 gezeigt werden, berechnet.

[1031] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von FIr6 war um 0,79 eV größer als die Übergangsenergie davon, die aus der Absorptionskante berechnet wurde.

[1032] Wie in **Fig.** 111 gezeigt, war eine Peakwellenlänge auf der kürzesten Wellenlängenseite des Elektrolumineszenzspektrums des Licht emittierenden Elements 16 458 nm. Dementsprechend wurde die Lichtemissionsenergie von FIr6 zu 2,70 eV berechnet.

[1033] Das heißt: Die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau von FIr6 war um 0,82 eV größer als die Lichtemissionsenergie.

[1034] Folglich ist in jedem der Gastmaterialien der Licht emittierenden Elemente die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Übergangsenergie, die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Außerdem ist die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie. Demzufolge wird eine hohe Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau entspricht, benötigt, d. h., dass eine hohe Spannung benötigt wird, wenn Ladungsträger, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt in dem Gastmaterial rekombinieren.

[1035] Jedoch kann bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Gastmaterial durch eine Energieübertragung von einem Exciplex angeregt werden, ohne direkte Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Demzufolge ermöglicht das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

[1036] Es sei angemerkt, dass bei dem Licht emittierenden Element 16 eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (mCzP2ICz) (4,6mCzP2Pm und mCzP2ICz sind Wirtsmaterialien) aus der Tabelle 19 zu 2,76 eV berechnet wurde. Folglich ist eine Energie, die der Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau eines Exciplex entspricht, der von den Wirtsmaterialien in dem Licht emittierenden Element 16 gebildet wird, kleiner als die Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau und dem HOMO-Niveau (3,52 eV) des Gastmaterials (FIr6) und größer als die Übergangsenergie (2,73 eV), die aus der Absorptionskante berechnet wurde. Somit kann bei dem Licht emittierenden Element 16 das Gastmaterial über den Exciplex angeregt werden, wodurch die Ansteuerspannung gesenkt werden kann. Somit ermöglicht das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verringerung des Stromverbrauchs.

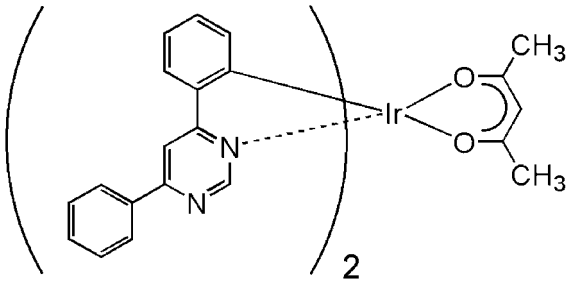
[1037] Wie vorstehend beschrieben, kann mit der Struktur, bei der das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung, das LUMO-Niveau des Gastmaterials höher ist als dasjenige der ersten organischen Verbindung, das HOMO-Niveau des Gastmaterials niedriger ist als dasjenige der zweiten organischen Verbindung und eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung einen Exciplex bildet, ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das blaues Licht emittiert und sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen kann.

[1038] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommt, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

[1039] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Beispiel 20]

[1040] In diesem Beispiel wird ein Beispiel zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements (eines Licht emittierenden Elements 17) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben, das für eine Beleuchtungsvorrichtung geeignet ist. Die schematischen Querschnittsansichten von **Fig.** 42 können für Querschnitte des Licht emittierenden Elements, das in diesem Beispiel hergestellt wurde, zu Rate gezogen werden. Detaillierte Elementstrukturen werden in Tabelle 20 gezeigt. Die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die hier verwendet werden, werden im Folgenden angegeben. Es sei angemerkt, dass für die anderen Verbindungen die vorstehenden Beispiele zu Rate gezogen werden können.



Ir(dppm)$_2$(acac)

[Tabelle 20]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis *1)
Licht emittierendes Element 17	Elektrode	102(2)	100	Ag	-
	Elektroneninjektionsschicht	119	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	20	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	Licht emittierende Schicht	160(2)	30	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(dppm)$_2$(acac)	0,8:0,2:0,05
		160(1)	10	4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$	0,3:0,7:0,12
	Lochtransportschicht	112	20	PCCP	-
	Lochinjektionsschicht	111	30	DBT3P-II : MoO_3	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITO	-
*1) Das Verhältnis von Ag :	Mg wird in Volumenverhältnis angegeben.				

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 17>>

[1041] Als Elektrode 101 wurde ein ITO-Film in einer Dicke von 70 nm durch ein Sputterverfahren über dem Substrat 200, das aus Glas mit hohem Brechungsindex hergestellt wurde (Brechungsindex: 1,84), ausgebildet. Die Elektrode 101 wurde derart ausgebildet, dass das Licht emittierende Element eine Licht emittierende Fläche von 8100 mm^2 (90 mm × 90 mm) aufweist.

[1042] Als Lochinjektionsschicht 111 wurden DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II : MoO_3 = 1 : 0,5 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden.

[1043] Als Lochtransportschicht 112 wurde PCCP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[1044] Als Licht emittierende Schicht 160 wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$ = 0,3 : 0,7 : 0,12 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, und dann wurden 4,6mCzP2Pm, PCCP und Ir(dppm)$_2$(acac) durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm : PCCP : Ir(dppm)$_2$(acac) = 0,8 : 0,2 : 0,05 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 160 4,6mCzP2Pm der ersten organischen Verbindung entspricht, PCCP der

zweiten organischen Verbindung entspricht und $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ und $Ir(dppm)_2(acac)$ den Gastmaterialien (den phosphoreszierenden Verbindungen) entsprechen.

[1045] Als Elektronentransportschicht 118 wurden 4,6mCzP2Pm und BPhen sukzessiv durch Verdampfung in einer Dicke von jeweils 20 nm und 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 160 abgeschieden. Als Elektroneninjektionsschicht 119 wurde anschließend Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[1046] Als Nächstes wurden als Elektrode 102 Silber (Ag) und Magnesium (Mg) durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Ag : Mg = 0,6 : 0,2 in einer Dicke von 1 nm über der Elektroneninjektionsschicht 119 abgeschieden, und Silber (Ag) wurde ferner in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[1047] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 17 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Fixieren des Substrats 220 an dem Substrat 200, über dem das organische Material abgeschieden worden war, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung versiegelt. Für das detaillierte Verfahren kann auf die Beschreibung des Licht emittierenden Elements 1 verwiesen werden.

[1048] Eine Oberfläche des Substrats 200, über die Licht entnommen wird, wurde vereist. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 17 erhalten.

<Eigenschaften des Licht emittierenden Elements>

[1049] **Fig.** 113 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 17. **Fig.** 114 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften. **Fig.** 115 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften. Der gesamte Lichtstrom des Licht emittierenden Elements wurde mit einer Ulbricht-Kugel bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) gemessen.

[1050] Tabelle 21 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements 17 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 21]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Chromatizität (x; y)	Leuchtdichte (cd/m²)	korrelierende Farbtemperatur (K)	duv	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 17	2,9	60	(0,48; 047)	1030	2880	0,018	149	50

[1051] **Fig.** 116 zeigt ein Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 17, welches erhalten wurde, wenn ein Strom von 60 mA durch das Licht emittierende Element 17 floss. **Fig.** 117 ist ein Foto der Lichtemission von dem Licht emittierenden Element 17.

[1052] Wie in **Fig.** 113 bis **Fig.** 115 und der Tabelle 21 gezeigt, weist das Licht emittierende Element 17 eine hohe externe Quanteneffizienz und eine niedrige Ansteuerspannung auf, und somit weist es eine hohe Leistungseffizienz auf. Die Maximalwerte der Leistungseffizienz und der externer Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements 17 sind 166 lm/W bzw. 50 %, was ausgezeichnete Werte sind.

[1053] Wie der **Fig.** 116 entnommen werden kann, zeigt das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 17 blaues Licht, das von $Ir(mpptz\text{-}diBuCNp)_3$ (Gastmaterial) emittiert wird, und orangenes Licht, das von $Ir(dppm)_2(acac)$ (Gastmaterial) emittiert wird. Wie in der Tabelle 21 gezeigt worden ist, handelt es sich bei Licht, das von dem Licht emittierenden Element 17 emittiert wird, um eine Glühfarbe mit einer korrelierenden Farbtemperatur von 2880 K und duv von 0,2 oder niedriger, was vorzuziehen ist. Somit kann durch Verwendung eines Iridiumkomplexes, der als Liganden eine Aryl-Gruppe mit einer Cyano-Gruppe umfasst, als Gastmaterial ein Licht emittierendes Element, das für eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer hohen Emissionseffizienz geeignet ist, hergestellt werden.

[1054] Wie in dem Beispiel 4 beschrieben worden ist, ist bei dem Licht emittierenden Element 17 das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP), und das HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (4,6mCzP2Pm) ist niedriger als dasjenige der zweiten organischen Verbindung (PCCP). In diesem Fall können Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in effizienter Weise von einem Paar von Elektroden in die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und in die zweite organische Verbindung (PCCP) injiziert werden, und die erste organische Verbindung (4,6mCzP2Pm) und die zweite organische Verbindung (PCCP) können einen Exciplex bilden. Dementsprechend weist das Licht emittierende Element 17 ausgezeichnete Eigenschaften auf, die sowohl eine hohe Emissionseffizienz als auch eine niedrige Ansteuerspannung erzielen.

[1055] Wie in **Fig.** 117 gezeigt, emittiert das Licht emittierende Element 17 Licht gleichmäßig von der gesamten Oberfläche der Licht emittierenden Fläche von 8100 mm^2. Demzufolge ist das Licht emittierende Element 17 für eine Beleuchtungsvorrichtung geeignet.

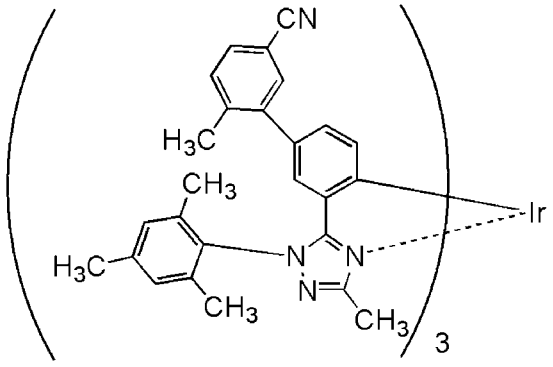
[1056] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommt, ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann bereitgestellt werden. Ein Licht emittierendes Element, das Licht emittiert, das für eine Beleuchtungsvorrichtung geeignet ist, und eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann bereitgestellt werden.

[1057] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit einer der Strukturen, die bei den anderen Beispielen und Ausführungsformen beschrieben werden, verwendet werden.

[Beispiel 21]

<Synthesebeispiel 12>

[1058] In diesem Beispiel wird ein Synthesebeispiel von Tris[5'-cyano-2'-methyl-3-{3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol-5-yl-κ$N^4$1-1,1'-biphenyl-4-yl-κC]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Mm3CN5btz1-tmp)$_3$) im Detail beschrieben, welches ein metallorganischer Komplex einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, der durch die Strukturformel (132) der Referenzausführungsform 2 dargestellt wird. Die Struktur von Ir(Mm3CN5btz1-tmp)$_3$ wird im Folgenden gezeigt.

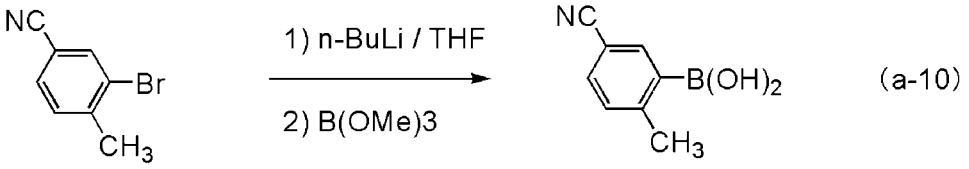


Ir(Mm3CN5btz1-tmp)$_3$

<<Schritt 1: Synthese von 5-Cyano-2-methylphenylboronsäure>>

[1059] Als Erstes wurden 9,5 g (50 mmol) 3-Brom-4-methylbenzonitril in einen 500 ml Dreihalskolben gegeben, und die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt. Anschließend wurden 250 ml Tetrahydrofuran (THF) hinzugegeben, und das Gemisch wurde bei -78 °C 30 Minuten lang gerührt. In diese gemischte Lösung wurden 34 ml (55 mmol) einer 1,63 M Hexanlösung von n-Butyllithium (n-BuLi) getropft, gefolgt von einem Rühren bei -78 °C für 1,5 Stunden. Anschließend wurden 7,3 ml (65 mmol) Trimethylborat zu diesem Gemisch gegeben und diese Lösung wurde 20 Stunden lang gerührt, während die Temperatur auf Raumtemperatur erhöht wurde. Zu dieser Lösung wurden 100 ml 1M Chlorwasserstoffsäure gegeben und ein Rühren wurde 30 Minuten lang durchgeführt. Das erhaltene Gemisch wurde in eine wässrige Schicht und eine orga-

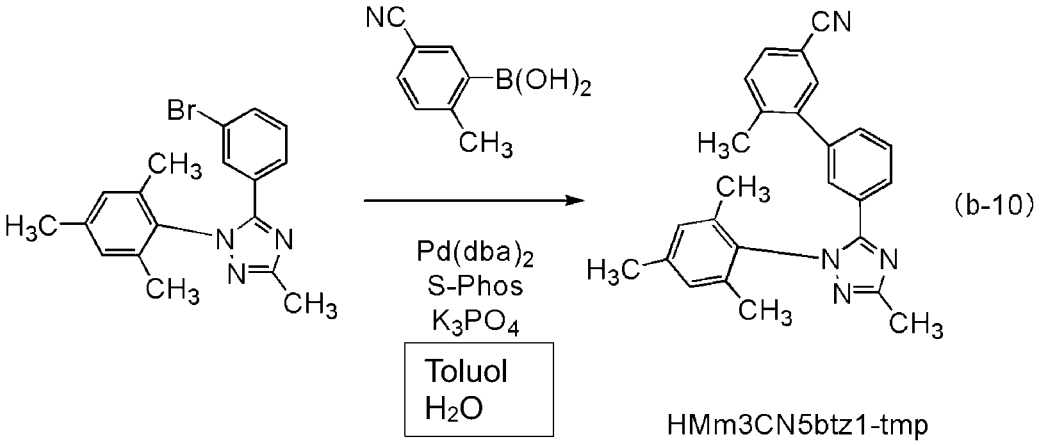
nische Schicht getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Ethylacetat unterzogen. Die organische Schicht und eine Lösung des Extrakts wurden kombiniert und mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der erhaltenen Lösung zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und dann wurde das Filtrat konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde mit Toluol und Hexan gewaschen, so dass 4,3 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 53 % erhalten wurden. Der erhaltene weiße Feststoff wurde durch Kernspinresonanz-(NMR-) Spektroskopie als 5-Cyano-2-methylphenylboronsäure identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend bei (a-10) gezeigt.



(a-10)

<<Schritt 2: Synthese von 5-(5'-Cyano-2'-methyl-1,1'-biphenyl-3-yl)-3-methyl-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-1H-1,2,4-triazol (Abkürzung: HMm3CN5btz1-tmp)>>

[1060] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 7,6 g (21 mmol) 5-(3-Bromphenyl)-1-(2,4,6-trimethylphenyl)-3-methyl-1H-1,2,4-triazol, das in dem Schritt 1 erhalten worden war, 4,12 g (26 mmol) 5-Cyano-2-methylphenylboronsäure, 16 g (77 mmol) Kalziumphosphat, 130 ml Toluol und 13 ml Wasser gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt. Zu diesem Gemisch wurden 0,84 g (2,1 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) und 0,59 g (1,0 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (S-Phos) gegeben, und das Gemisch wurde erwärmt und 3,5 Stunden lang bei 90 °C gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen. Nach der Reaktion wurden eine organische Schicht und eine wässrige Schicht der erhaltenen Reaktionslösung getrennt, und die wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Wasserfreies Magnesiumsulfat wurde zu der erhaltenen Lösung zum Trocknen gegeben. Das erhaltene Gemisch wurde einer Schwerkraftfiltration unterzogen, und das Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Diese ölige Substanz wurde durch eine Flash-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um 6,5 g einer gelben öligen Substanz in einer Ausbeute von 78 % zu erhalten. Die erhaltene gelbe ölige Substanz wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als HMm3CN5btz1-tmp identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend bei (b-10) gezeigt.

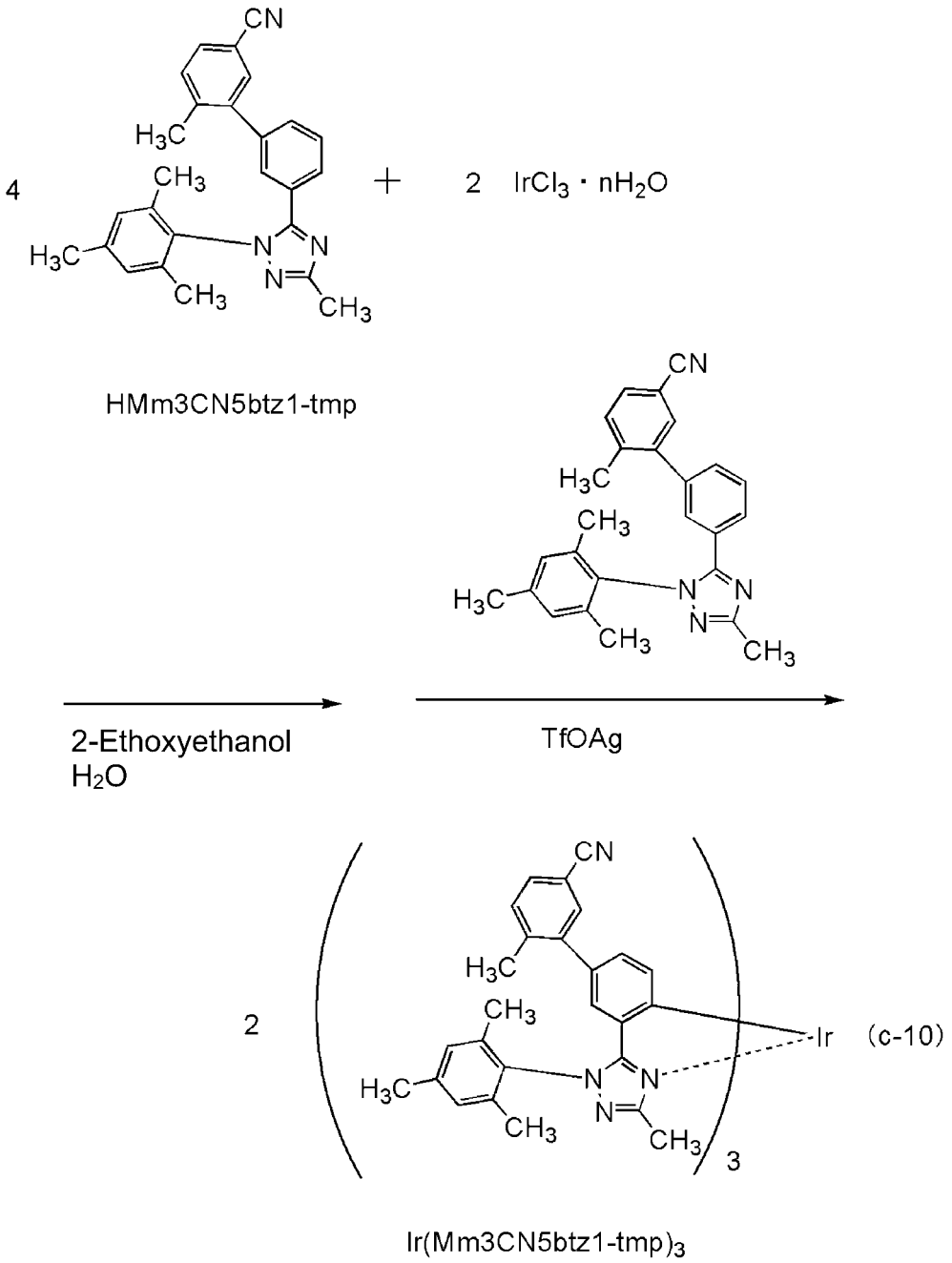


(b-10)

<<Schritt 3: Synthese von In(Mm3CN5btz1-tmp)$_3$>>

[1061] In einen 50 ml Rückgewinnungskolben wurden 2,0 g (5,1 mmol) HMm3CN5btz1-tmp, das in dem Schritt 2 erhalten worden war, 0,69 g (2,3 mmol) Iridiumchloridhydrat, 21 ml 2-Ethoxyethanol und 7 ml Wasser gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Argon ersetzt. Dieser Kolben wurde durch Bestrahlung mit Mikrowellen unter Bedingungen von 100 W und 100 °C 1 Stunde lang erwärmt, um eine Reaktion

herbeizuführen. Nach der Reaktion wurde die Reaktionslösung konzentriert, um eine braune ölige Substanz zu erhalten. Zu dieser öligen Substanz wurden 1,2 g (4,6 mmol) Silbertrifluormethansulfonat und 4,5 g (11,5 mmol) HMm3CN5btz1-tmp gegeben. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde mit Stickstoff ersetzt, und das Gemisch wurde 23 Stunden lang erwärmt und bei 170 °C gerührt. Nach der Reaktion wurde das Reaktionsgemisch in Dichlormethan aufgelöst, und das Gemisch wurde einer Saugfiltration durch Celit unterzogen, um einen unlöslichen Feststoff zu entfernen. Das erhaltene Filtrat wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Dichlormethan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 5 : 1 (v : v) verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde aus Ethylacetat/Hexan umkristallisiert, so dass 23 mg eines gelben Feststoffs in einer Ausbeute von 0,73 % erhalten wurden. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie als $Ir(Mm3CN5btz1\text{-}tmp)_3$ identifiziert. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend bei (c-10) gezeigt.



(c-10)

$Ir(Mm3CN5btz1\text{-}tmp)_3$

[1062] Die Protonen (^1H) des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs wurden mittels Kernspinresonanz- (NMR-) Spektroskopie gemessen. Die erhaltenen Werte werden nachfolgend gezeigt. Das ^1H-NMR-Diagramm wird in **Fig.** 118 gezeigt. Diese Ergebnisse offenbaren, dass der metallorganische Komplex Ir

$(Mm3CN5btz1\text{-}tmp)_3$, welcher eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, der durch die Strukturformel (132) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 12 erhalten wurde.

[1063] ^{1}H-NMR δ (CD_2Cl_2): 1,83 (s, 9H), 2,12 (s, 9H), 2,14-2,15 (m, 18H), 2,38 (s, 9H), 6,44 (s, 3H), 6,70 (s, 6H), 7,08 (d, 6H), 7,24 (d, 3H), 7,26 (d, 3H), 7,40 (dd, 3H).

<Eigenschaften von $Ir(Mm3CN5btz1\text{-}tmp)_3$>

[1064] Die Absorptions- und Emissionsspektren einer Dichlormethanlösung (0,015 mmol/l) von $Ir(Mm3CN5btz1\text{-}tmp)_3$ wurden gemessen. Die Messung der Absorptions- und Emissionsspektren wurde auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen, die in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist, ähnlich ist. **Fig.** 119 zeigt die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum in **Fig.** 119 ein Ergebnis ist, das durch Subtraktion eines gemessenen Absorptionsspektrums von nur Dichlormethan, das in eine Quarzzelle platziert worden war, von dem gemessenen Absorptionsspektrum der Dichlormethanlösung in einer Quarzzelle erhalten wurde.

[1065] Wie in **Fig.** 119 gezeigt, wurde eine blaue Lichtemission mit Emissionspeaks bei 462 nm und 489 nm von der Dichlormethanlösung von $Ir(Mm3CN5btz1\text{-}tmp)_3$ beobachtet.

Bezugszeichen

[1066] 100: EL-Schicht, 101: Elektrode, 101a: leitende Schicht, 101b: leitende Schicht, 101c: leitende Schicht, 102: Elektrode, 103: Elektrode, 103a: leitende Schicht, 103b: leitende Schicht, 104: Elektrode, 104a: leitende Schicht, 104b: leitende Schicht, 106: Licht emittierende Einheit, 108: Licht emittierende Einheit, 111: Lochinjektionsschicht, 112: Lochtransportschicht, 113: Elektronentransportschicht, 114: Elektroneninjektionsschicht, 115: Ladungserzeugungsschicht, 116: Lochinjektionsschicht, 117: Lochtransportschicht, 118: Elektronentransportschicht, 119: Elektroneninjektionsschicht, 123B: Licht emittierende Schicht, 123G: Licht emittierende Schicht, 123R: Licht emittierende Schicht, 130: Licht emittierende Schicht, 131: Wirtsmaterial, 131_1: organische Verbindung, 131_2: organische Verbindung, 132: Gastmaterial, 140: Licht emittierende Schicht, 141: Wirtsmaterial, 141_1: organische Verbindung:, 141_2: organische Verbindung:, 142: Gastmaterial, 145: Trennwand, 150: Licht emittierendes Element, 152: Licht emittierendes Element, 160: Licht emittierende Schicht, 170: Licht emittierende Schicht, 180: Licht emittierende Schicht, 190: Licht emittierende Schicht, 190a: Licht emittierende Schicht, 190b: Licht emittierende Schicht, 200: Substrat, 220: Substrat, 221B: Bereich, 221G: Bereich, 221R: Bereich, 222B: Bereich, 222G: Bereich, 222R: Bereich, 223: lichtundurchlässige Schicht, 224B: optisches Element, 224G: optisches Element, 224R: optisches Element, 250: Licht emittierendes Element, 260a: Licht emittierendes Element, 260b: Licht emittierendes Element, 262a: Licht emittierendes Element, 262b: Licht emittierendes Element, 301_1: Leitung, 301_5: Leitung, 301_6: Leitung, 301_7: Leitung, 302_1: Leitung, 302_2: Leitung, 303_1: Transistor, 303_6: Transistor, 303_7: Transistor, 304: Kondensator, 304_1: Kondensator, 304_2: Kondensator, 305: Licht emittierendes Element, 306_1: Leitung, 306_3: Leitung, 307_1: Leitung, 307_3: Leitung, 308_1: Transistor, 308_6: Transistor, 309_1: Transistor, 309_2: Transistor, 311_1: Leitung, 311_3: Leitung, 312_1: Leitung, 312_2: Leitung, 600: Anzeigevorrichtung, 601: Signalleitungstreiberschaltungsabschnitt, 602: Pixelabschnitt, 603: Abtastleitungstreiberschaltungsabschnitt, 604: Dichtungssubstrat, 605: Dichtungsmittel, 607: Bereich, 607a: Dichtungsschicht, 607b: Dichtungsschicht, 607c: Dichtungsschicht, 608: Leitung, 609: FPC, 610: Elementsubstrat, 611: Transistor, 612: Transistor, 613: untere Elektrode, 614: Trennwand, 616: EL-Schicht, 617: obere Elektrode, 618: Licht emittierendes Element, 621: optisches Element, 622: lichtundurchlässige Schicht, 623: Transistor, 624: Transistor, 801: Pixelschaltung, 802: Pixelabschnitt, 804: Treiberschaltungsabschnitt, 804a: Abtastleitungstreiberschaltung, 804b: Signalleitungstreiberschaltung, 806: Schutzschaltung, 807: Anschlussabschnitt, 852: Transistor, 854: Transistor, 862: Kondensator, 872: Licht emittierendes Element, 1001: Substrat, 1002: Basis-Isolierfilm, 1003: Gate-Isolierfilm, 1006: Gate-Elektrode, 1007: Gate-Elektrode, 1008: Gate-Elektrode, 1020: Zwischenschicht-Isolierfilm, 1021: Zwischenschicht-Isolierfilm, 1022: Elektrode, 1024B: untere Elektrode, 1024G: untere Elektrode, 1024R: untere Elektrode, 1024Y: untere Elektrode, 1025: Trennwand, 1026: obere Elektrode, 1028: EL-Schicht, 1028B: Licht emittierende Schicht, 1028G: Licht emittierende Schicht, 1028R: Licht emittierende Schicht, 1028Y: Licht emittierende Schicht, 1029: Dichtungsschicht, 1031: Dichtungssubstrat, 1032: Dichtungsmittel, 1033: Basismaterial, 1034B: Farbschicht, 1034G: Farbschicht, 1034R: Farbschicht, 1034Y: Farbschicht, 1035: lichtundurchlässige Schicht, 1036: Abdeckungsschicht, 1037: Zwischenschicht-Isolierfilm, 1040: Pixelabschnitt, 1041: Treiberschaltungsabschnitt, 1042: peripherer Abschnitt, 2000: Touchscreen, 2001: Touchscreen, 2501: Anzeigevorrichtung, 2502R: Pixel, 2502t: Transistor, 2503c: Kondensator, 2503g: Abtastleitungstreiberschaltung, 2503s: Signalleitungstreiberschaltung, 2503t: Transistor,

2509: FPC, 2510: Substrat, 2510a: isolierende Schicht, 2510b: flexibles Substrat, 2510c: Klebeschicht, 2511: Leitung, 2519: Anschluss, 2521: isolierende Schicht, 2528: Trennwand, 2550R: Licht emittierendes Element, 2560: Dichtungsschicht, 2567BM: lichtundurchlässige Schicht, 2567p: Antireflexionsschicht, 2567R: Farbschicht, 2570: Substrat, 2570a: isolierende Schicht, 2570b: flexibles Substrat, 2570c: Klebeschicht, 2580R: Licht emittierendes Modul, 2590: Substrat, 2591: Elektrode, 2592: Elektrode, 2593: isolierende Schicht, 2594: Leitung, 2595: Berührungssensor, 2597: Klebeschicht, 2598: Leitung, 2599: Verbindungsschicht, 2601: Impulsspannungsausgabeschaltung, 2602: Stromerfassungsschaltung, 2603: Kapazität, 2611: Transistor, 2612: Transistor, 2613: Transistor, 2621: Elektrode, 2622: Elektrode, 3000: Licht emittierende Vorrichtung, 3001: Substrat, 3003: Substrat, 3005: Licht emittierendes Element, 3007: Dichtungsbereich, 3009: Dichtungsbereich, 3011: Bereich, 3013: Bereich, 3014: Bereich, 3015: Substrat, 3016: Substrat, 3018: Trockenmittel, 3500: Multifunktionsanschluss, 3502: Gehäuse, 3504: Anzeigeabschnitt, 3506: Kamera, 3508: Beleuchtung, 3600: Licht, 3602: Gehäuse, 3608: Beleuchtung, 3610: Lautsprecher, 8000: Anzeigemodul, 8001: obere Abdeckung, 8002: untere Abdeckung, 8003: FPC, 8004: Berührungssensor, 8005: FPC, 8006: Anzeigevorrichtung, 8009: Rahmen, 8010: gedruckte Leiterplatte, 8011: Batterie, 8501: Beleuchtungsvorrichtung, 8502: Beleuchtungsvorrichtung, 8503: Beleuchtungsvorrichtung, 8504: Beleuchtungsvorrichtung, 9000: Gehäuse, 9001: Anzeigeabschnitt, 9003: Lautsprecher, 9005: Bedienungstaste, 9006: Verbindungsanschluss, 9007: Sensor, 9008: Mikrofon, 9050: Bedienungsknopf, 9051: Information, 9052: Information, 9053: Information, 9054: Information, 9055: Gelenk, 9100: tragbares Informationsendgerät, 9101: tragbares Informationsendgerät, 9102: tragbares Informationsendgerät, 9200: tragbares Informationsendgerät, 9201: tragbares Informationsendgerät, 9300: Fernsehgerät, 9301: Fuß, 9311: Fernbedienung, 9500: Anzeigevorrichtung, 9501: Anzeigefeld, 9502: Anzeigebereich, 9503: Bereich, 9511: Gelenk, 9512: Halterung, 9700: Fahrzeug, 9701: Karosserie, 9702: Rad, 9703: Armaturenbrett, 9704: Scheinwerfer, 9710: Anzeigeabschnitt, 9711: Anzeigeabschnitt, 9712: Anzeigeabschnitt, 9713: Anzeigeabschnitt, 9714: Anzeigeabschnitt, 9715: Anzeigeabschnitt, 9721: Anzeigeabschnitt, 9722: Anzeigeabschnitt, 9723: Anzeigeabschnitt.

Patentansprüche

1. Ein Licht emittierendes Element (150; 152), das umfasst:
eine erste organische Verbindung (131_1; 141_1);
eine zweite organische Verbindung (131_2; 141_2); und
ein Gastmaterial (132; 142),
wobei ein LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) niedriger ist als ein LUMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2),
wobei ein HOMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) niedriger ist als ein HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2),
wobei ein LUMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) höher ist als das LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1),
wobei ein HOMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) niedriger ist als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2),
wobei eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) und dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) größer als oder gleich 0,1 eV ist,
wobei das Gastmaterial (132; 142) konfiguriert ist, Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umzuwandeln, und
wobei die erste organische Verbindung (131_1; 141_1) und die zweite organische Verbindung (131_2; 141_2) einen Exciplex bilden.

2. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1, wobei eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) um 0,4 eV oder mehr größer als eine Übergangsenergie ist, die aus einer Absorptionskante des Gastmaterials (132; 142) berechnet wird.

3. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1, wobei eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) und dem HOMO-Niveau des Gastmaterials (132; 142) um 0,4 eV oder mehr größer als die Lichtemissionsenergie des Gastmaterials (132; 142) ist.

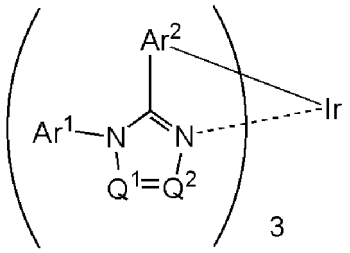
4. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1, wobei ein Emissionsspektrum des Gastmaterials (132; 142) mindestens einen Peak in einem Wellenlängenbereich von größer als oder gleich 400 nm und kleiner als 505 nm aufweist.

5. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1, wobei der Exciplex konfiguriert ist, Anregungsenergie auf das Gastmaterial (132; 142) zu übertragen.

6. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1,
wobei das Gastmaterial (132; 142) einen Liganden umfasst, der an Iridium koordiniert ist, und
wobei der Ligand ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst enthält.

7. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 6, wobei der Ligand ein Triazol-Gerüst oder ein Imidazol-Gerüst enthält.

8. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1,
wobei das Gastmaterial (132; 142) einen Iridiumkomplex umfasst;
wobei der Iridiumkomplex durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird:



(G1)

wobei Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte erste Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt,
wobei Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte zweite Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt,
wobei Q^1 und Q^2 jeweils unabhängig voneinander N oder C-R darstellen,
wobei R in C-R Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine Haloalkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte dritte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt,
wobei Q^1 und/oder Q^2 C-R darstellen/darstellt, und
wobei die erste Aryl-Gruppe, die zweite Aryl-Gruppe und/oder die dritte Aryl-Gruppe eine Cyano-Gruppe umfassen/umfasst.

9. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8, wobei eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2) größer als oder gleich einer Übergangsenergie ist, die aus einer Absorptionskante des Gastmaterials (132; 142) berechnet wird.

10. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8,
wobei eine Energiedifferenz zwischen dem LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung (131_1; 141_1) und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung (131_2; 141_2) größer als oder gleich der Lichtemissionsenergie des Gastmaterials (132; 142) ist.

11. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8, wobei der Exciplex konfiguriert ist, Anregungsenergie auf das Gastmaterial (132; 142) zu übertragen.

12. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8, wobei ein Emissionsspektrum des Exciplex einen Bereich aufweist, der sich mit einem Absorptionsband auf der niedrigsten Energieseite des Gastmaterials (132; 142) überlappt.

13. Das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 oder 8,
wobei die erste organische Verbindung (131_1; 141_1) konfiguriert ist, ein Elektron zu transportieren, und
wobei die zweite organische Verbindung (131_2; 141_2) konfiguriert ist, ein Loch zu transportieren.

14. Das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8,
wobei die erste organische Verbindung (131_1; 141_1) ein Gerüst mit einem π-elektronenarmen heteroaromatischen Ring enthält, und

wobei die zweite organische Verbindung (131_2; 141_2) ein Gerüst mit einem π-elektronenreichen heteroaromatischen Ring und/oder ein aromatisches Amin-Gerüst enthält.

15. Eine Anzeigevorrichtung, die umfasst:
das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8; und
einen Farbfilter und/oder einen Transistor.

16. Ein elektronisches Gerät, das umfasst:
die Anzeigevorrichtung nach Anspruch 15; und
ein Gehäuse und/oder einen Berührungssensor.

17. Eine Beleuchtungsvorrichtung, die umfasst:
das Licht emittierende Element (150; 152) nach Anspruch 1 oder 8; und
ein Gehäuse und/oder einen Berührungssensor.

Es folgen 100 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

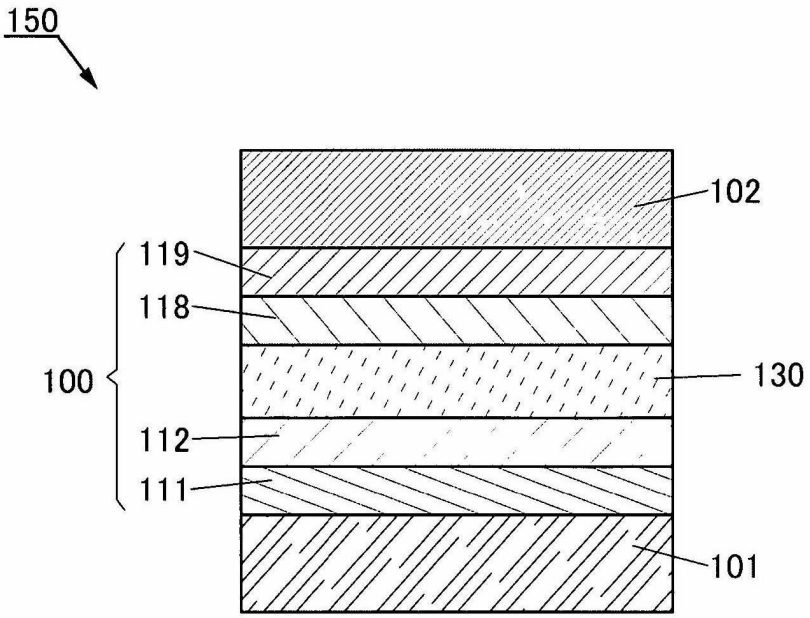


FIG. 1B

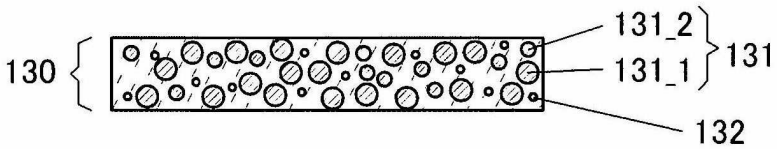


FIG. 2A

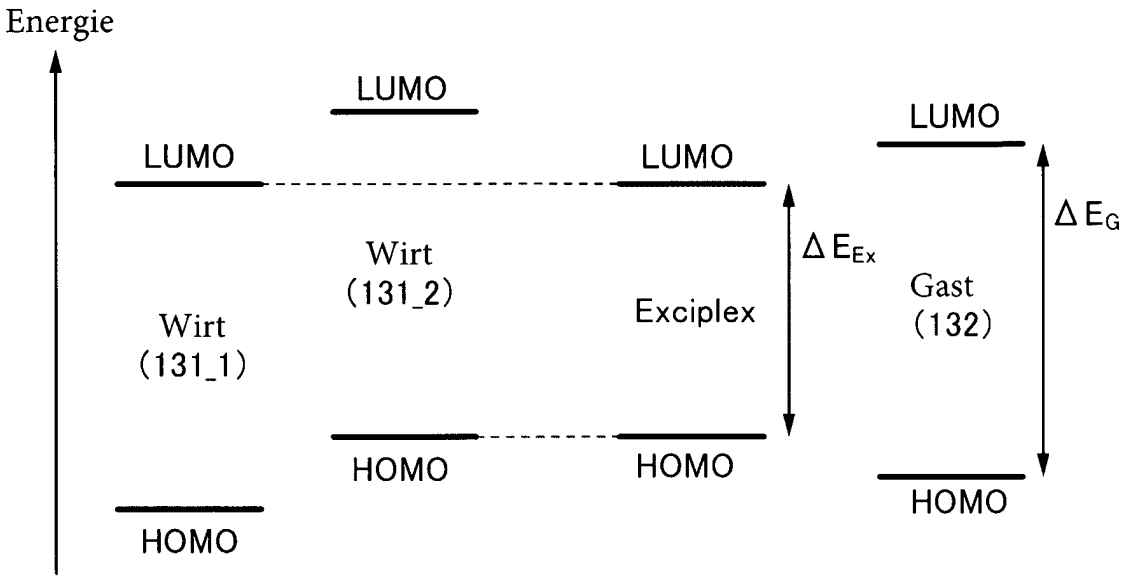

Energie
LUMO
LUMO
LUMO
LUMO
LUMO
Wirt
(131_2)
Wirt
(131_1)
Exciplex
Gast
(132)
ΔEEx
ΔEG
HOMO
HOMO
HOMO
HOMO

FIG. 2B

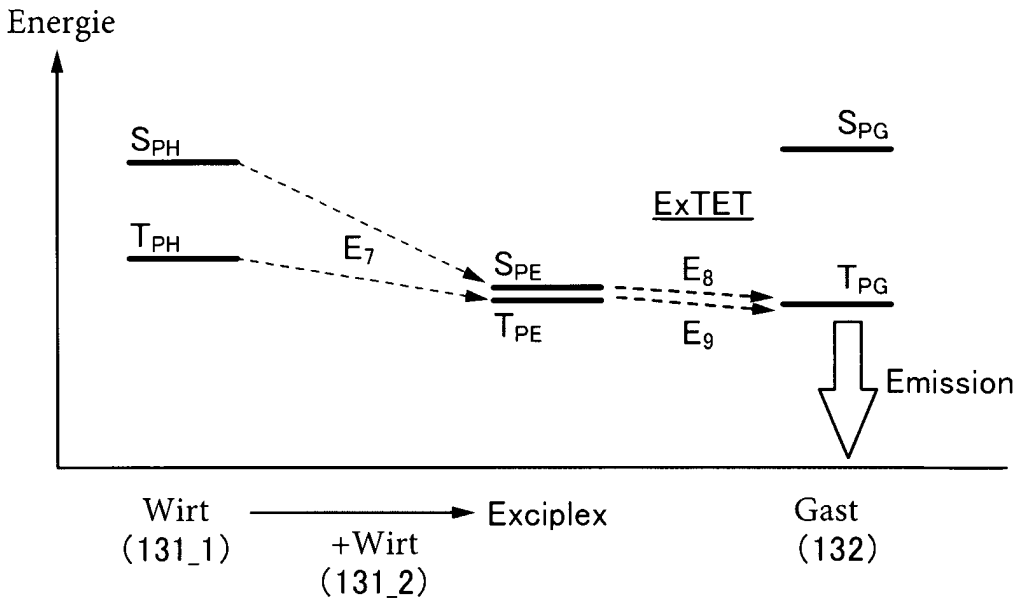

Energie
SPH
SPG
ExTET
TPH
E7
SPE
E8
TPG
TPE
E9
Emission
Wirt
(131_1)
+Wirt
(131_2)
Exciplex
Gast
(132)

FIG. 3A

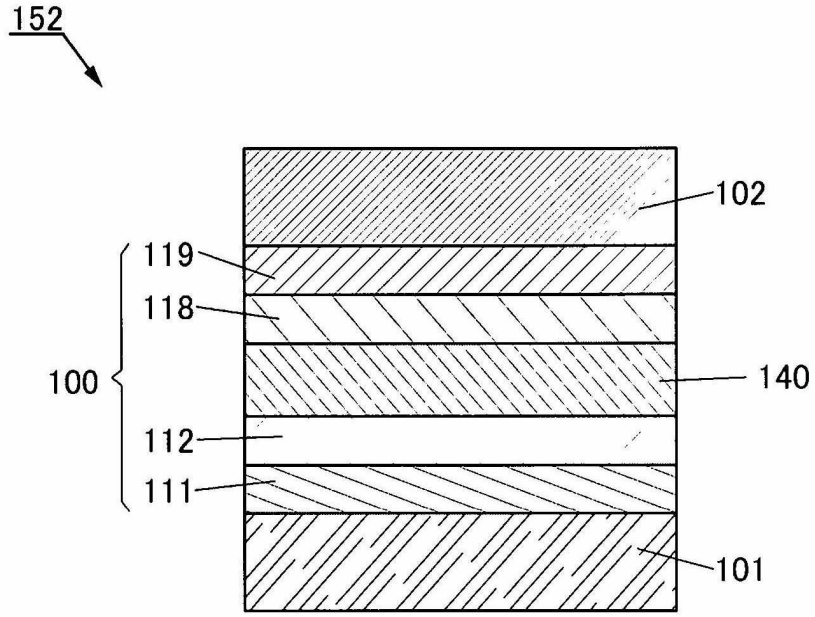


FIG. 3B

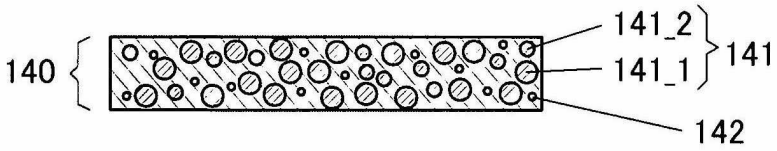


FIG. 4

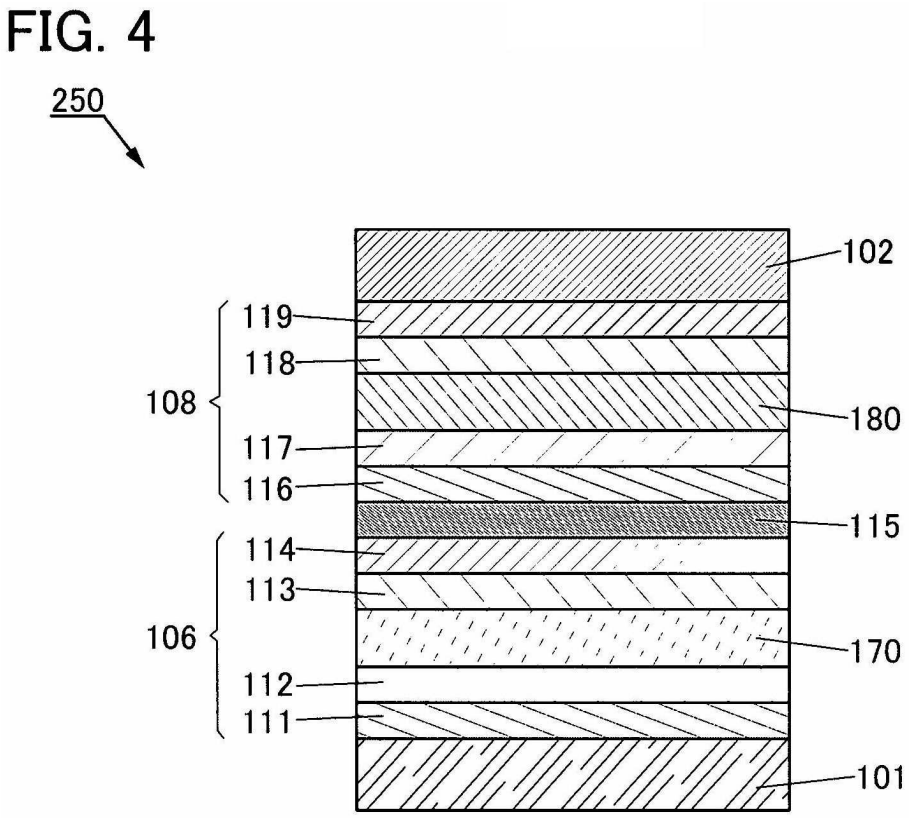


FIG. 5A

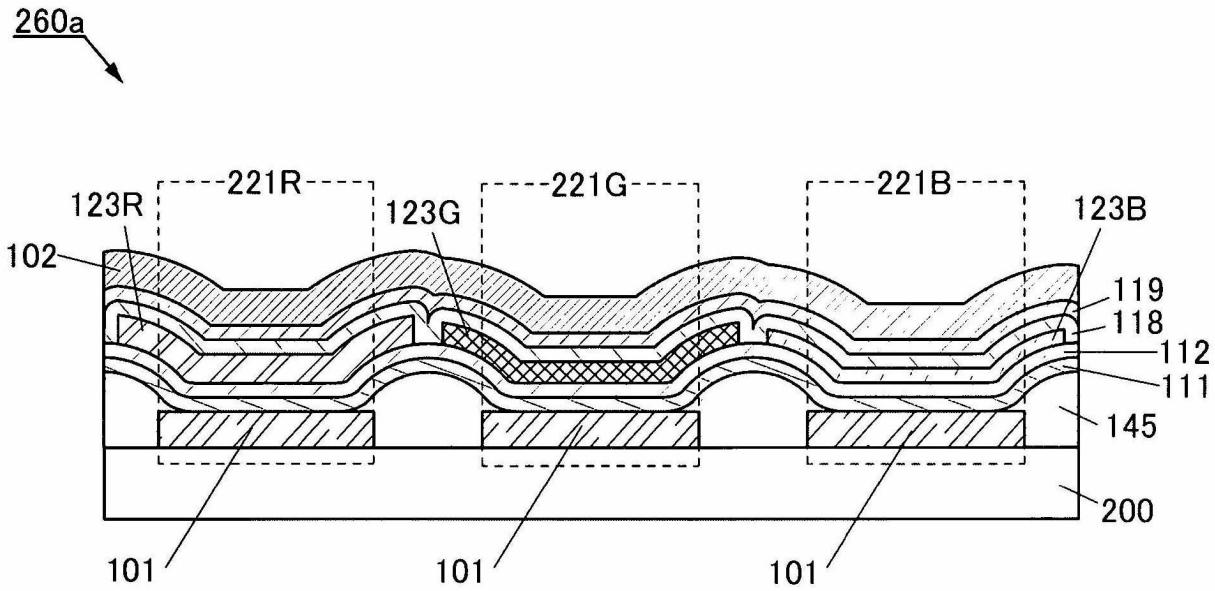

260a
221R
221G
221B
123R
123G
123B
102
119
118
112
111
145
200
101
101
101

FIG. 5B

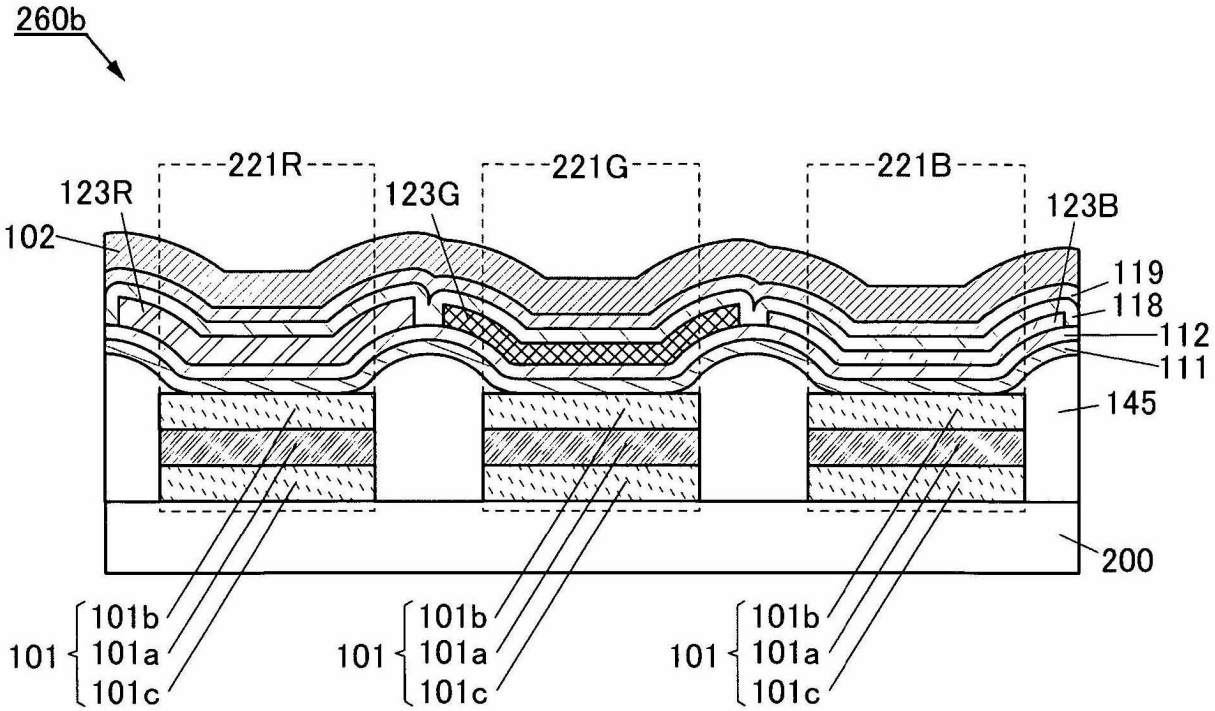

260b
221R
221G
221B
123R
123G
123B
102
119
118
112
111
145
200
101
101b
101a
101c
101
101b
101a
101c
101
101b
101a
101c

FIG. 6A

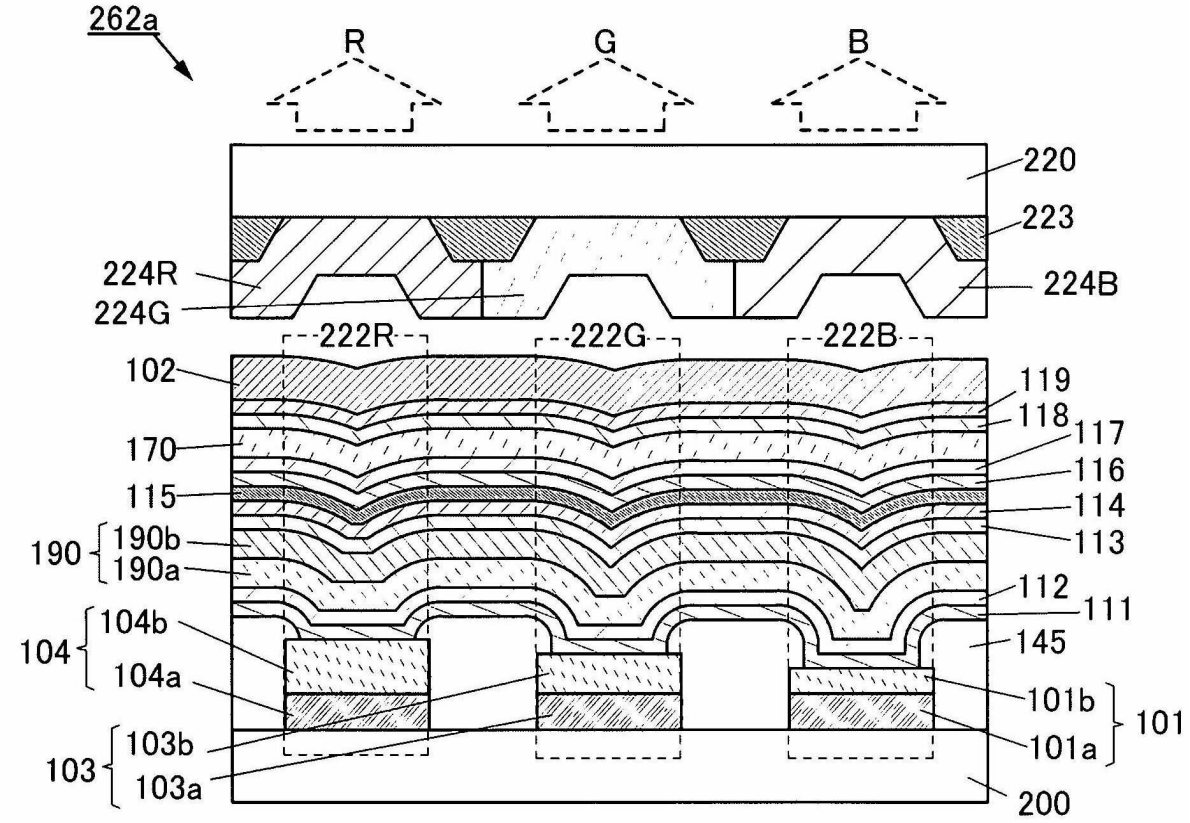

262a
R
G
B
220
223
224R
224G
224B
222R
222G
222B
102
119
118
117
170
116
115
114
190
190b
190a
113
112
111
104
104b
104a
145
101b
101
101a
103
103b
103a
200

FIG. 6B

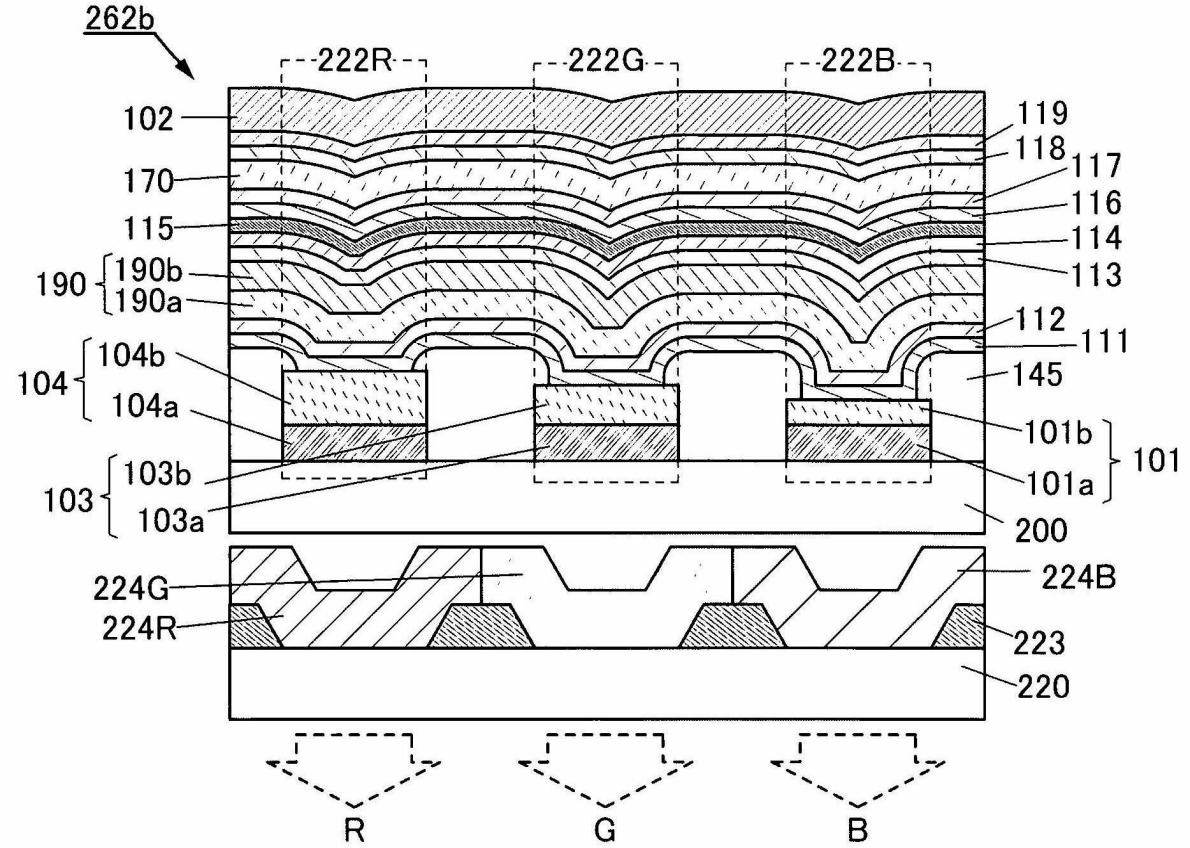

262b
222R
222G
222B
102
119
118
117
170
116
115
114
190
190b
190a
113
112
111
104
104b
104a
145
101b
101
101a
103
103b
103a
200
224G
224R
224B
223
220
R
G
B

FIG. 7A

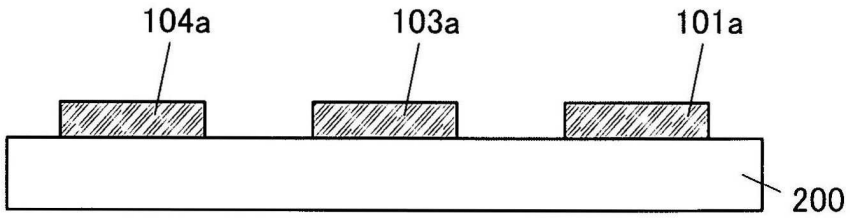


FIG. 7B

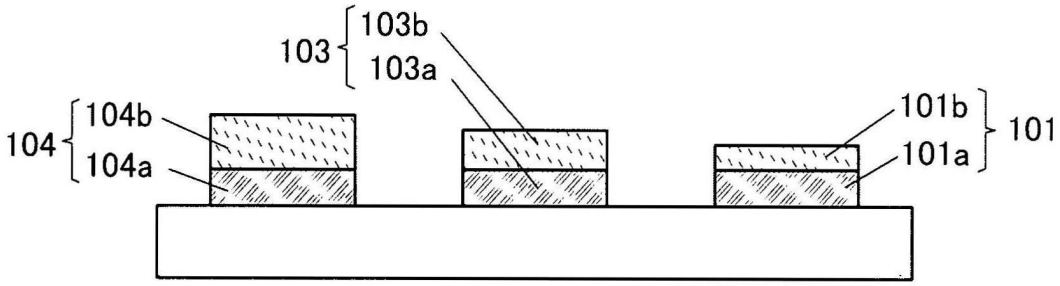


FIG. 7C

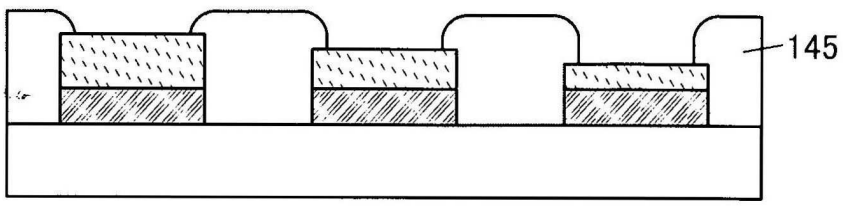


FIG. 8A

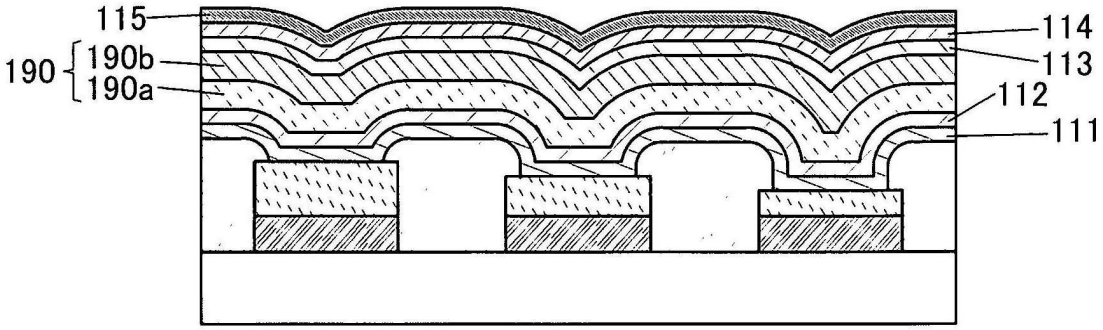


FIG. 8B

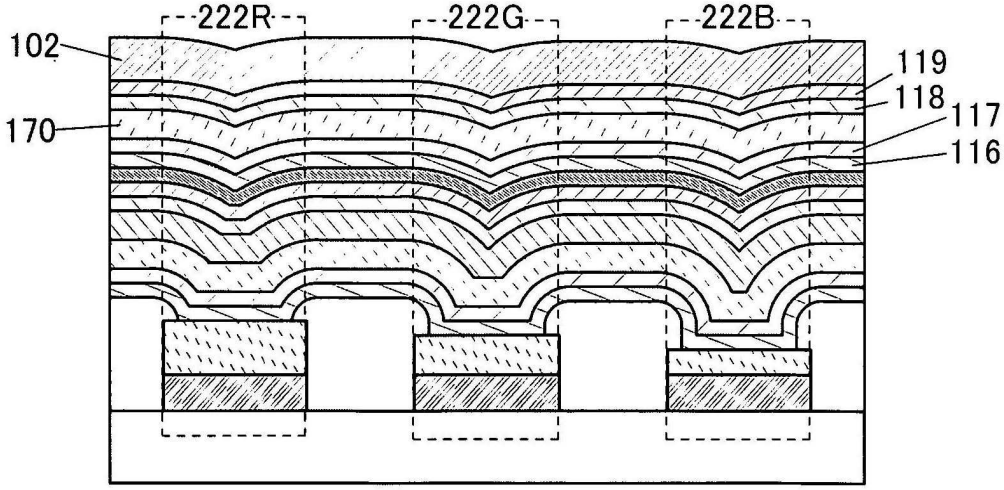


FIG. 8C

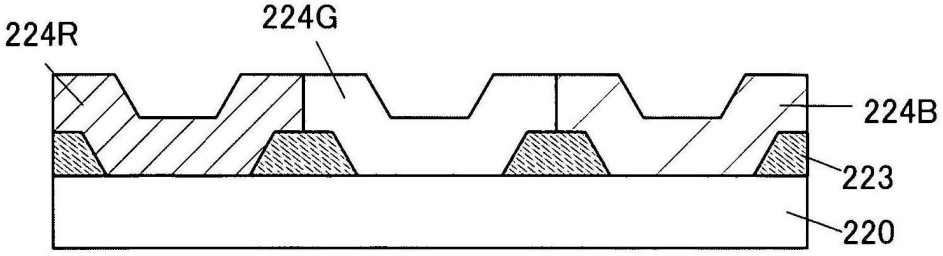


FIG. 9A

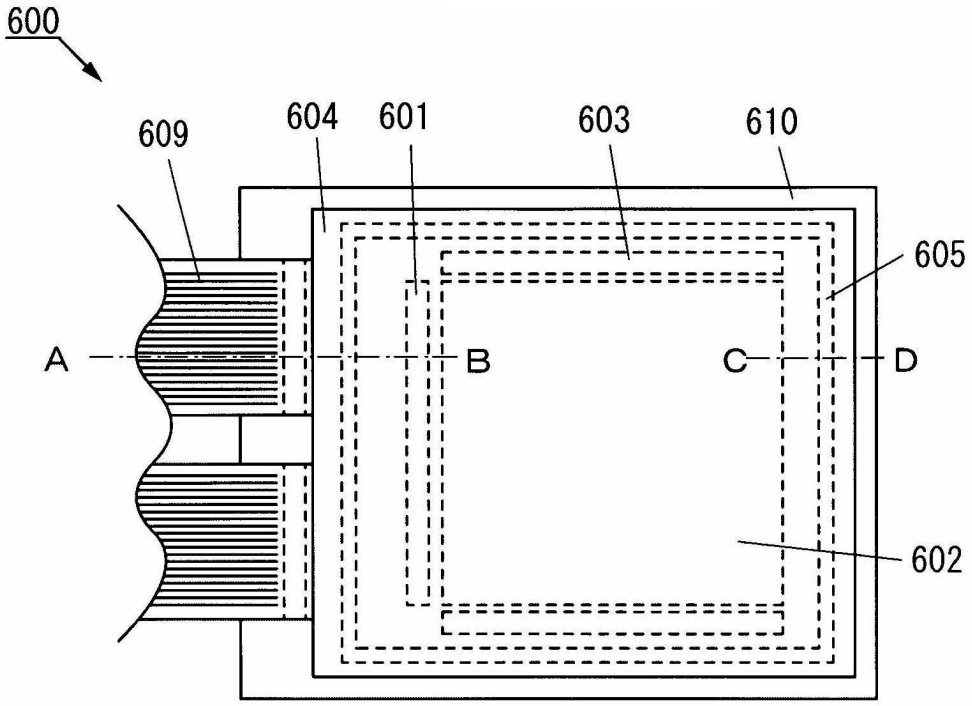
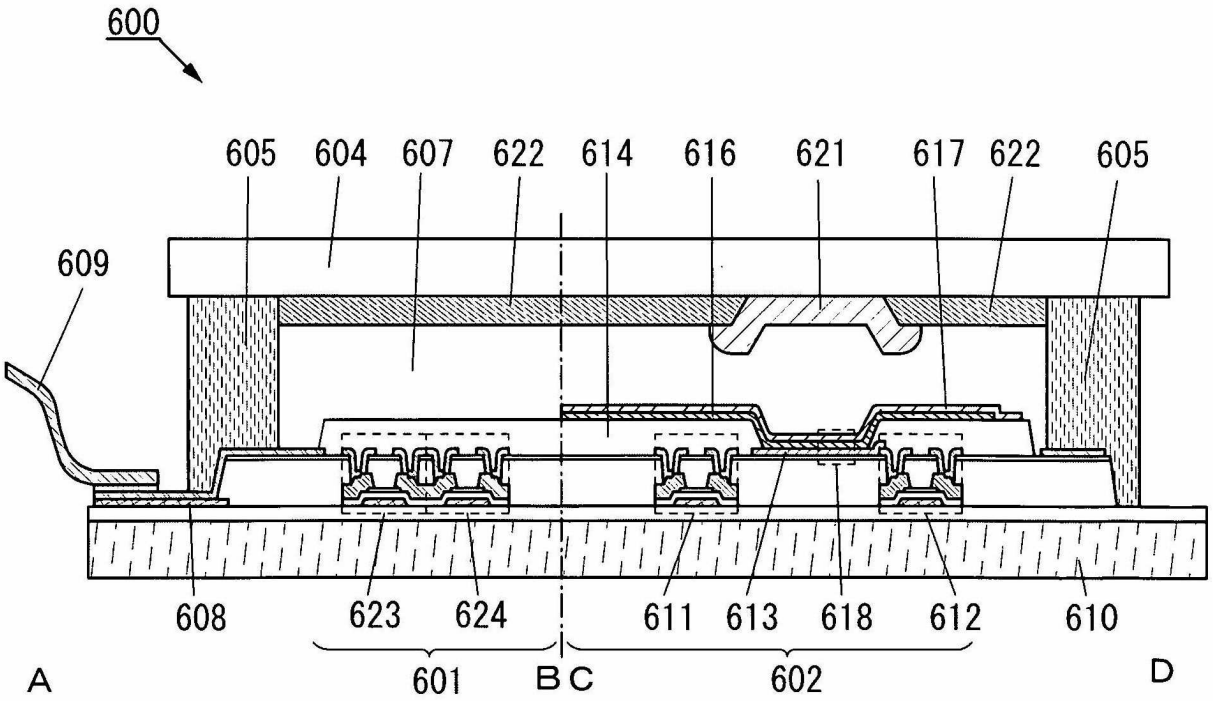

600
609
604
601
603
610
605
A
B
C
D
602

FIG. 9B


600
605
604
607
622
614
616
621
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

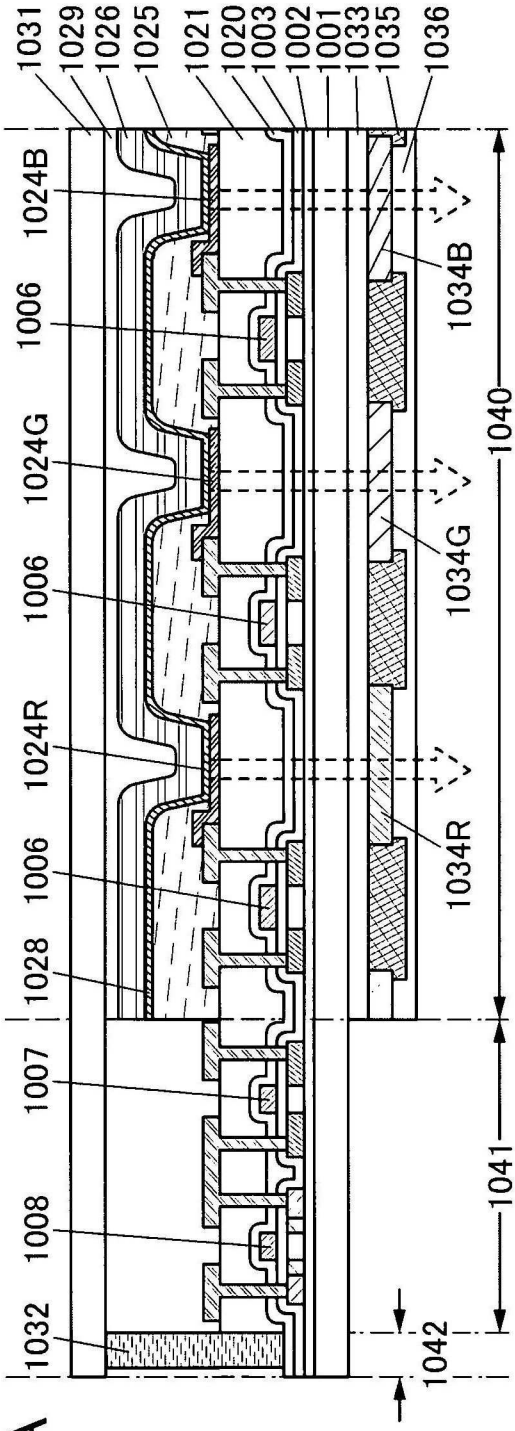


FIG. 10A

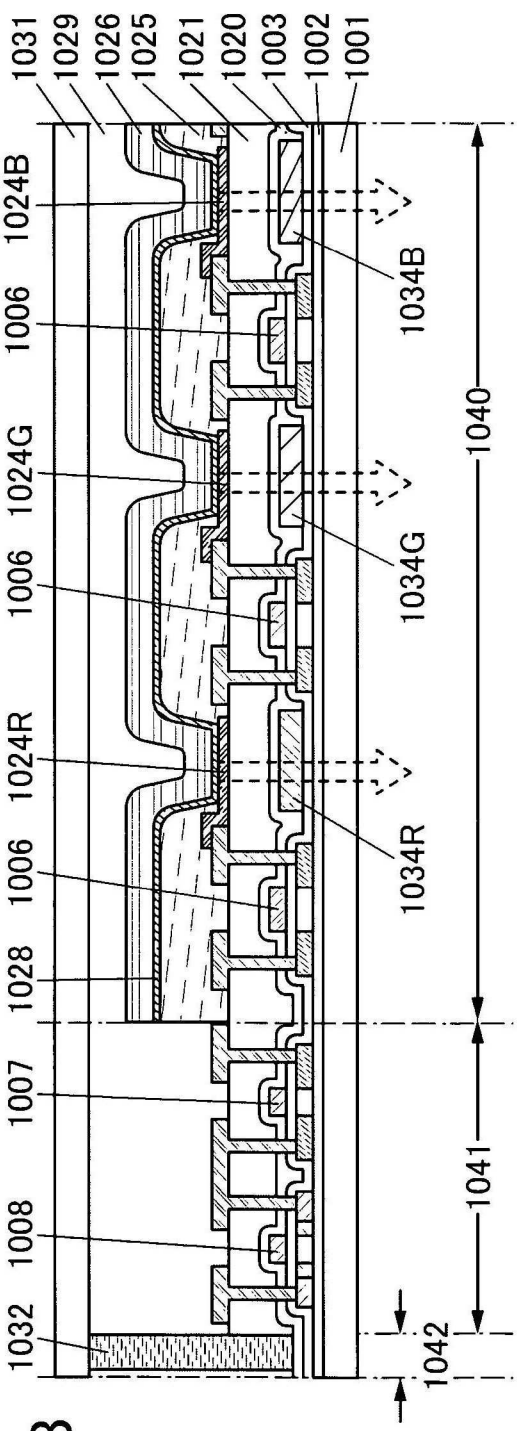


FIG. 10B

FIG. 11

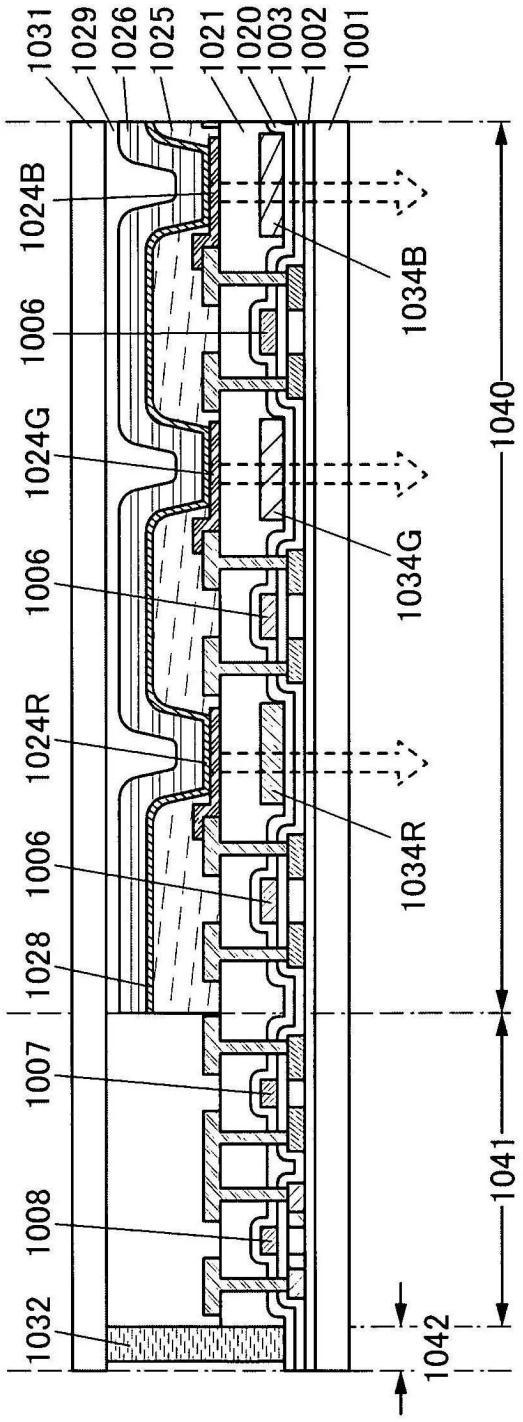

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

FIG. 12A

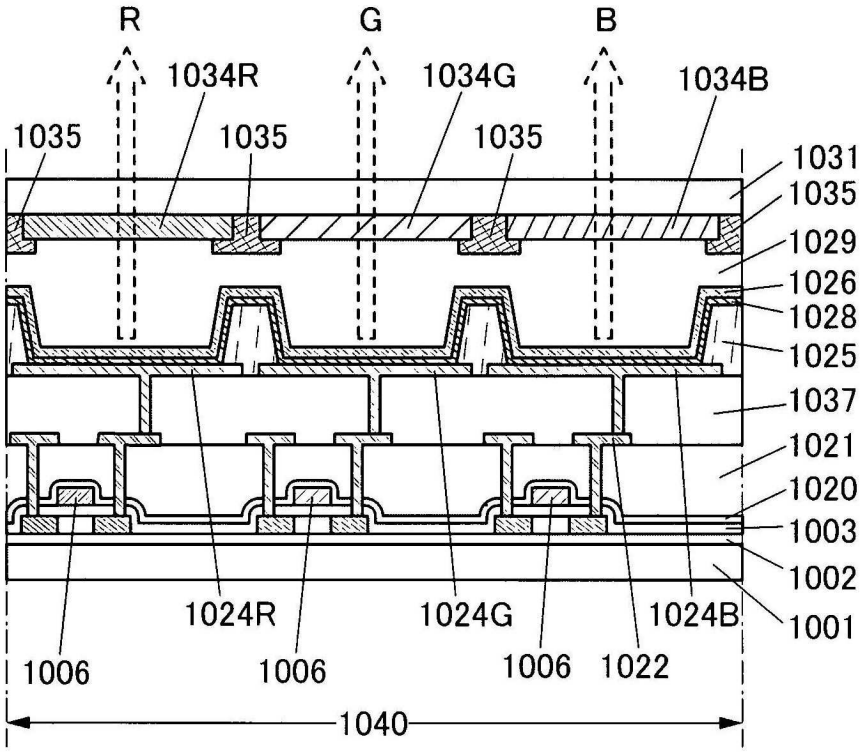


FIG. 12B

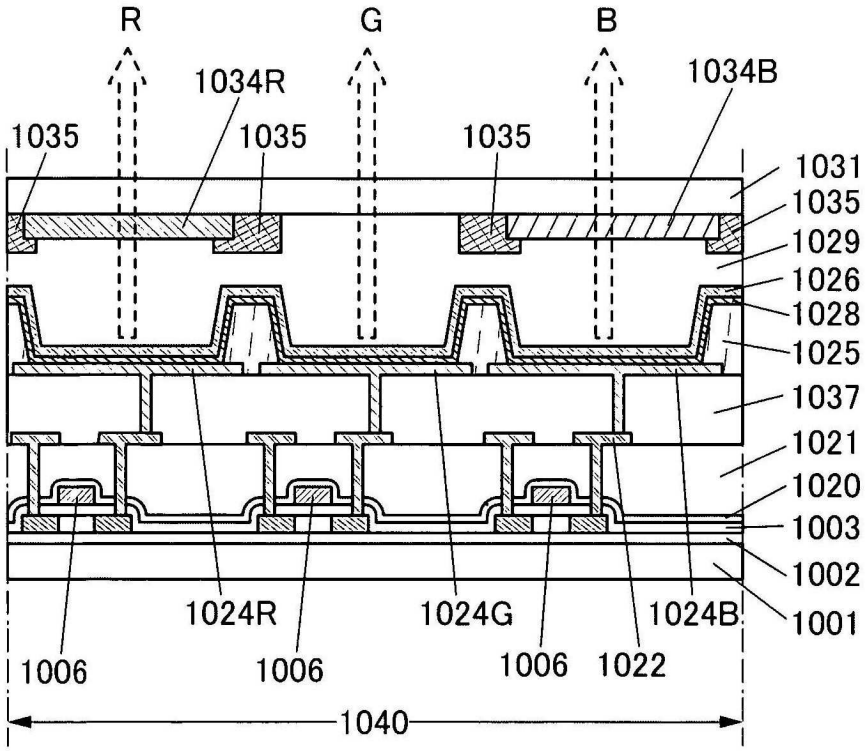


FIG. 13A

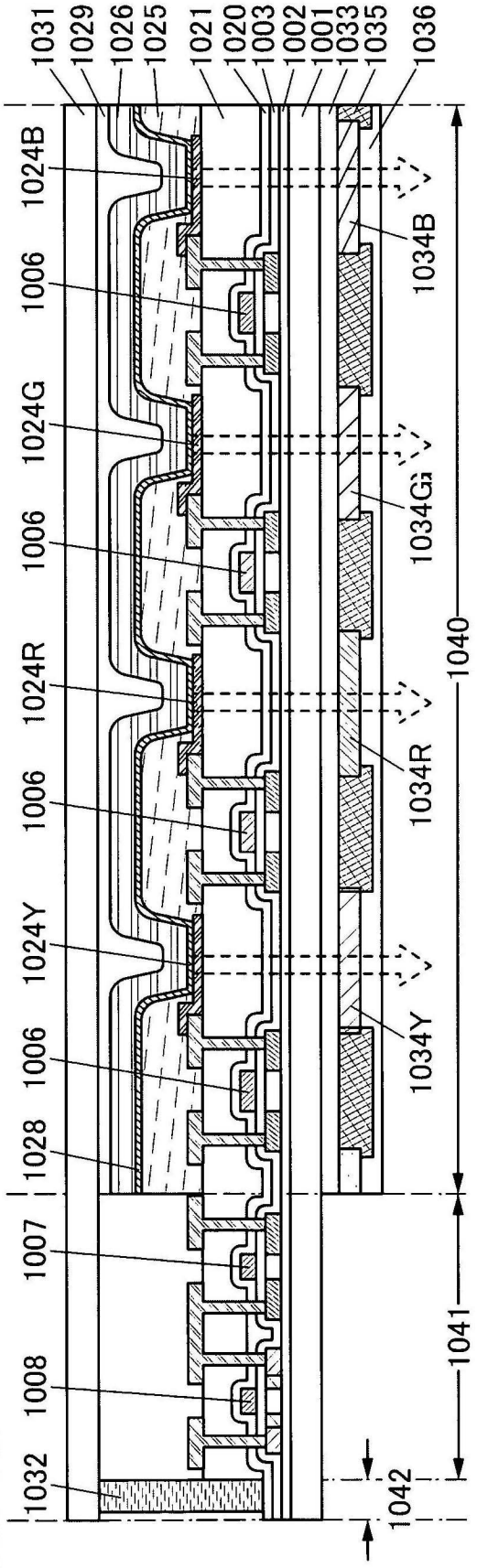


FIG. 13B

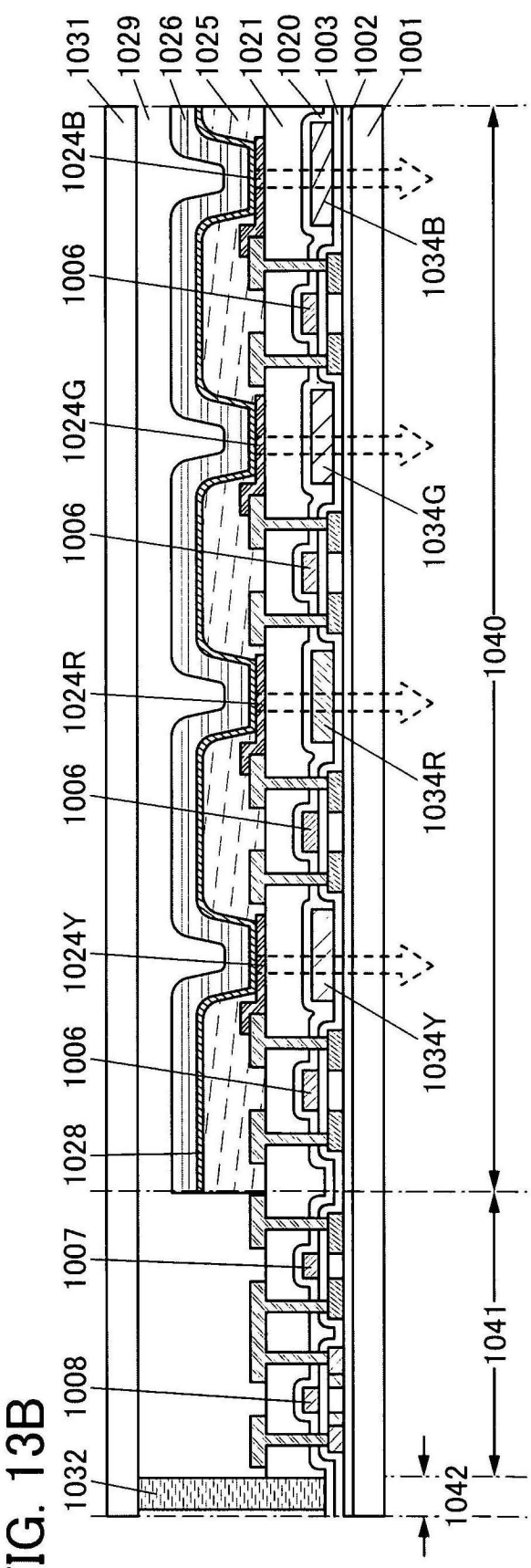


FIG. 14

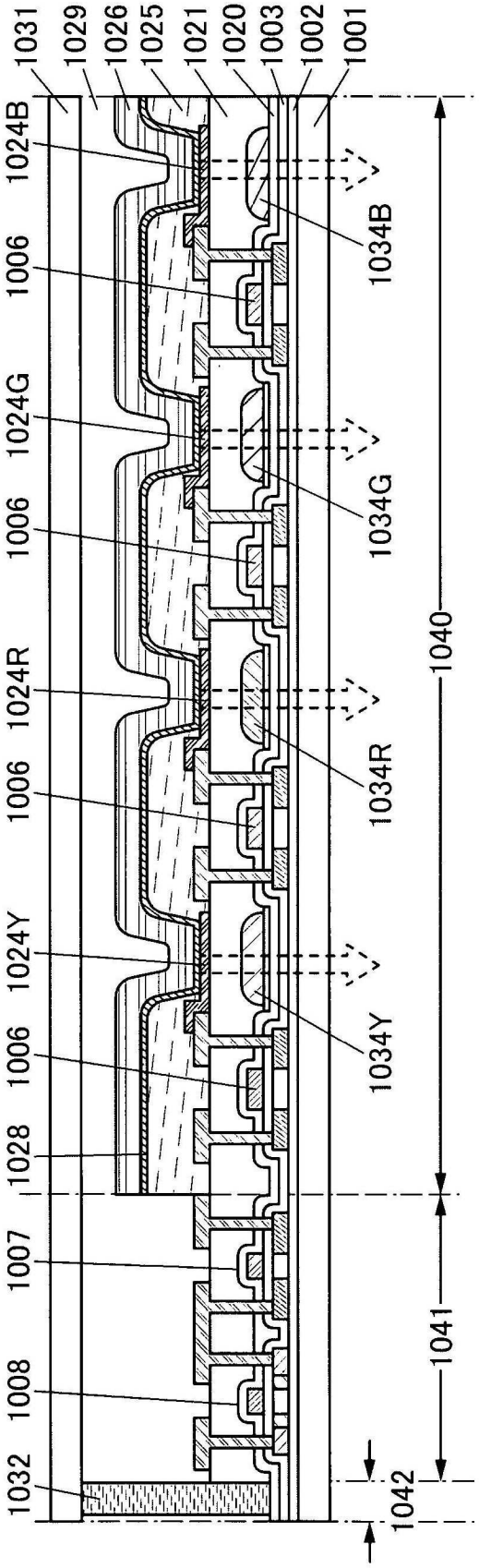

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

FIG. 15A

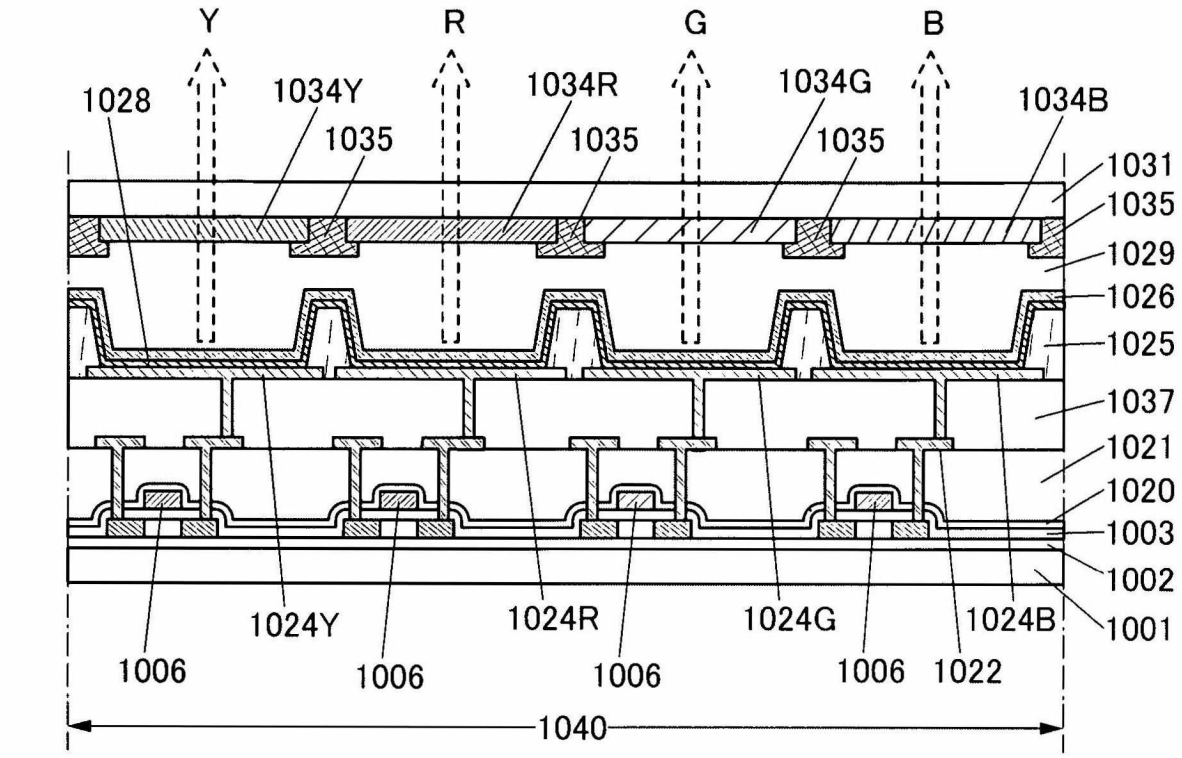


FIG. 15B

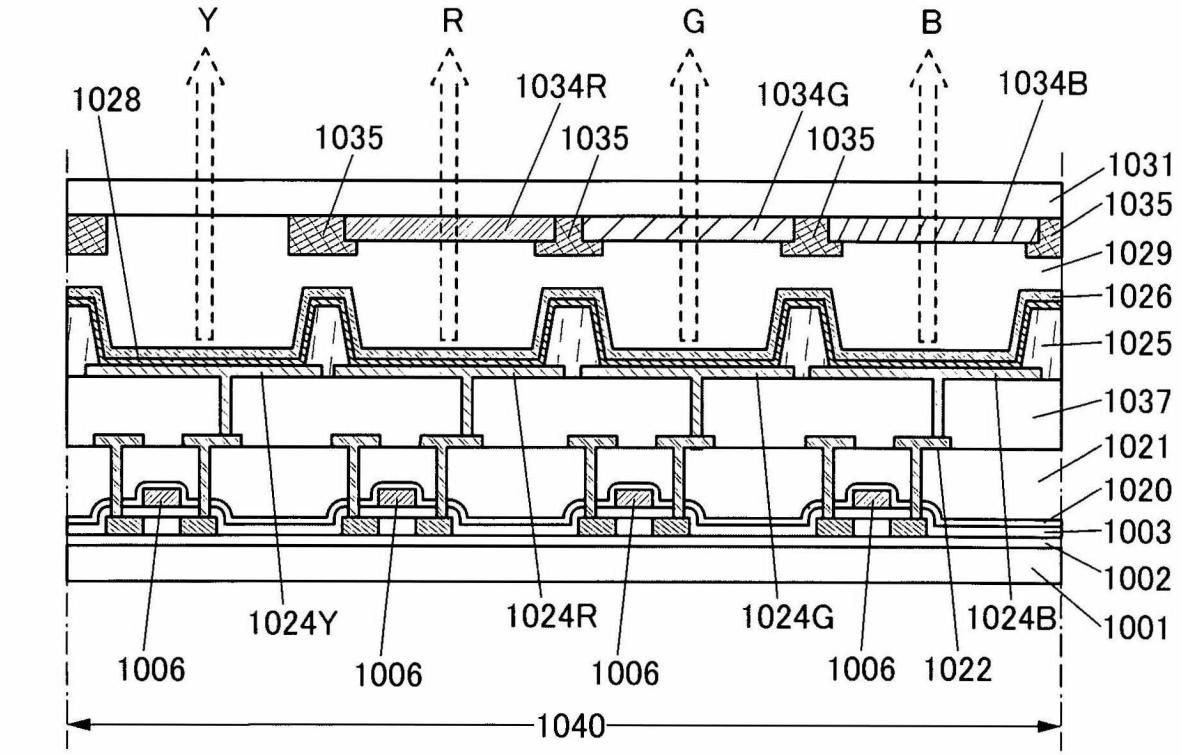


FIG. 16

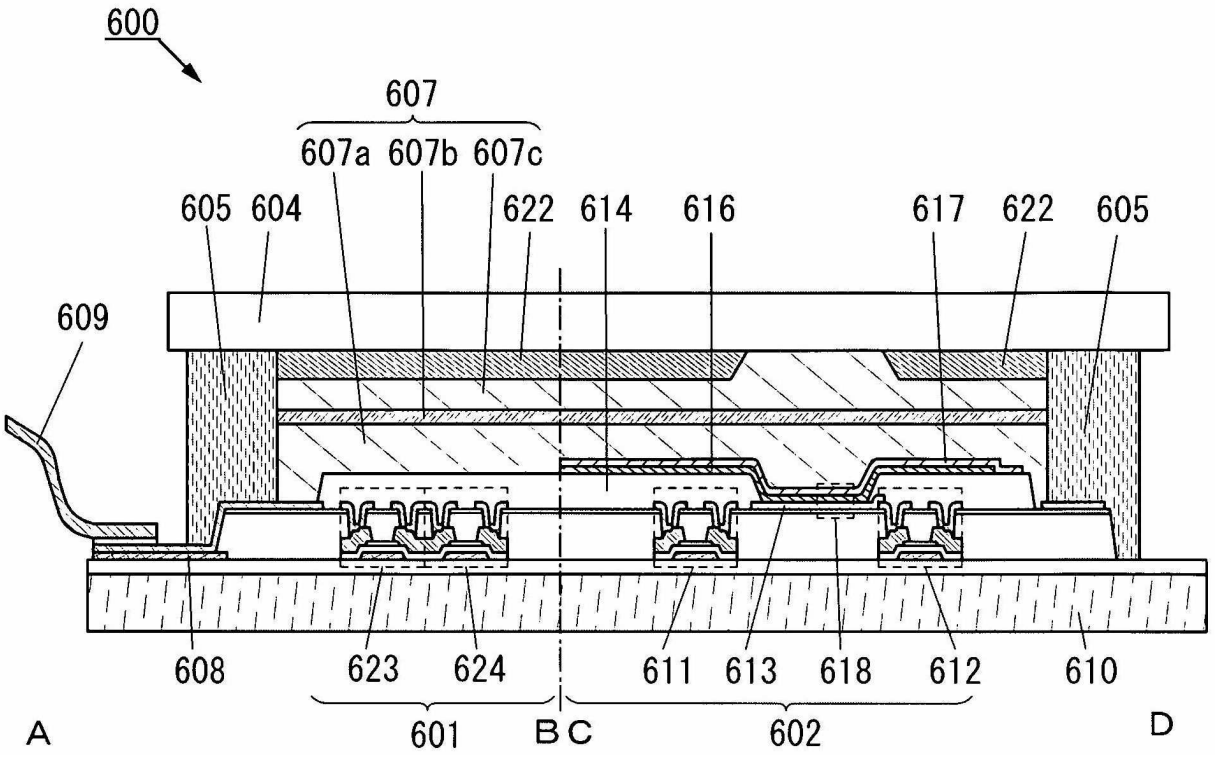

600
607
607a
607b
607c
605
604
622
614
616
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

FIG. 17A

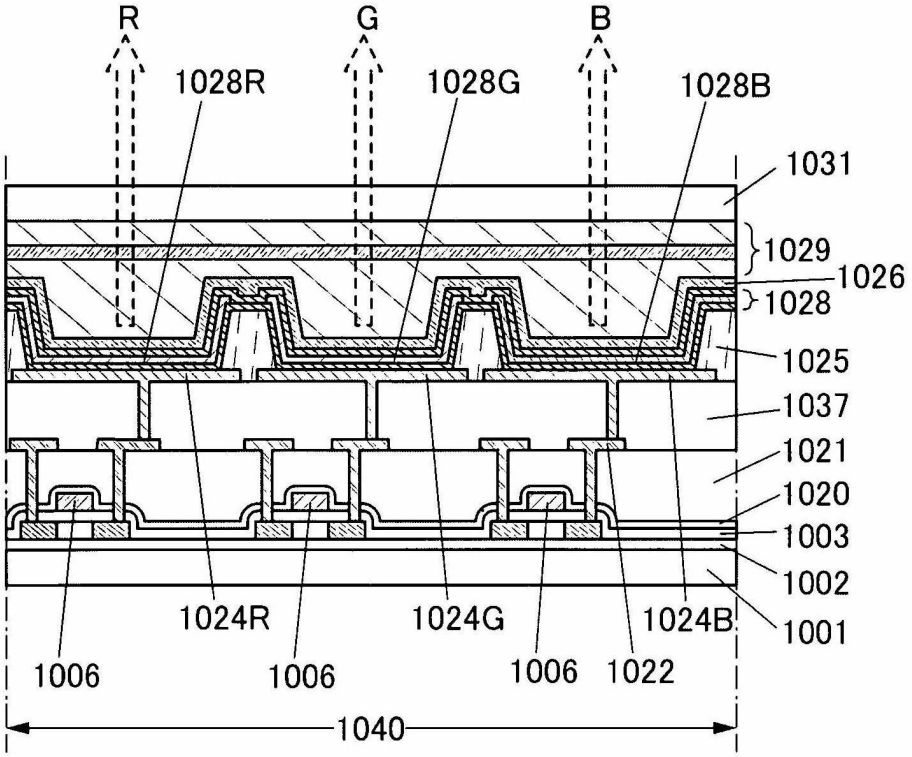


FIG. 17B

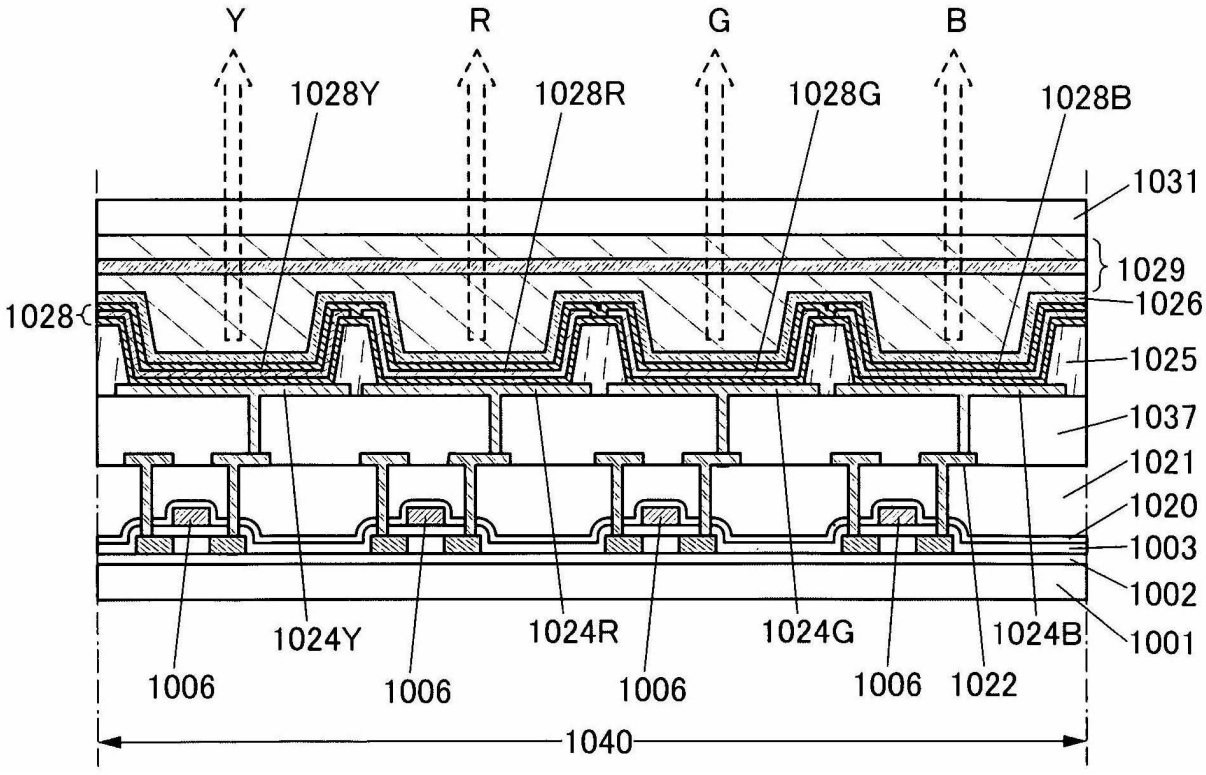


FIG. 18A

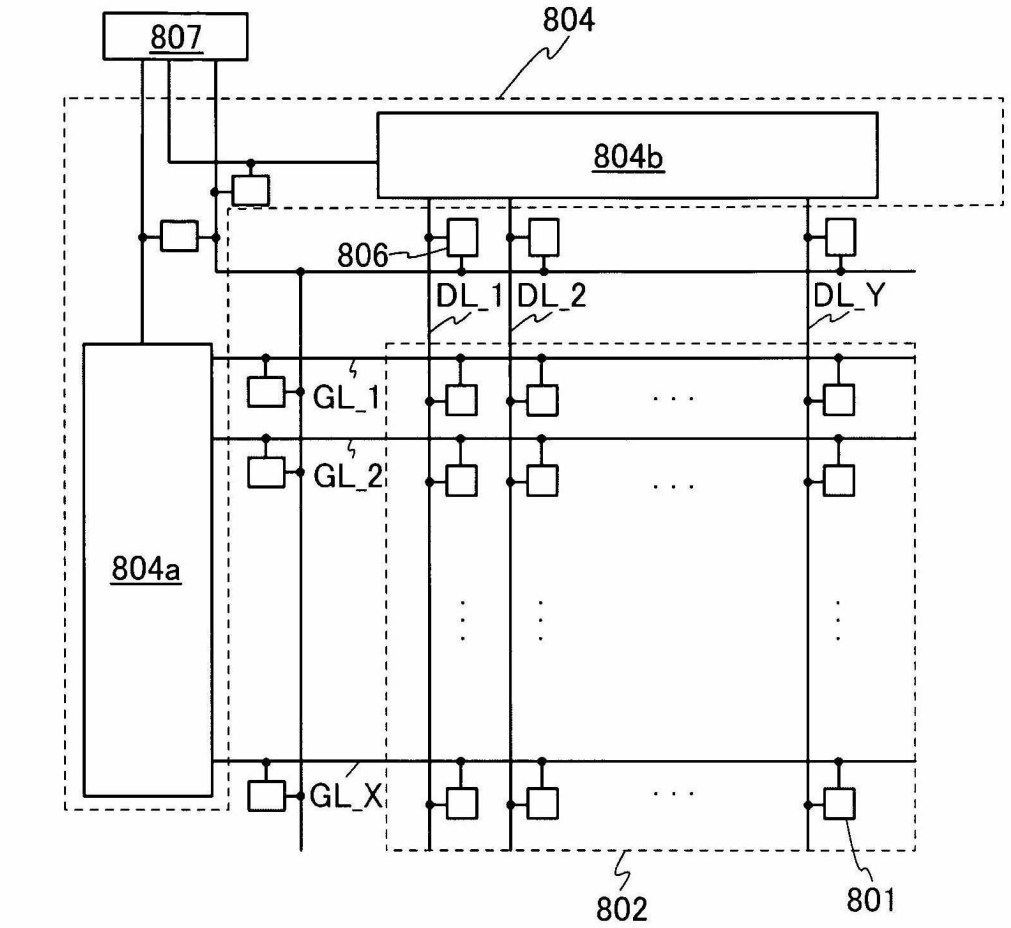


FIG. 18B

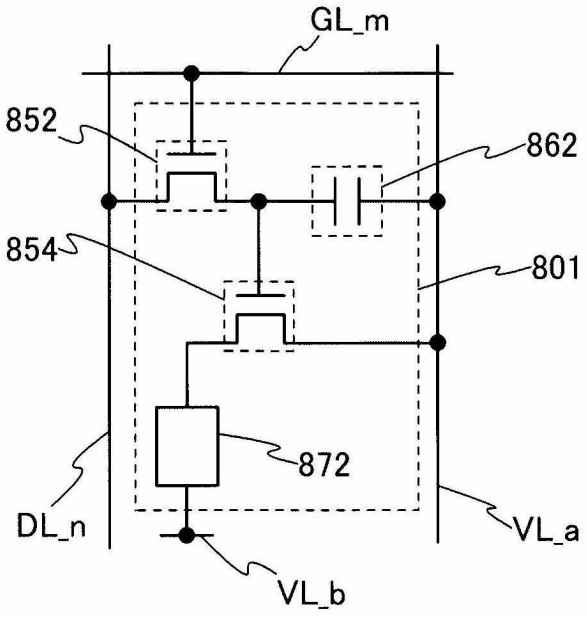


FIG. 19A

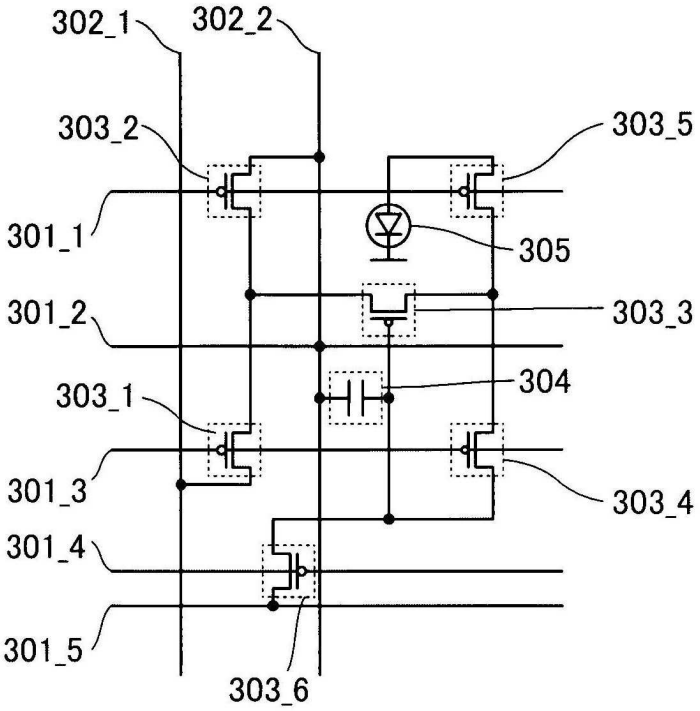


FIG. 19B

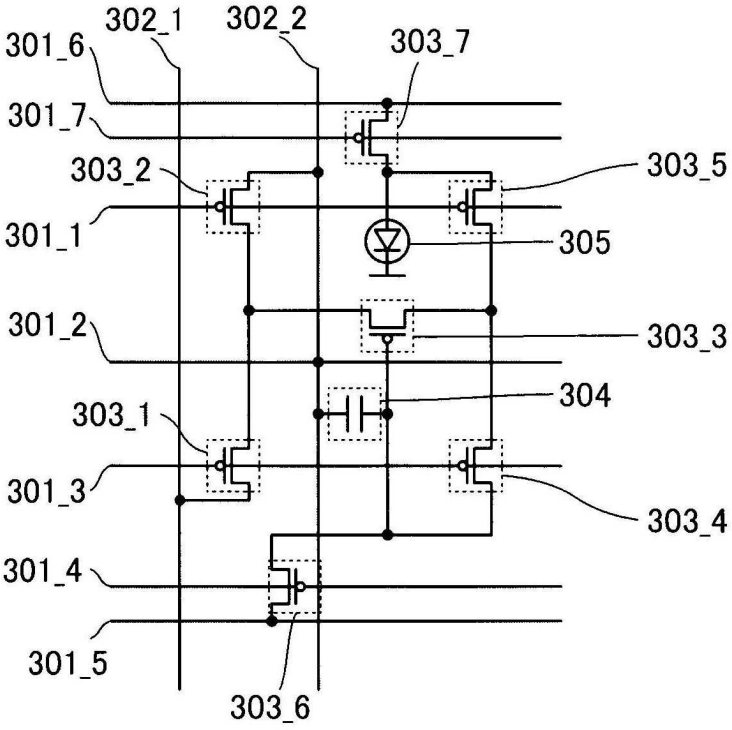


FIG. 20A

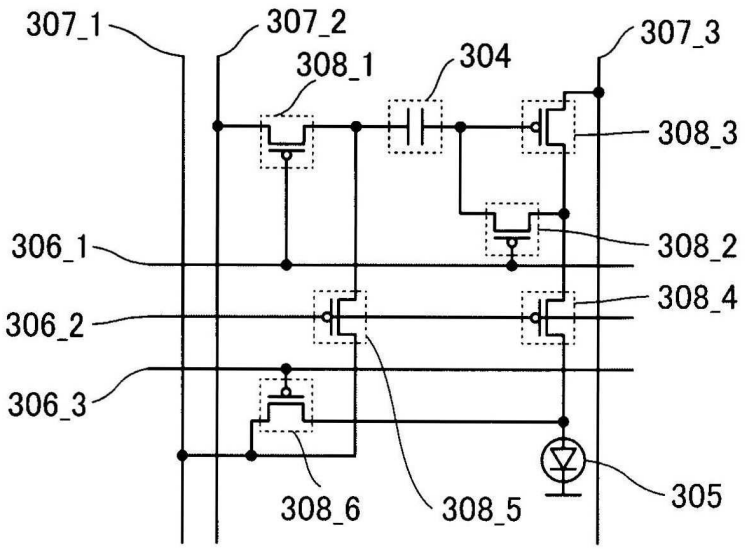


FIG. 20B

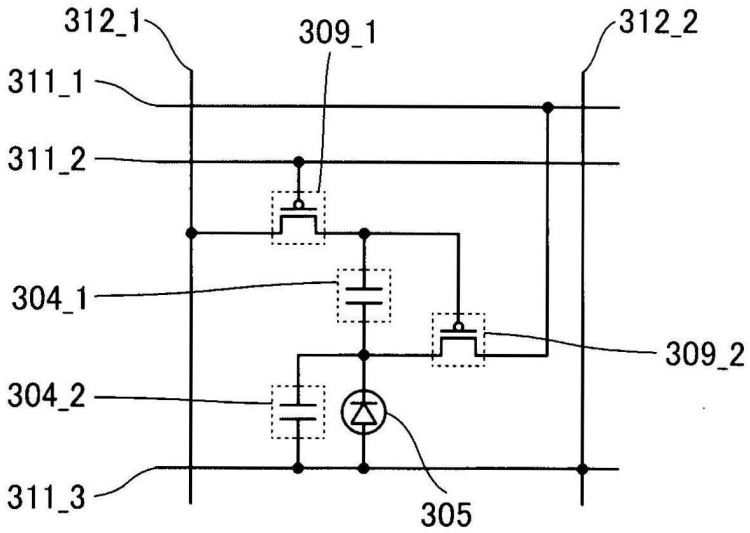


FIG. 21A

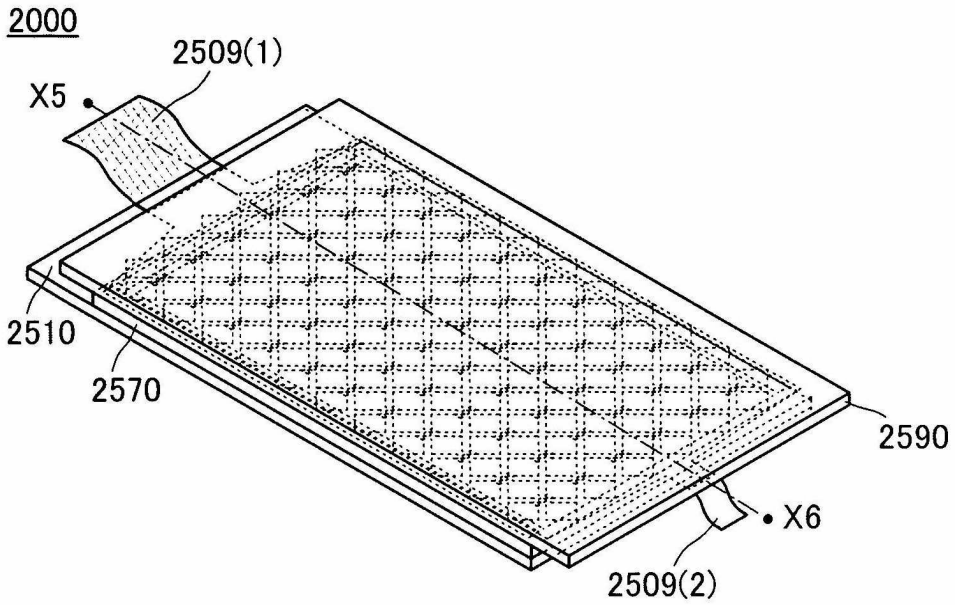


FIG. 21B

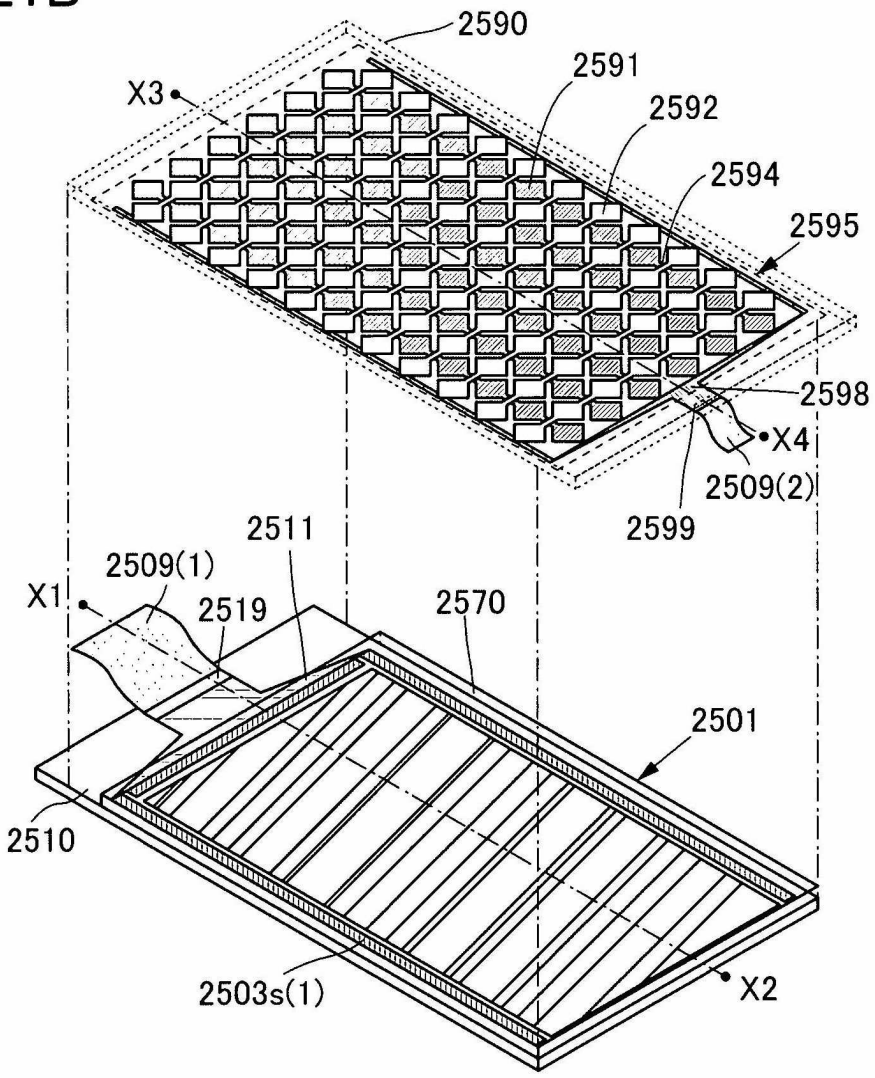


FIG. 22A

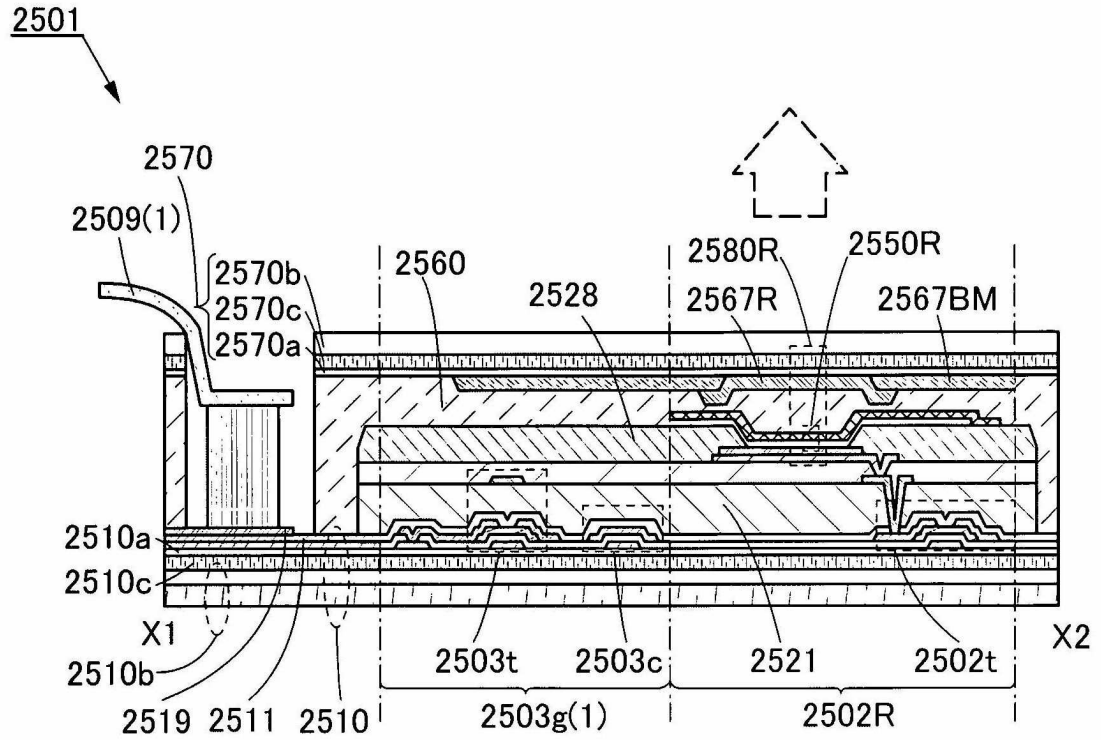


FIG. 22B

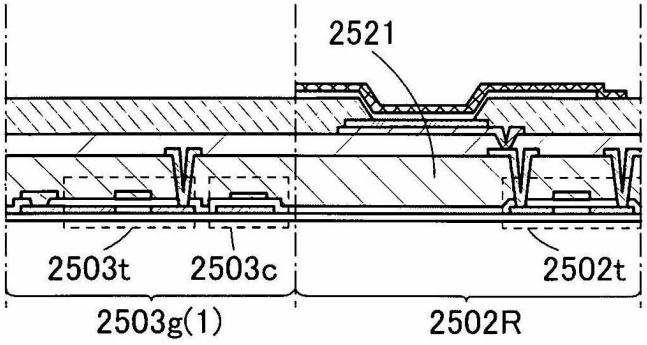


FIG. 22C

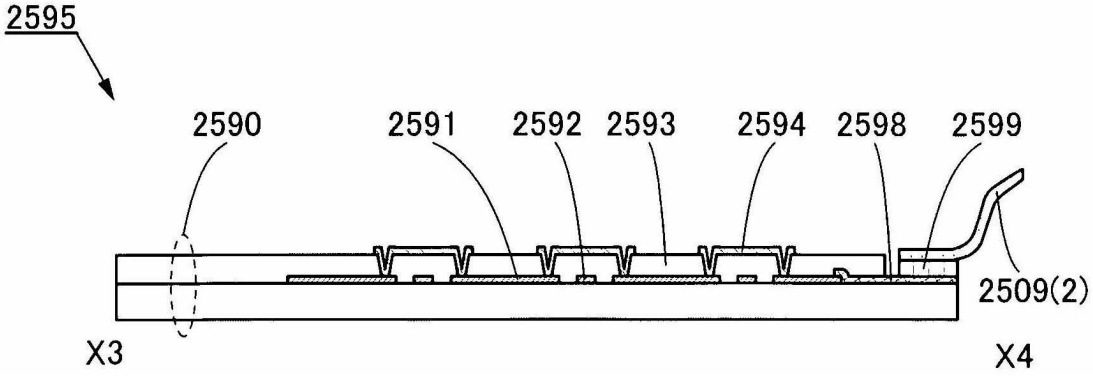


FIG. 23A

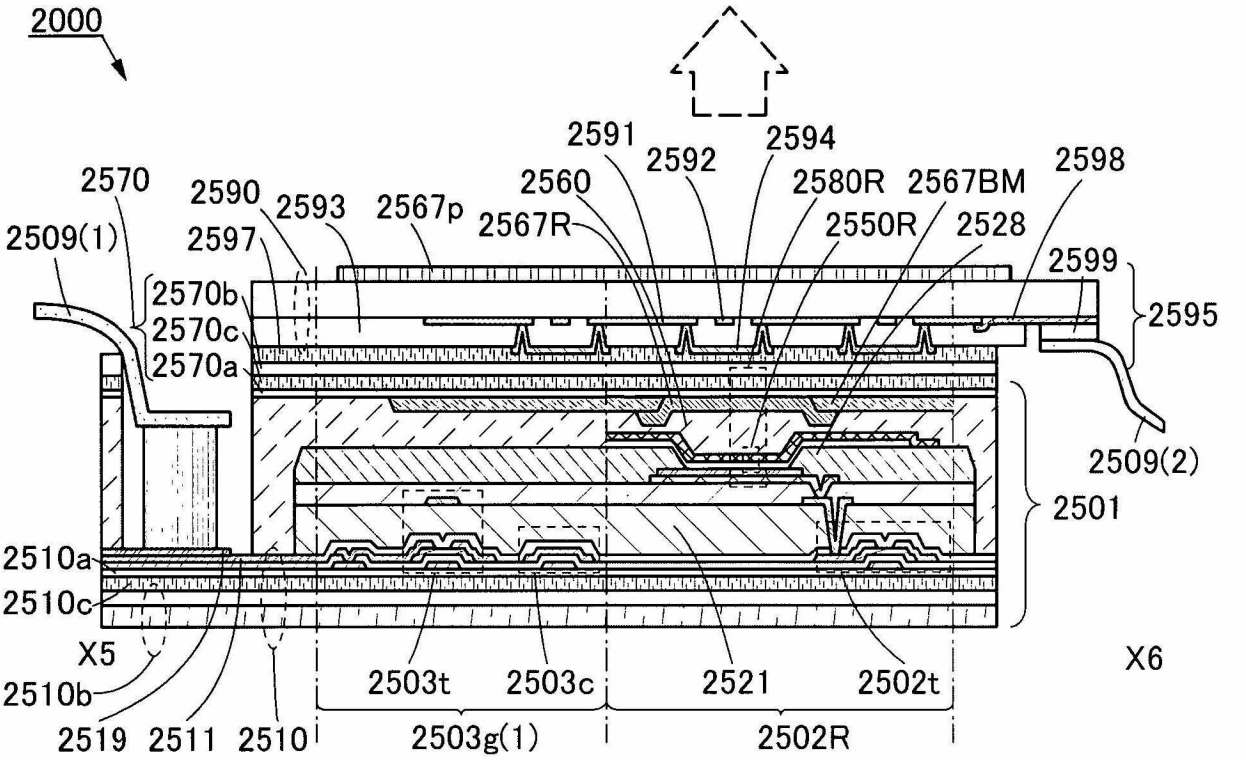


FIG. 23B

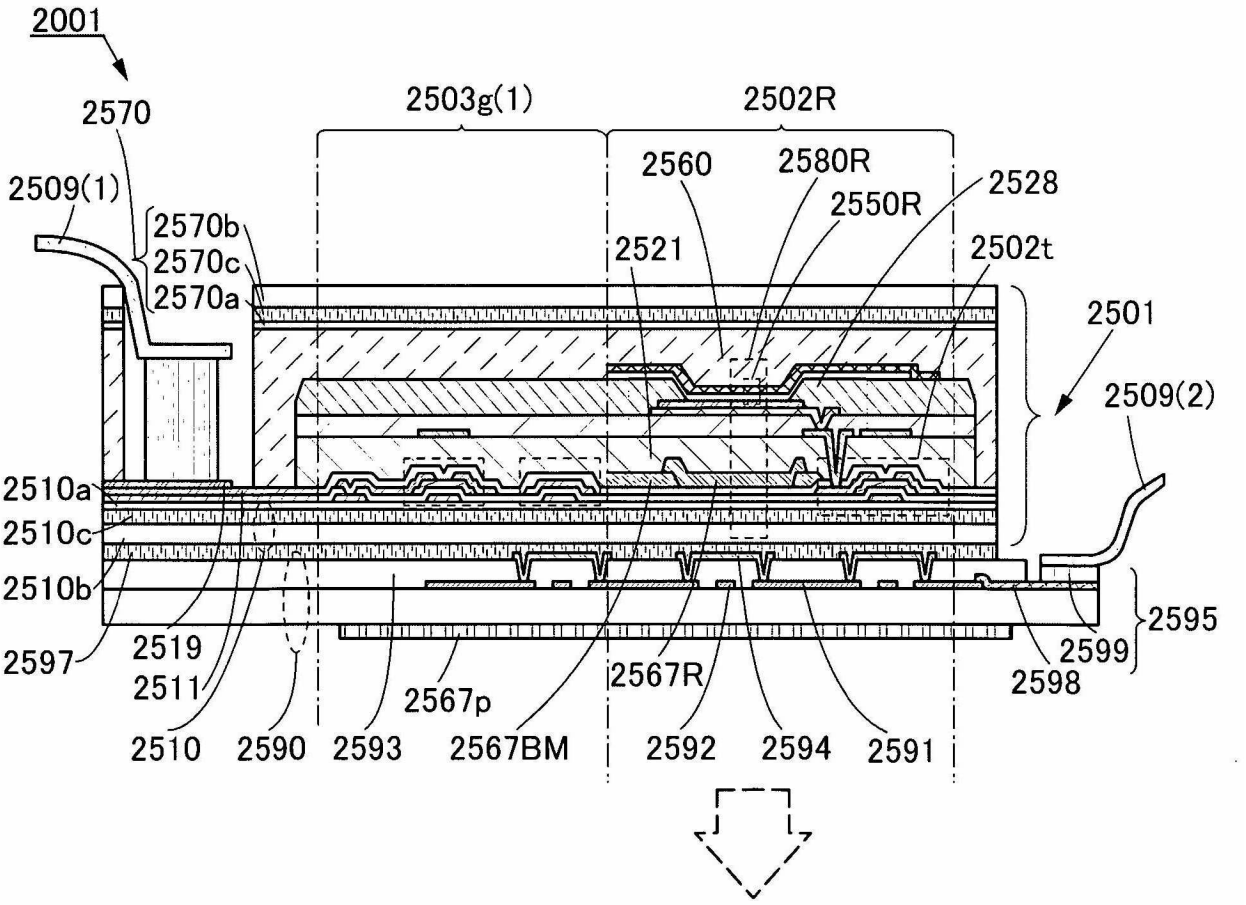


FIG. 24A

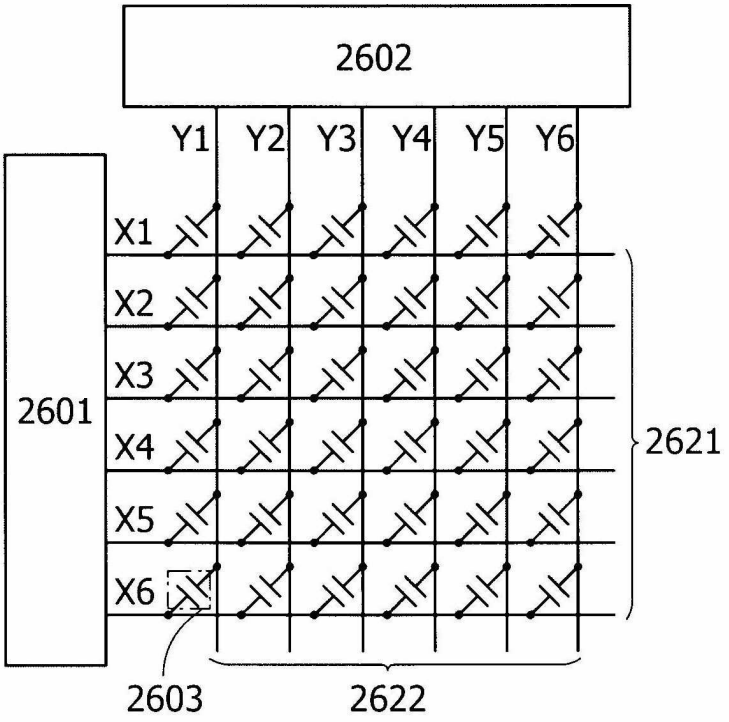


FIG. 24B

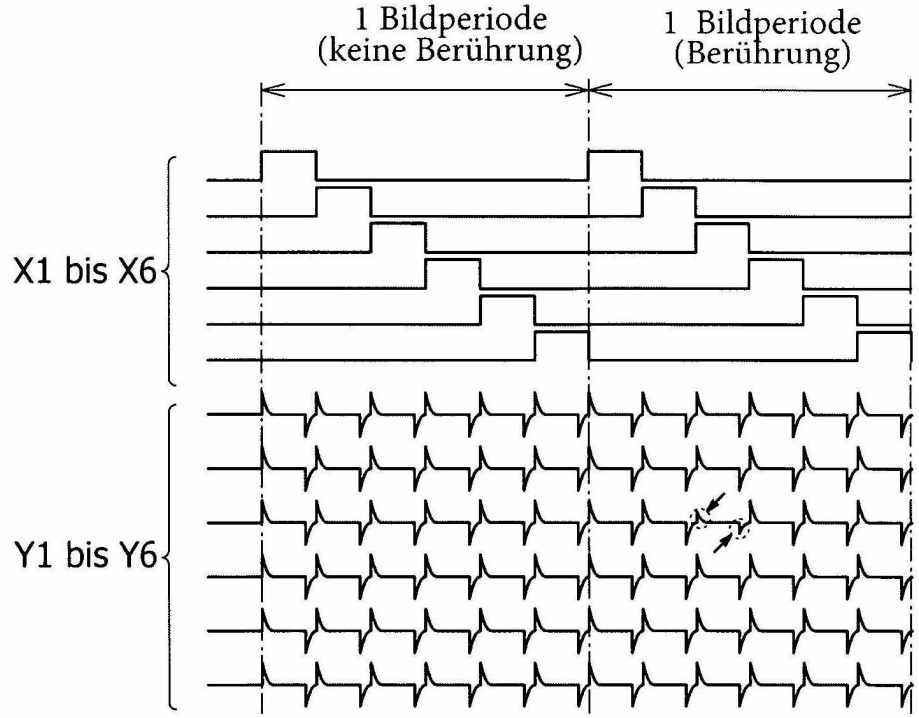


FIG. 25

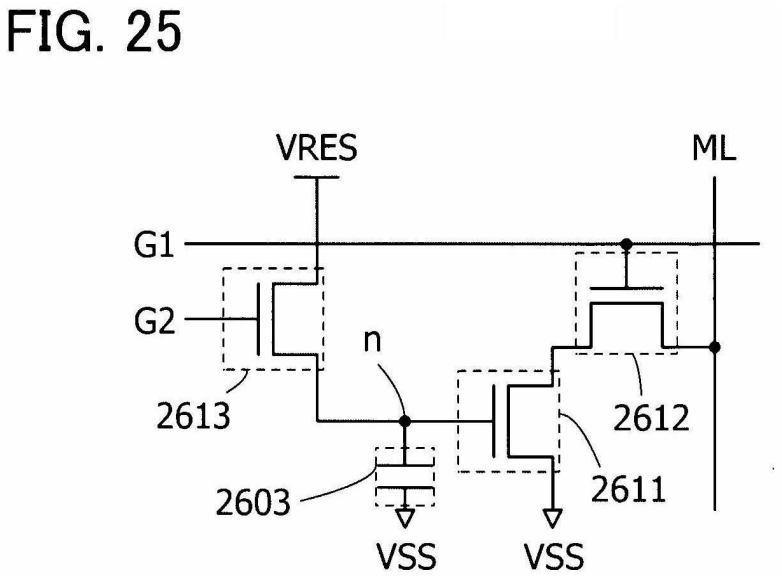


FIG. 26

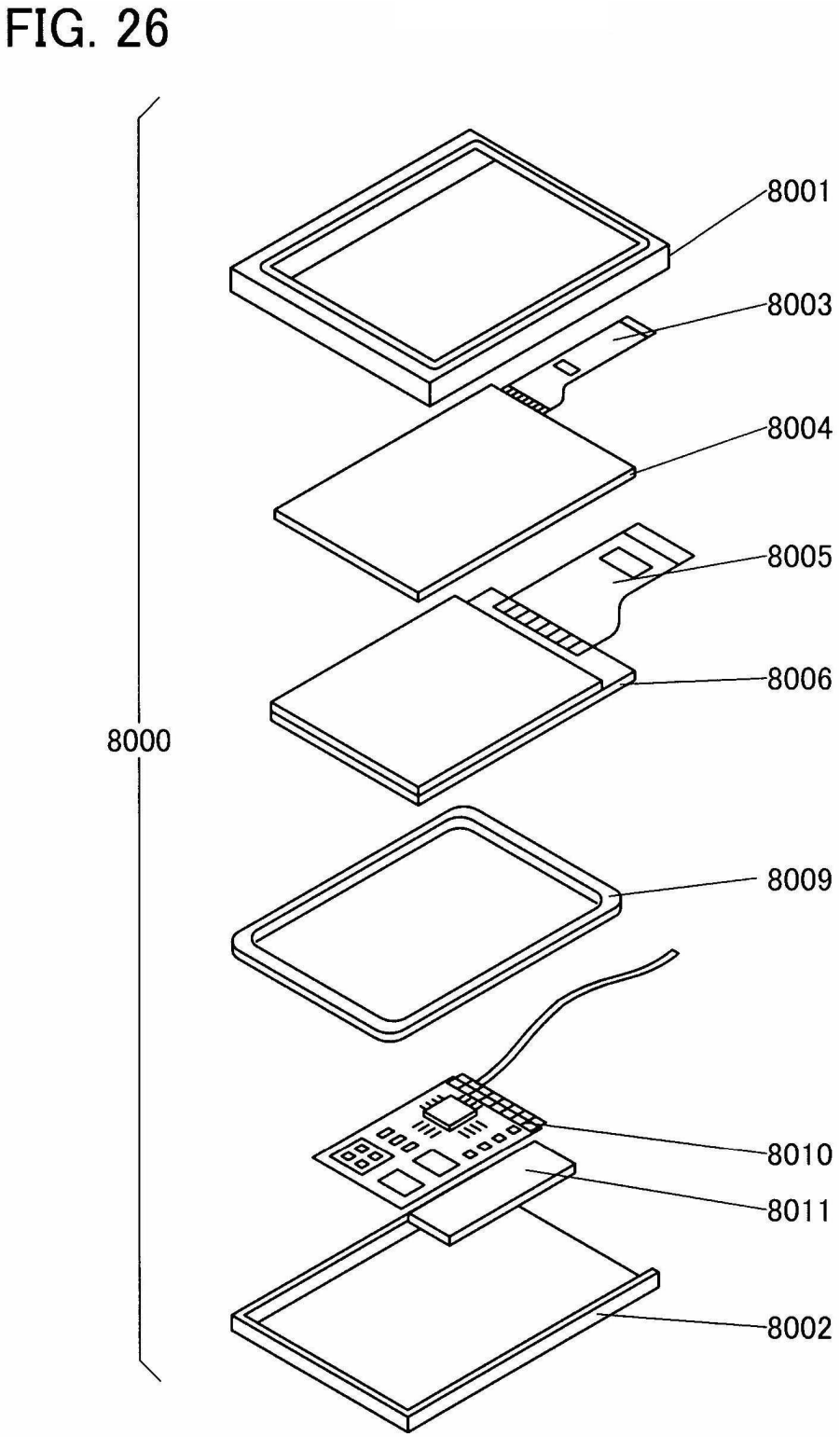


FIG. 27A

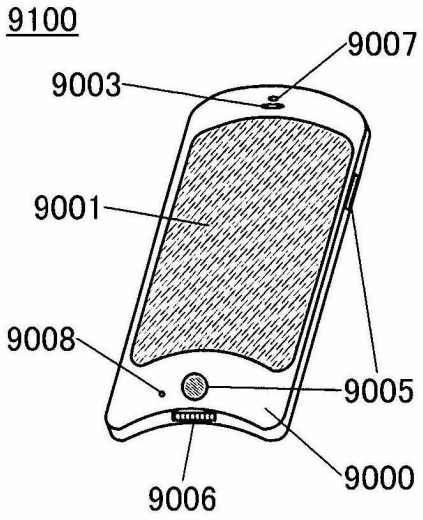


FIG. 27B

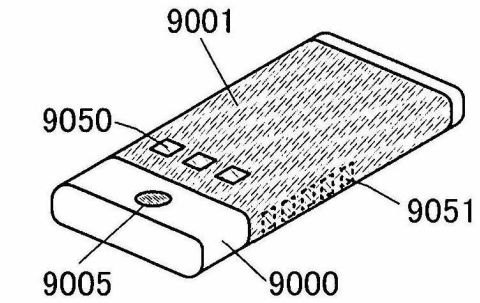


FIG. 27C

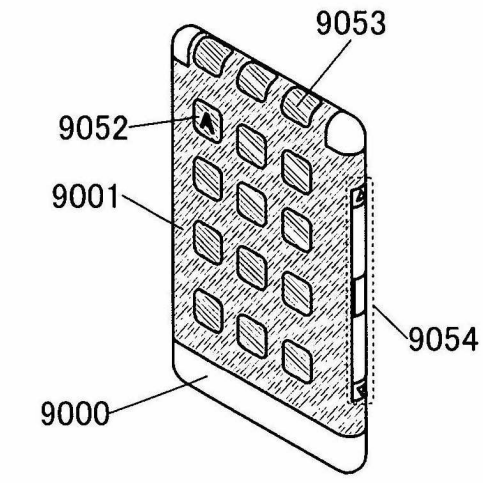


FIG. 27D

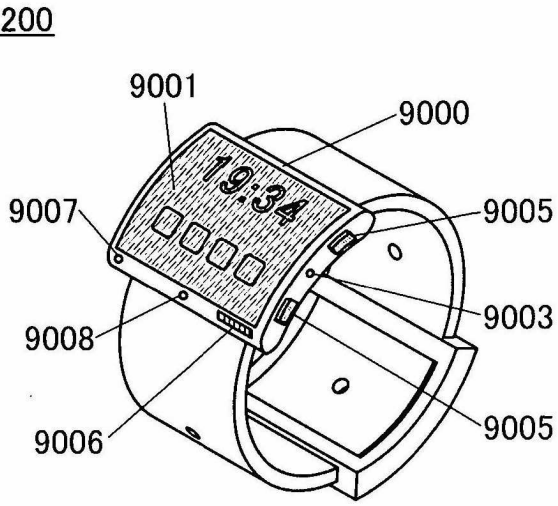


FIG. 27E

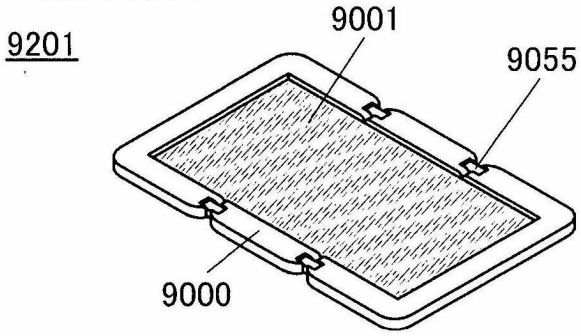


FIG. 27F

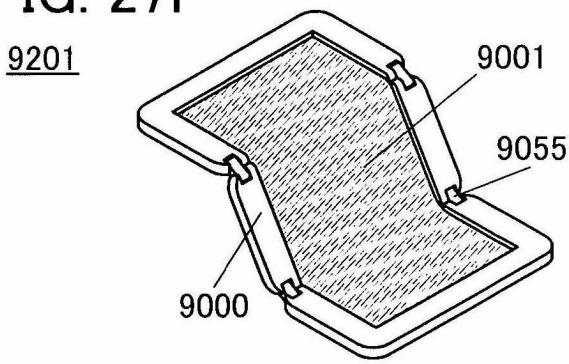


FIG. 27G

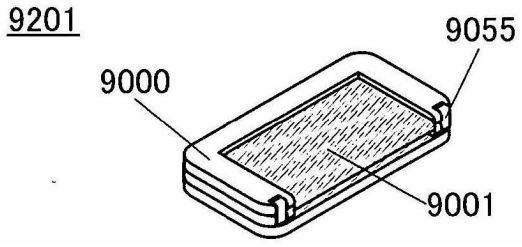


FIG. 28A

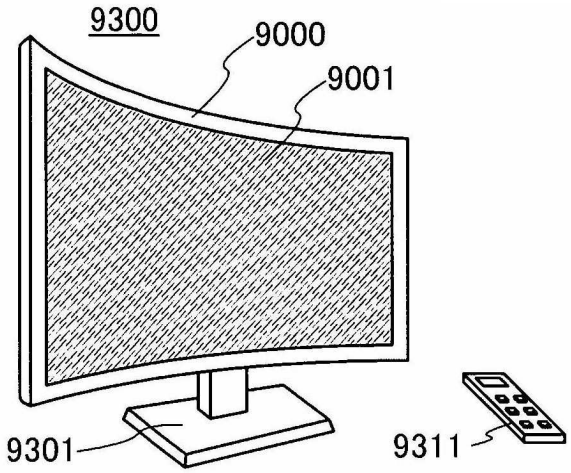


FIG. 28B

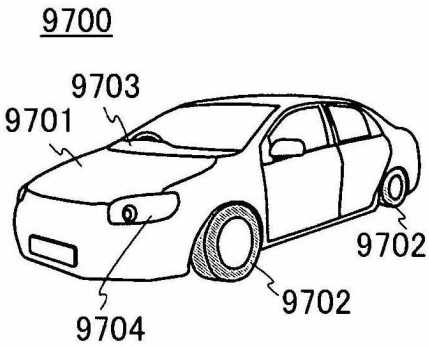


FIG. 28C

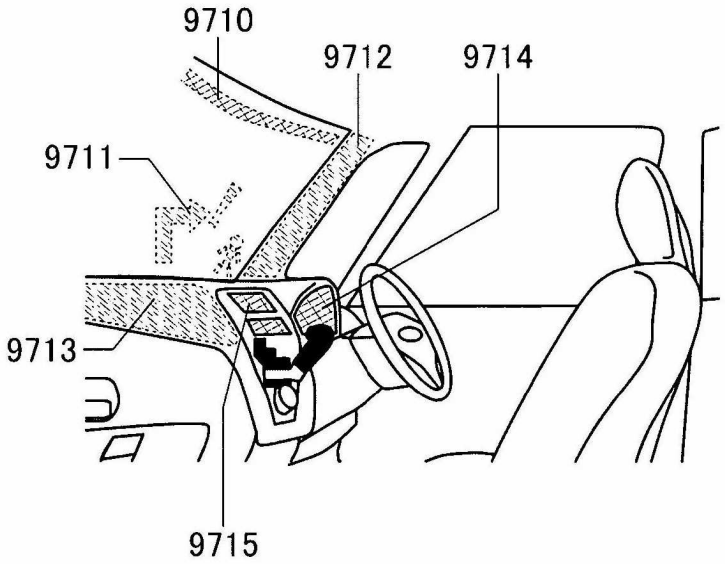


FIG. 28D

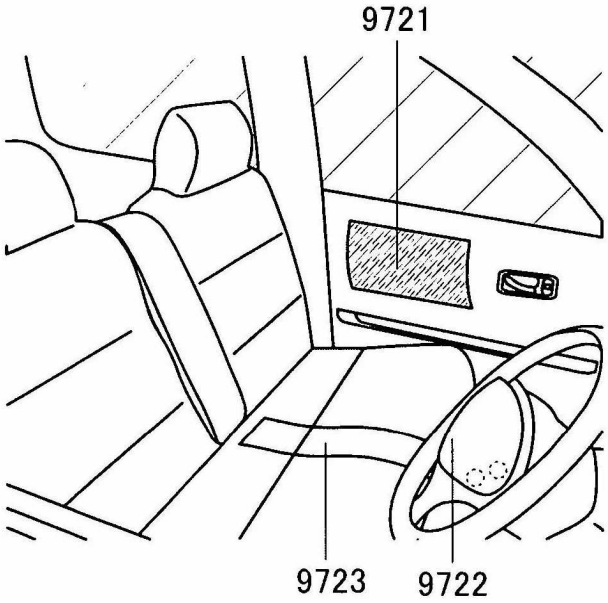


FIG. 29A

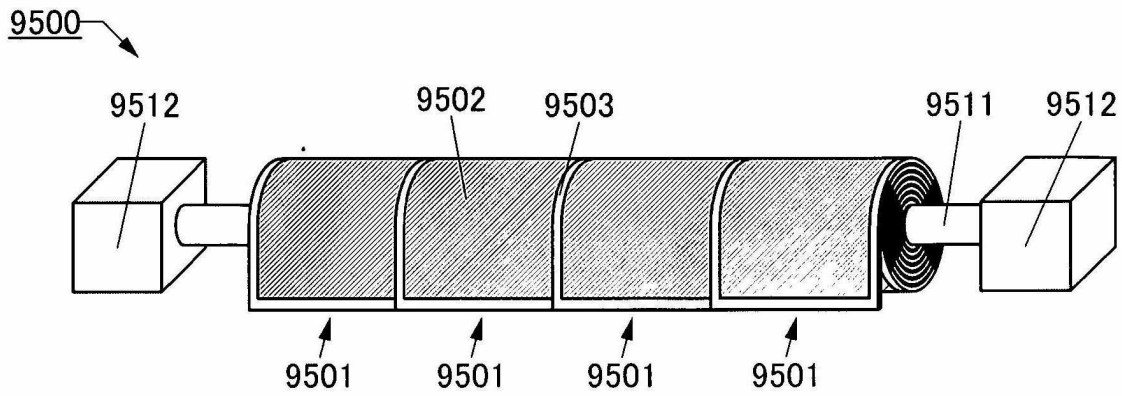


FIG. 29B

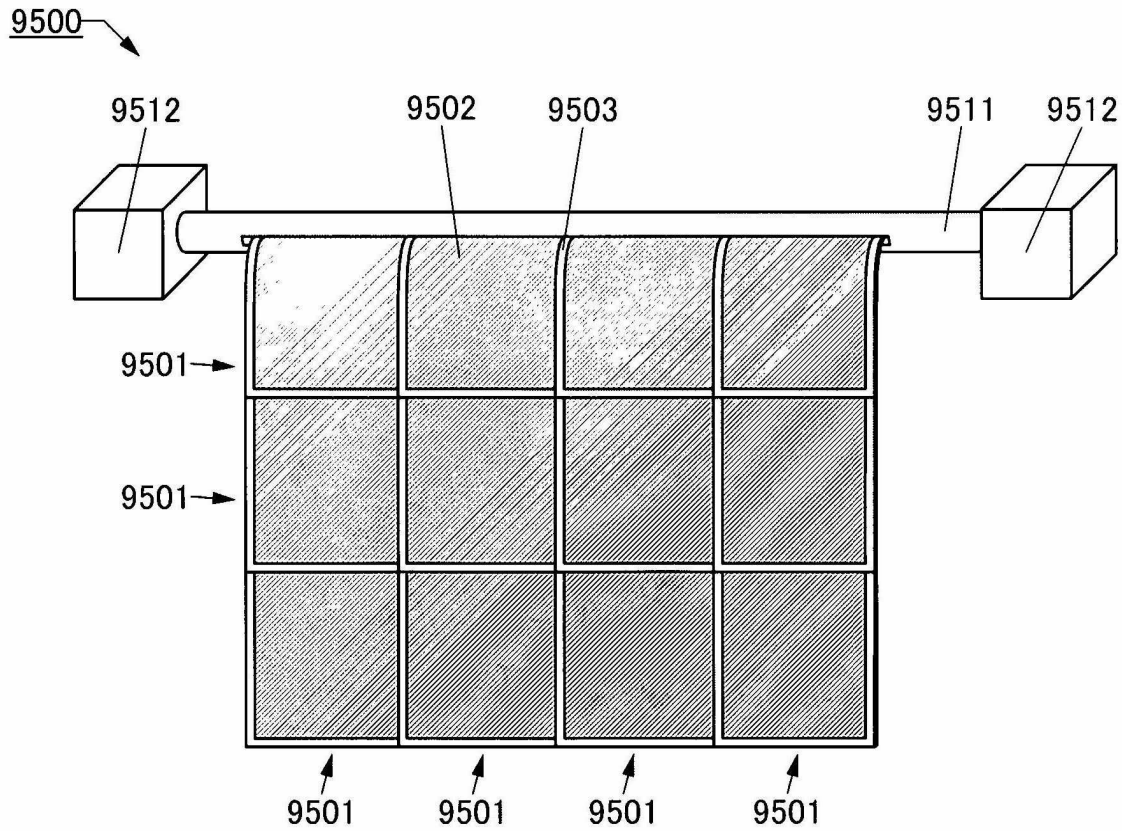


FIG. 30A

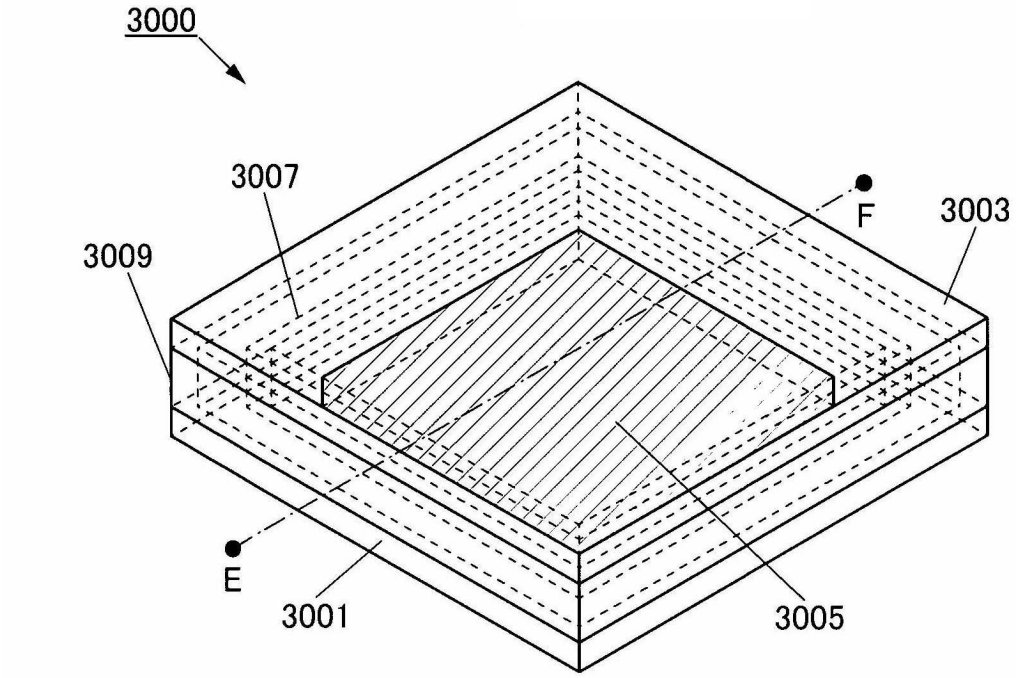


FIG. 30B

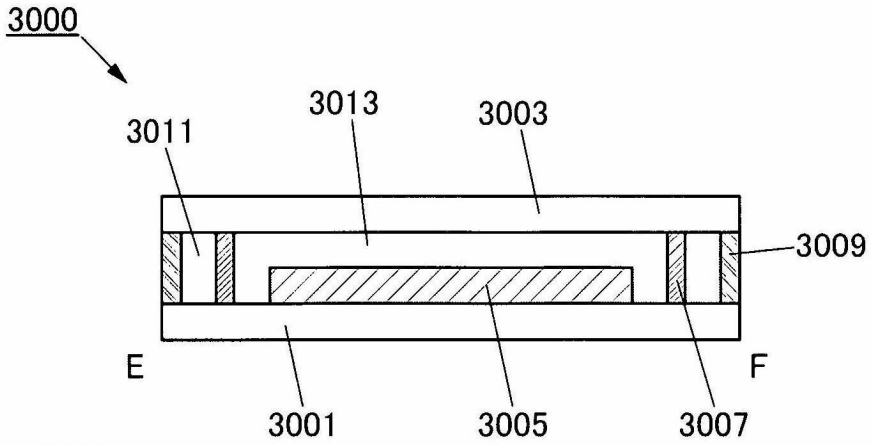


FIG. 30C

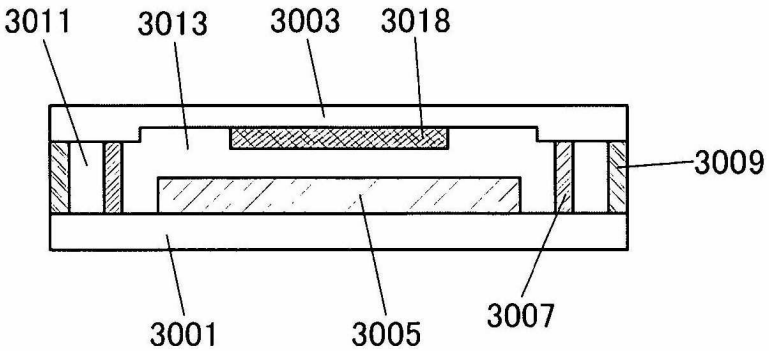


FIG. 31A

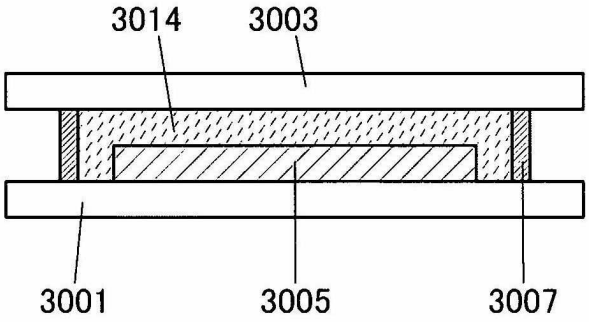


FIG. 31B

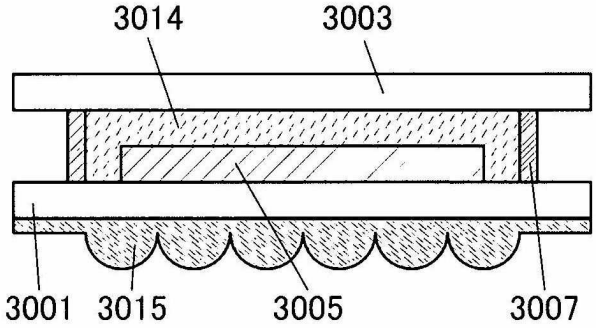


FIG. 31C

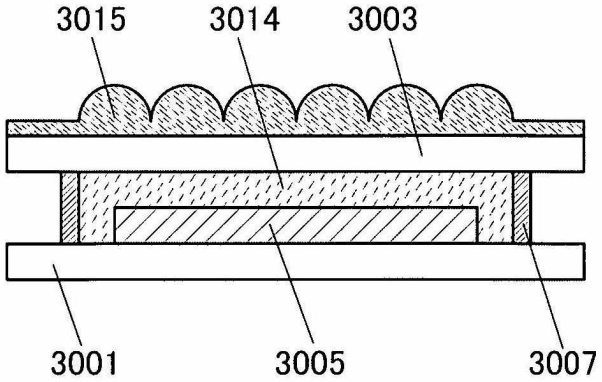


FIG. 31D

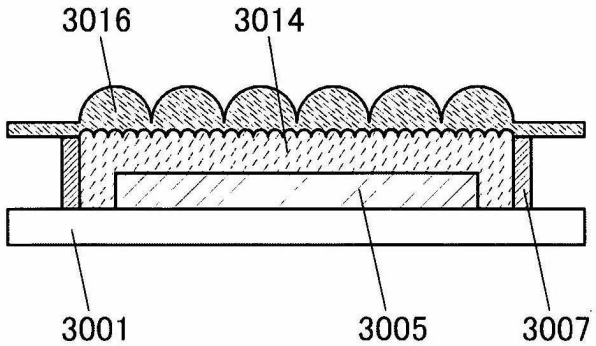


FIG. 32A

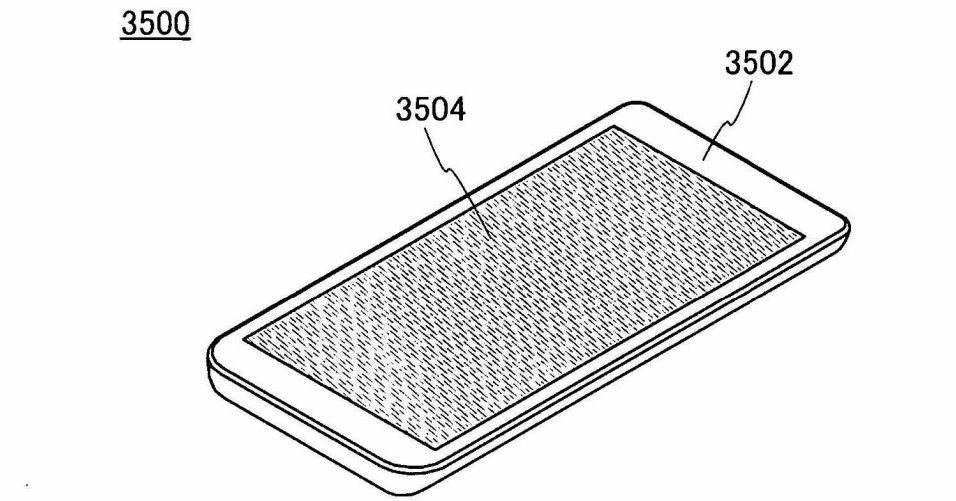


FIG. 32B

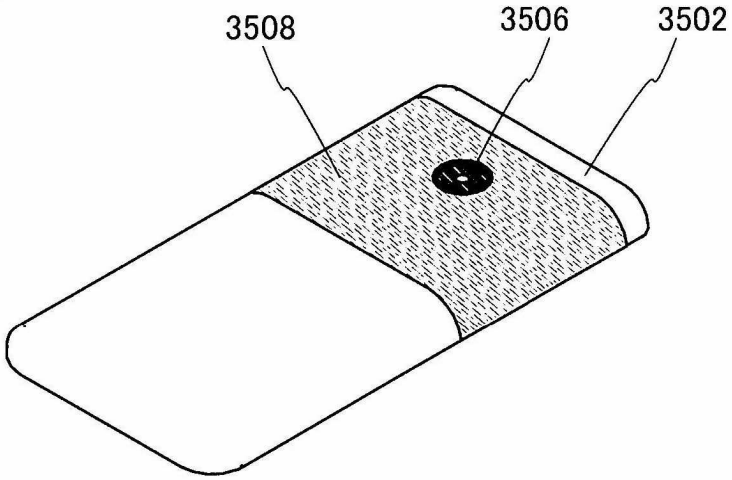


FIG. 32C

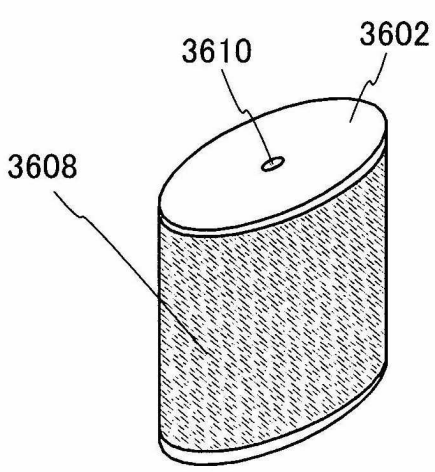


FIG. 33

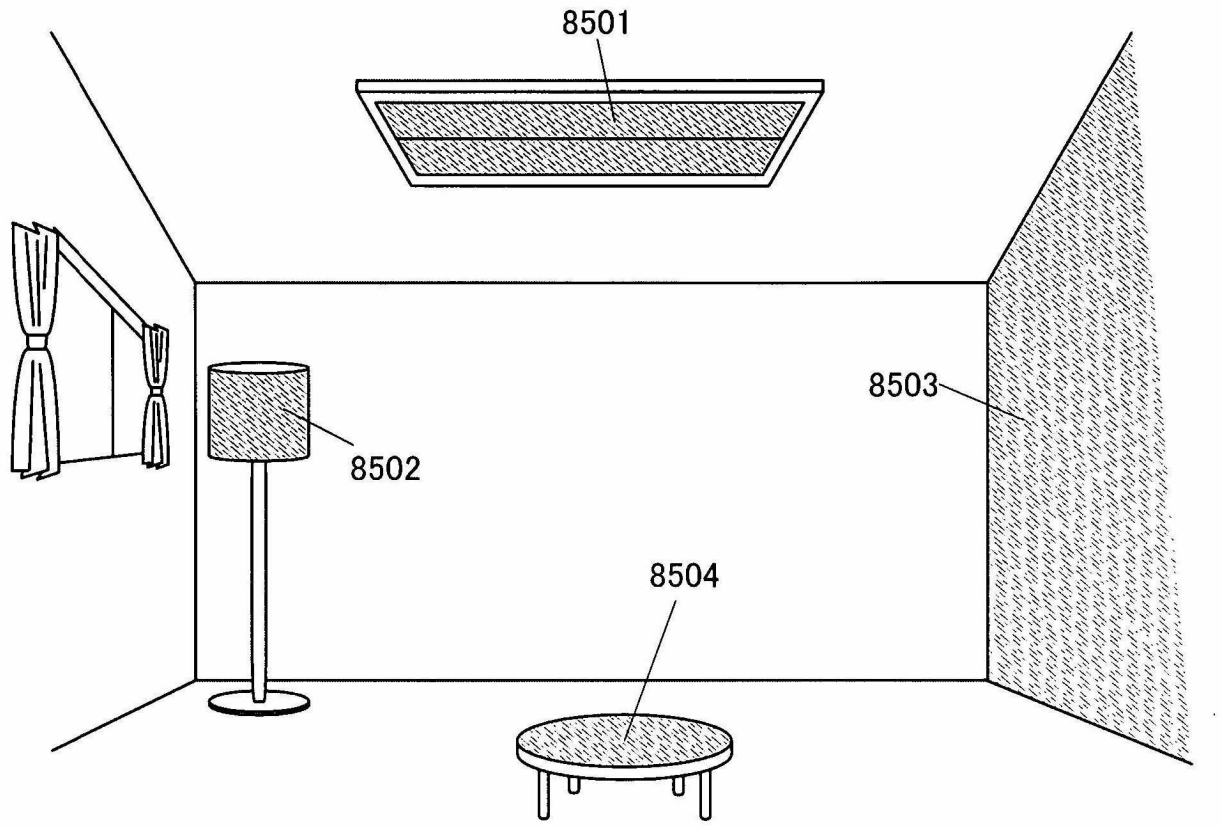


FIG. 34

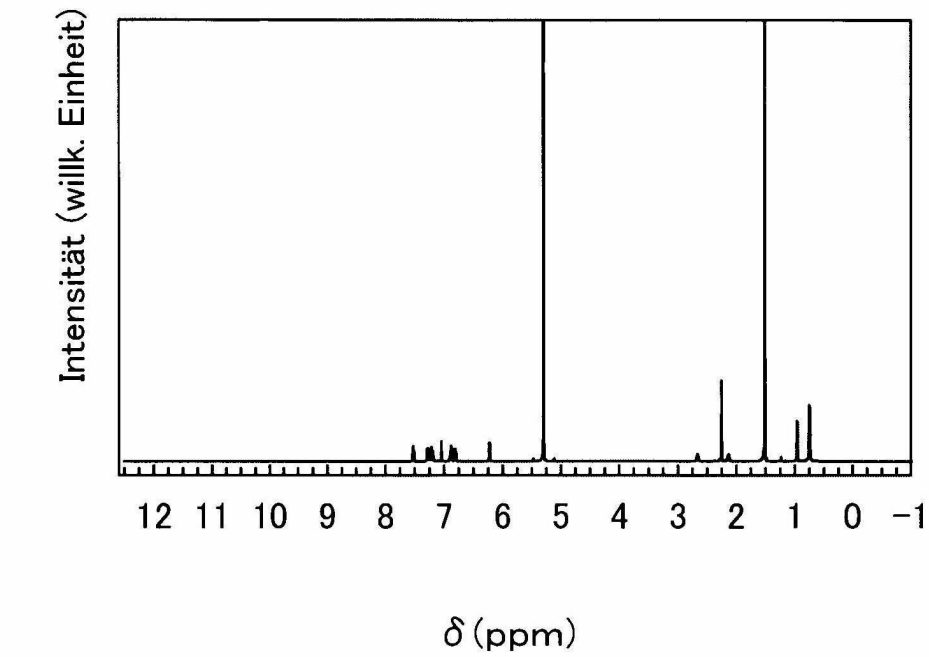


FIG. 35

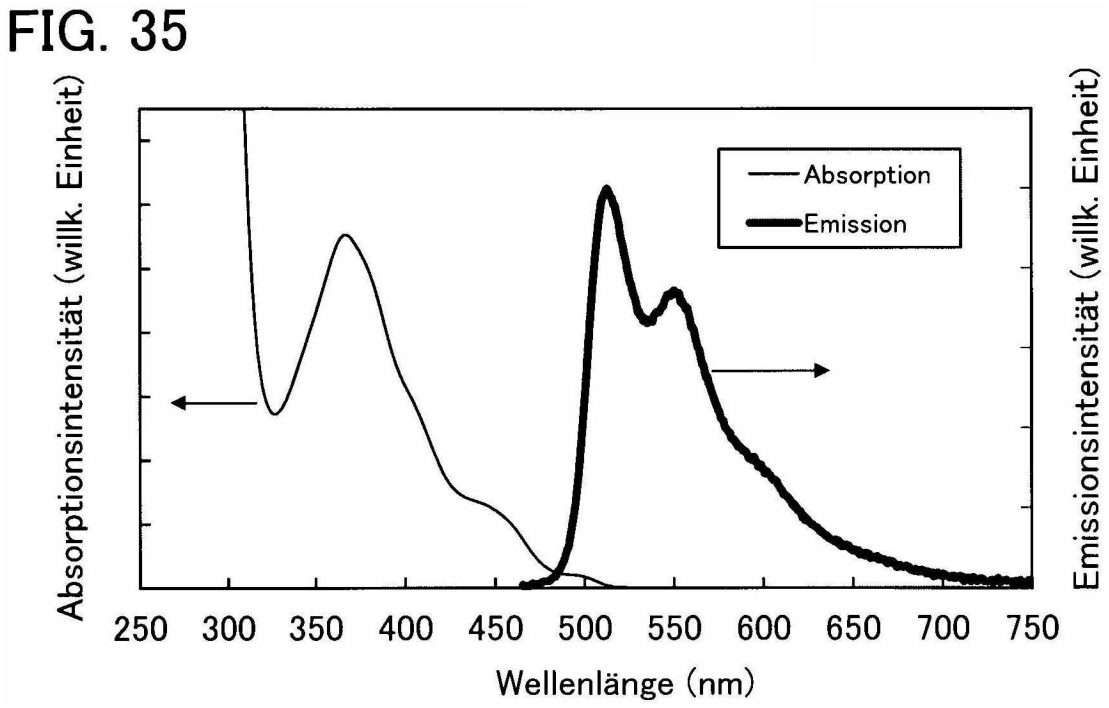

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 36

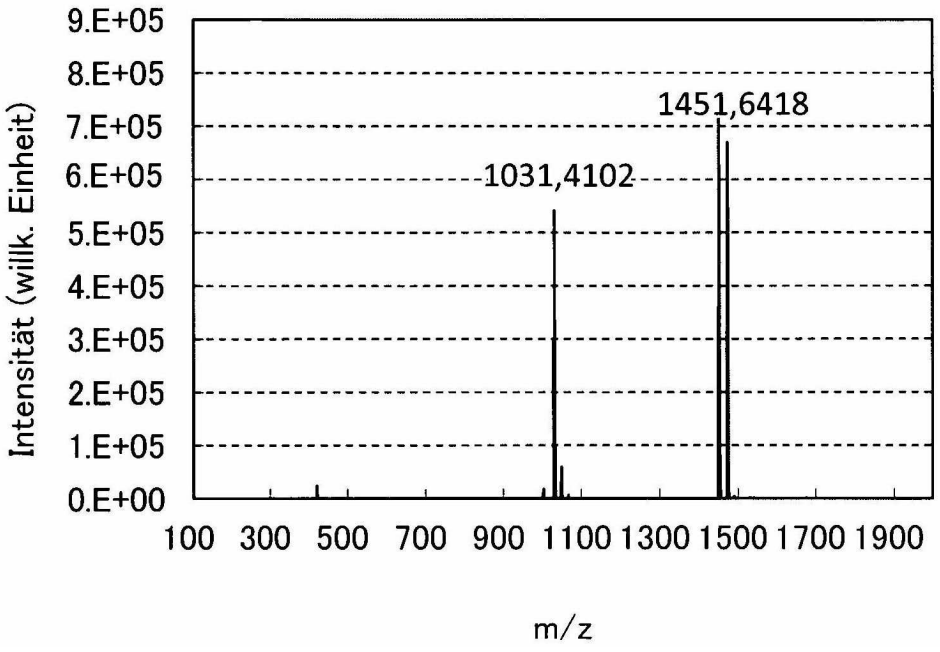

9.E+05
8.E+05
7.E+05
6.E+05
5.E+05
4.E+05
3.E+05
2.E+05
1.E+05
0.E+00
Intensität (willk. Einheit)
1451,6418
1031,4102
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

FIG. 37

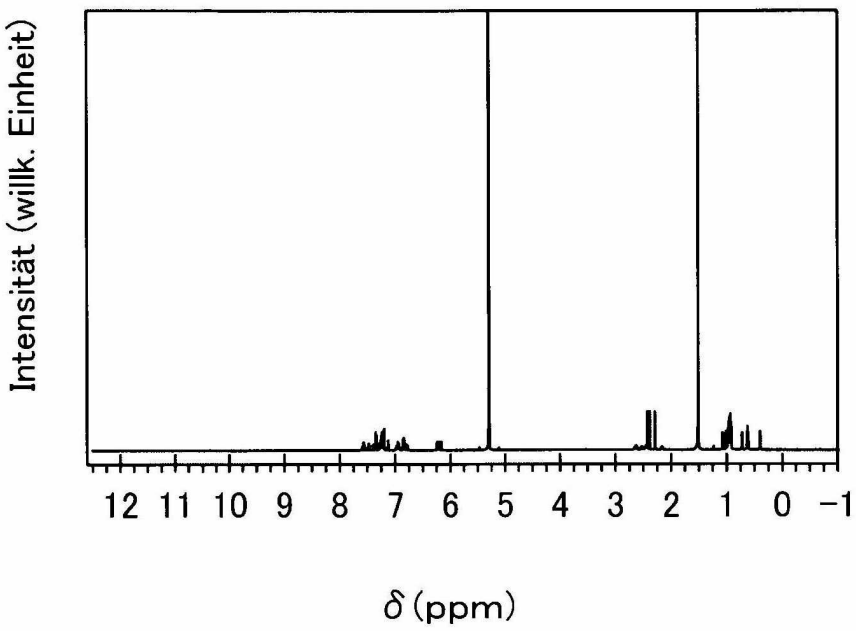


FIG. 38

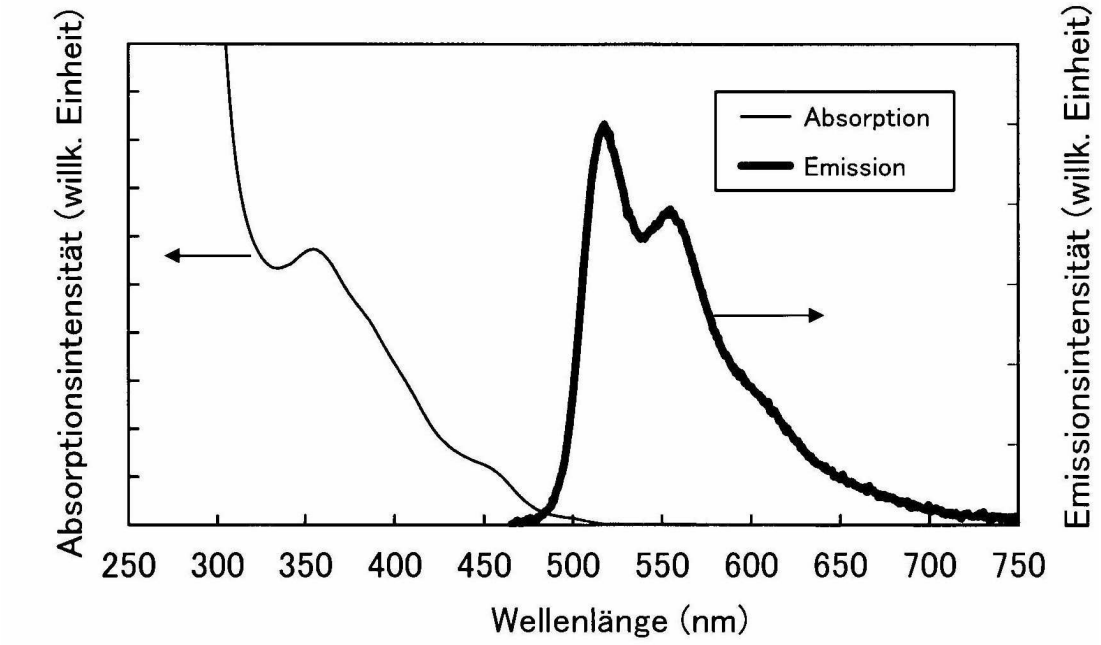

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 39

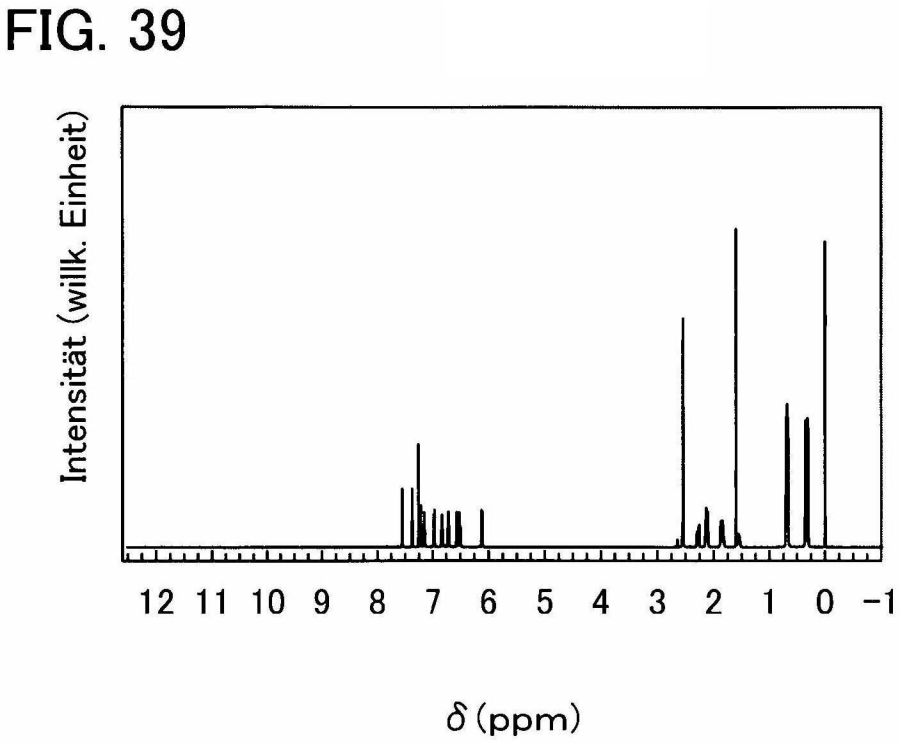


FIG. 40

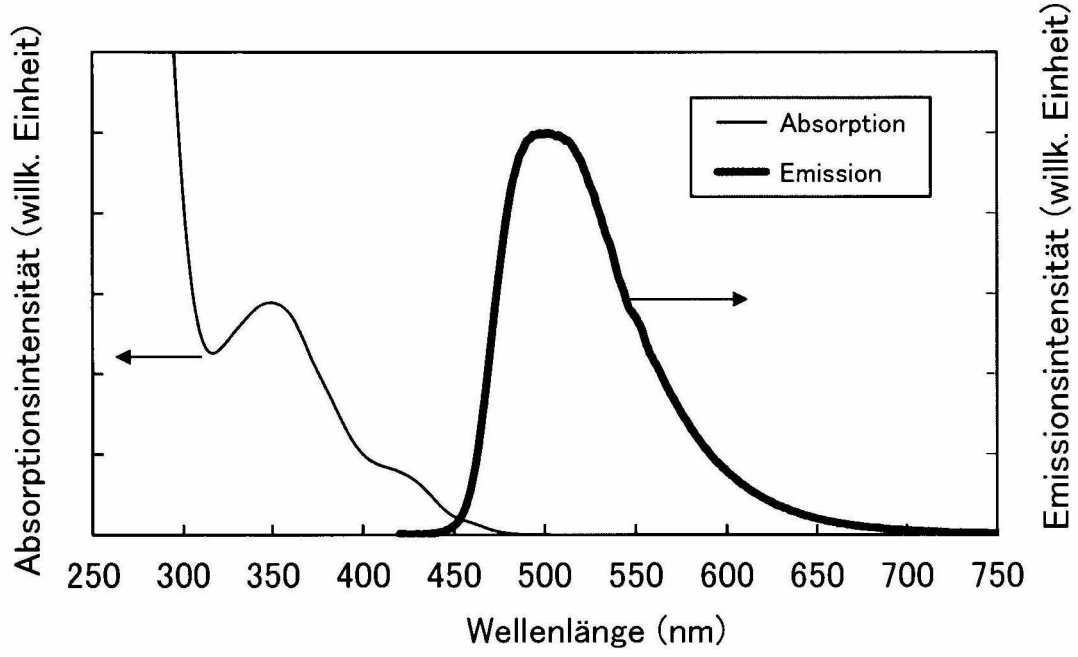

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 41

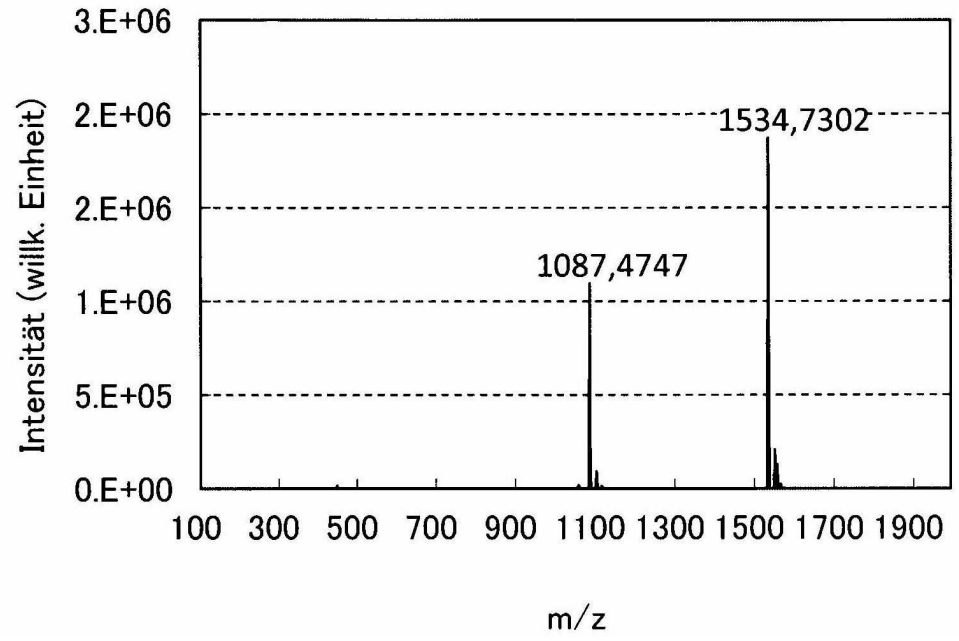

3.E+06
2.E+06
2.E+06
1.E+06
5.E+05
0.E+00
Intensität (willk. Einheit)
1534,7302
1087,4747
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

FIG. 42

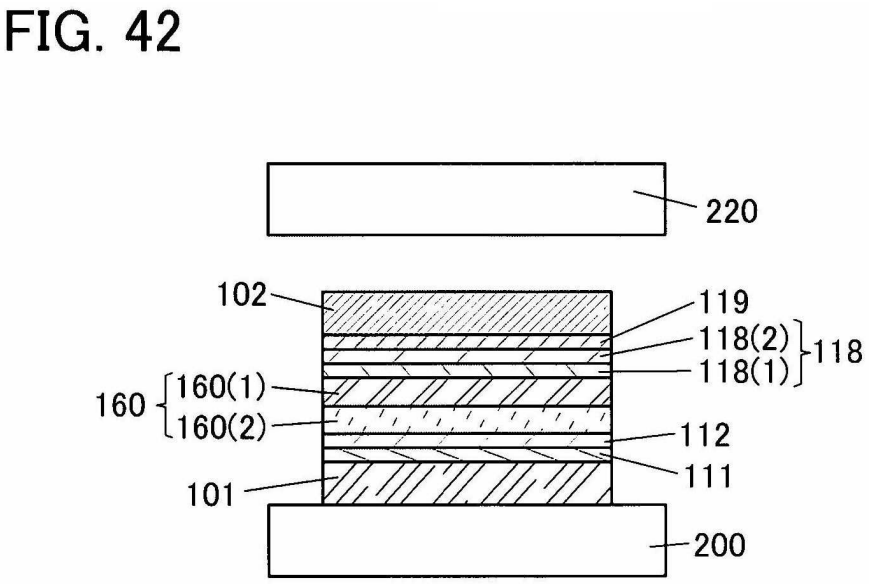


FIG. 43A

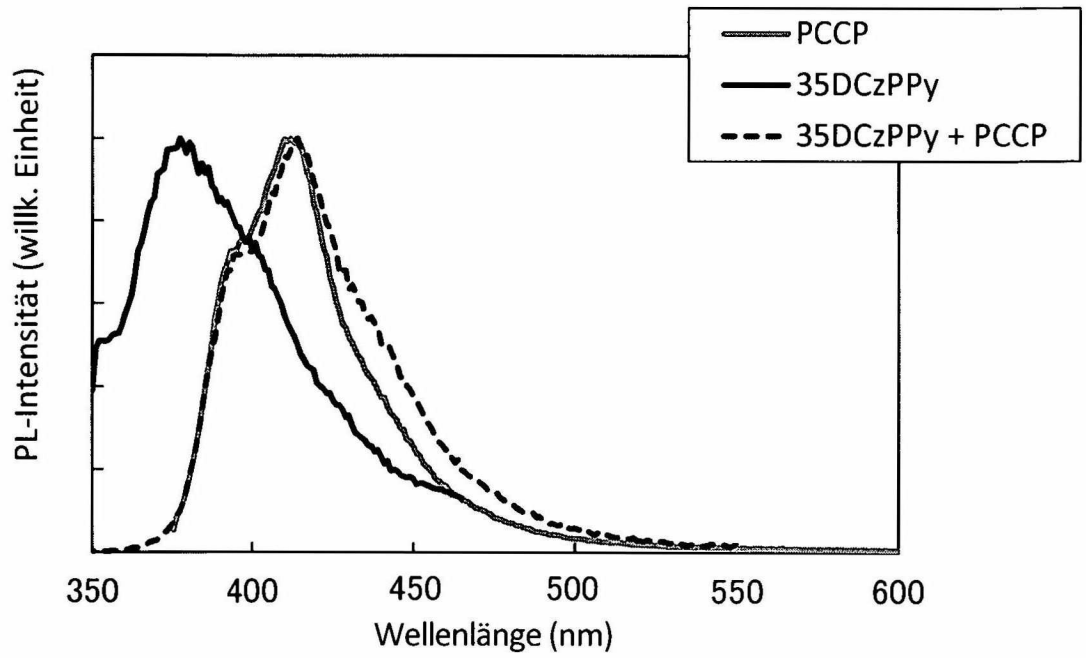


FIG. 43B

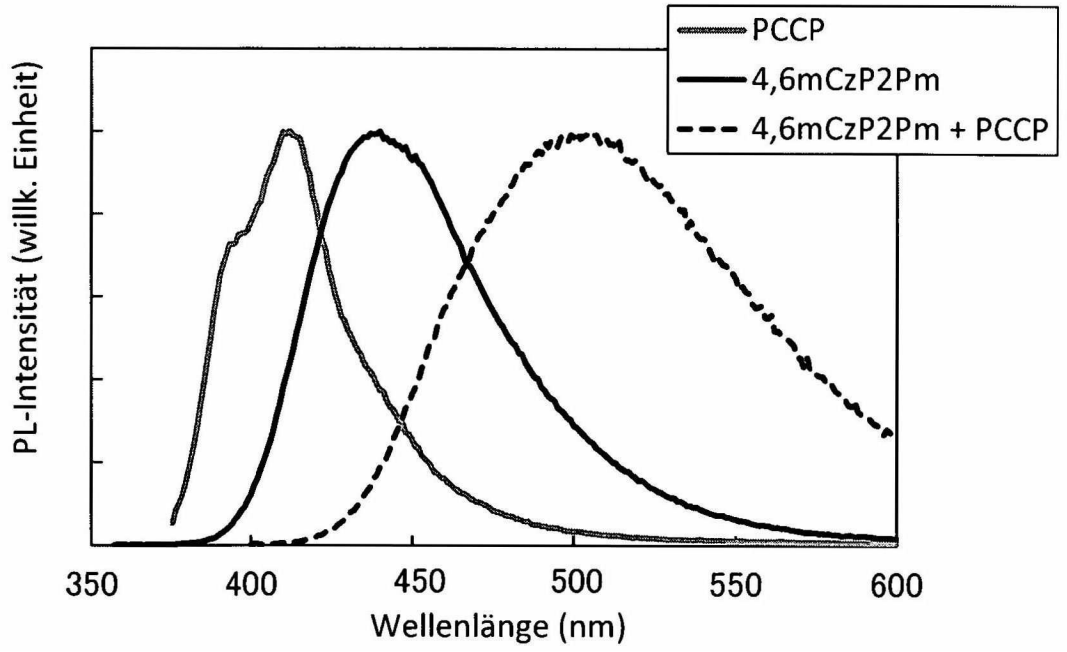


FIG. 44

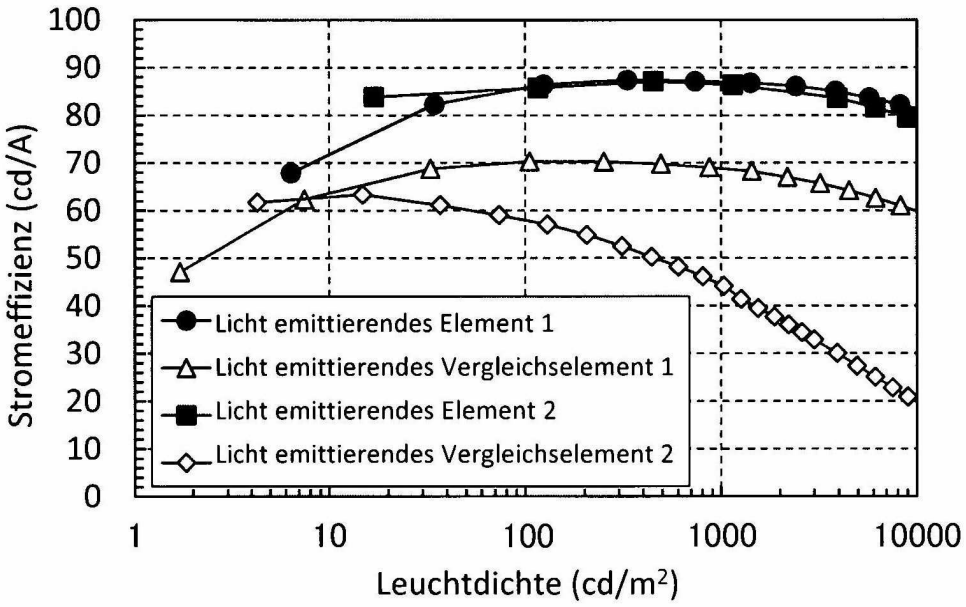

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Stromeffizienz (cd/A)
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m2)
Licht emittierendes Element 1
Licht emittierendes Vergleichselement 1
Licht emittierendes Element 2
Licht emittierendes Vergleichselement 2

FIG. 45

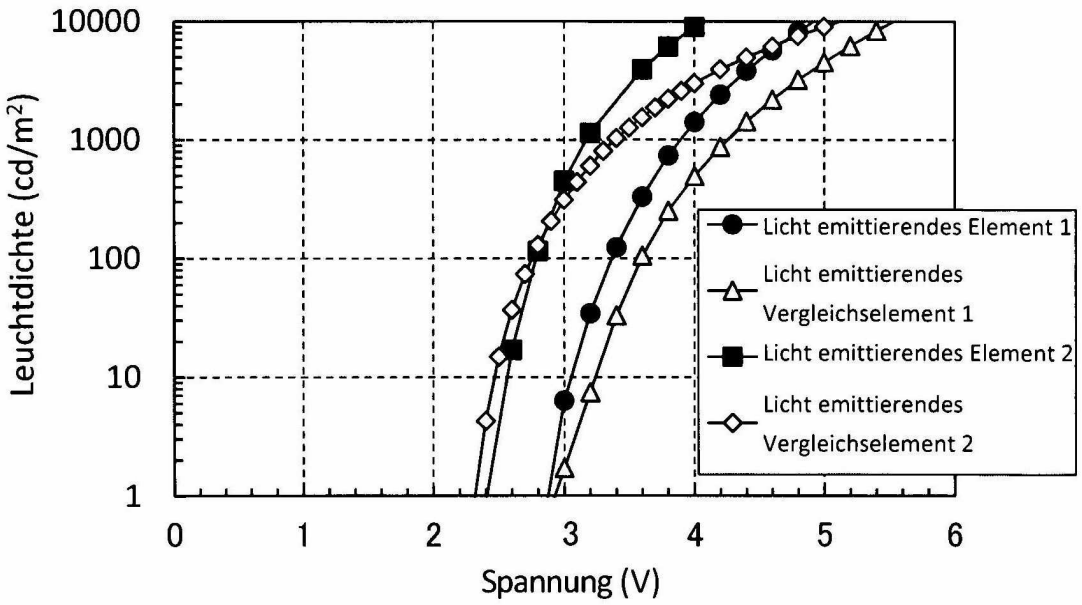

10000
1000
100
10
1
Leuchtdichte (cd/m2)
0
1
2
3
4
5
6
Spannung (V)
Licht emittierendes Element 1
Licht emittierendes Vergleichselement 1
Licht emittierendes Element 2
Licht emittierendes Vergleichselement 2

FIG. 46

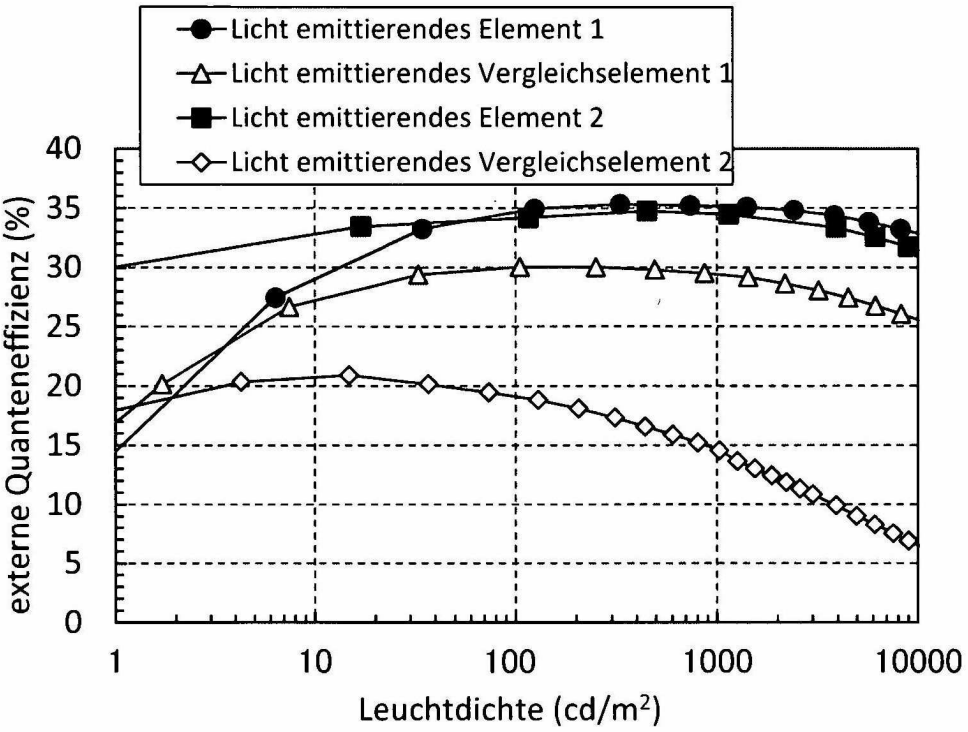

Licht emittierendes Element 1
Licht emittierendes Vergleichselement 1
Licht emittierendes Element 2
Licht emittierendes Vergleichselement 2
externe Quanteneffizienz (%)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 47

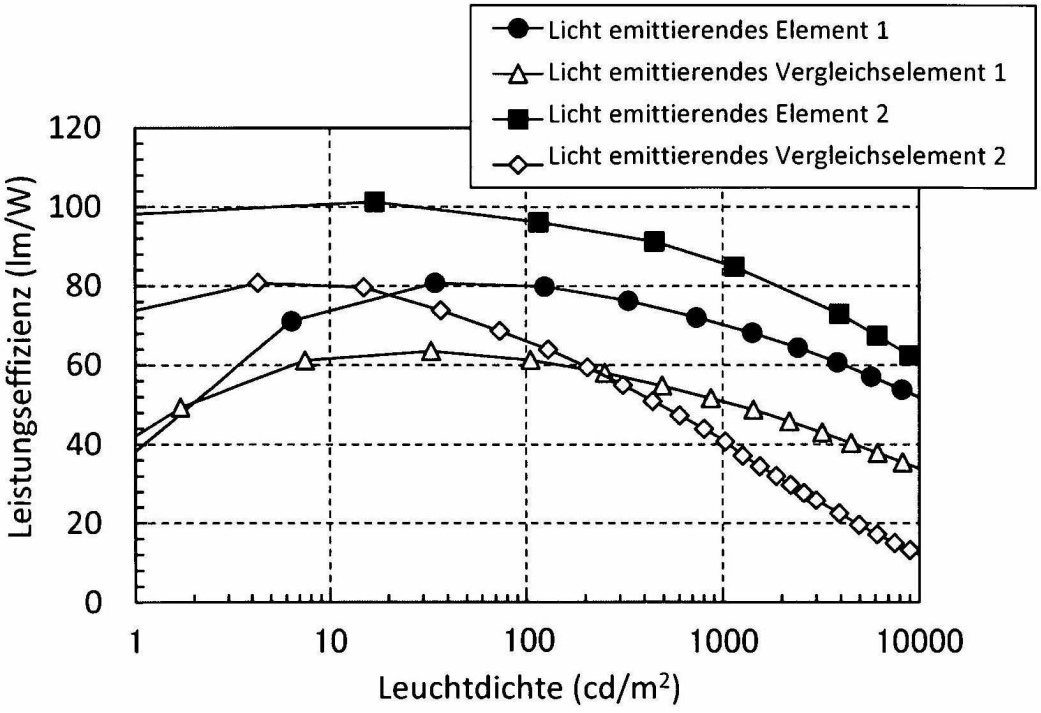

Licht emittierendes Element 1
Licht emittierendes Vergleichselement 1
Licht emittierendes Element 2
Licht emittierendes Vergleichselement 2
Leistungseffizienz (lm/W)
0
20
40
60
80
100
120
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 48A

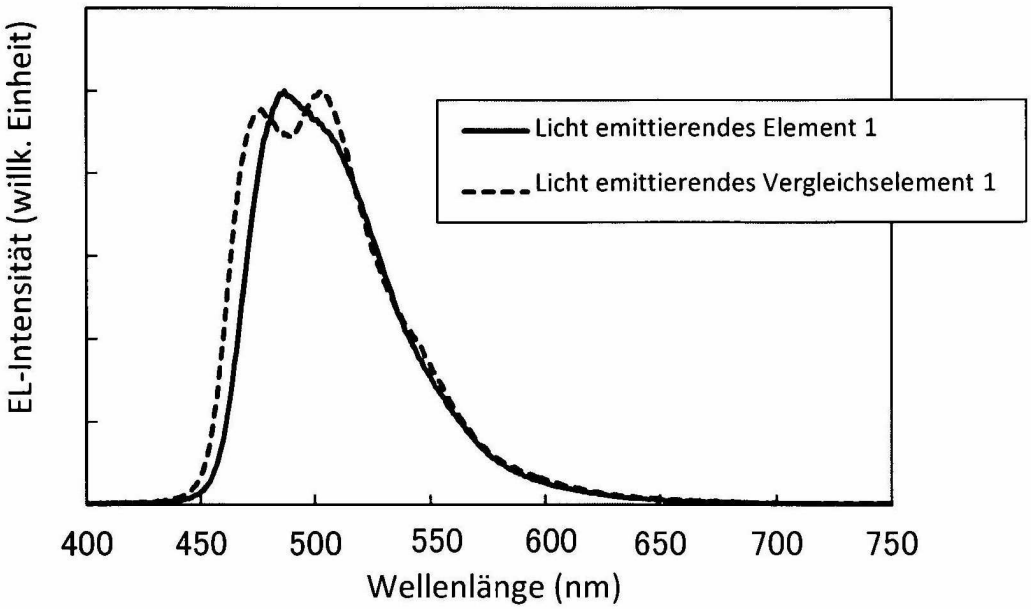


FIG. 48B

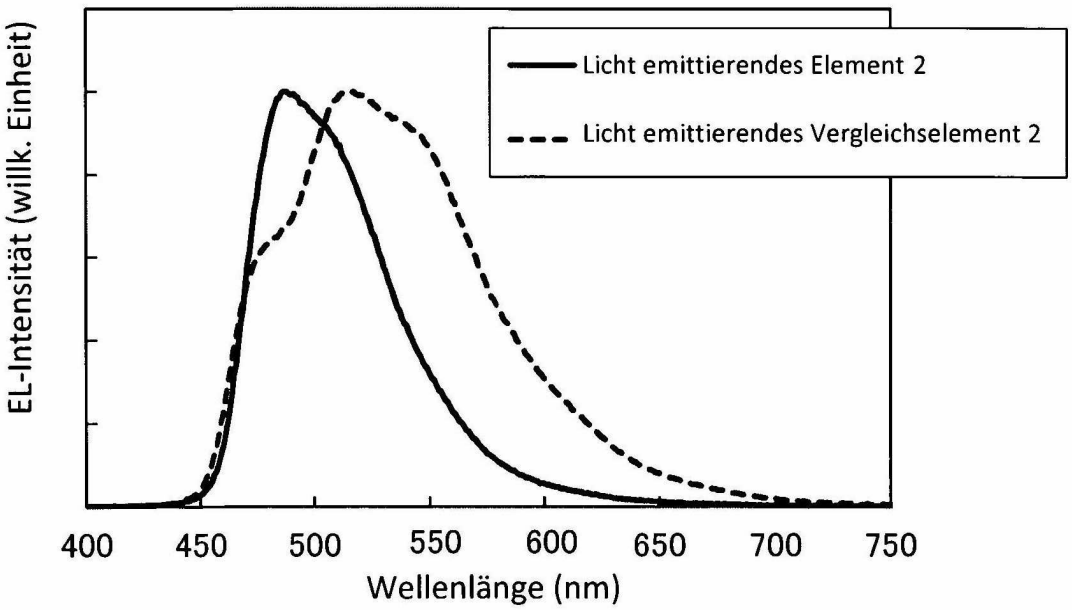


FIG. 49

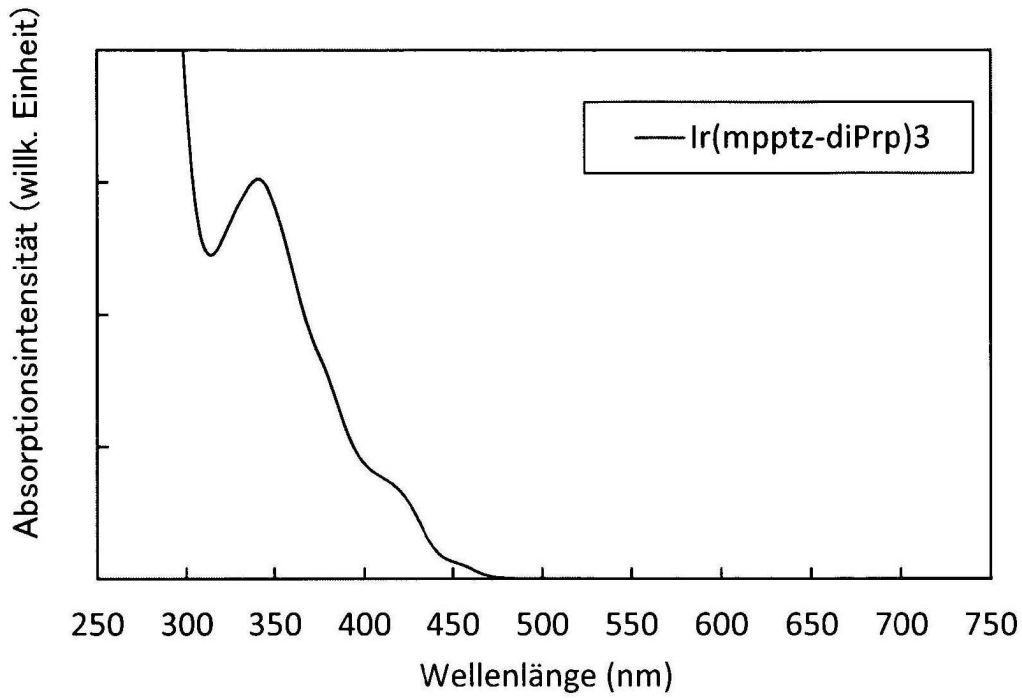

Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Ir(mpptz-diPrp)3
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 50

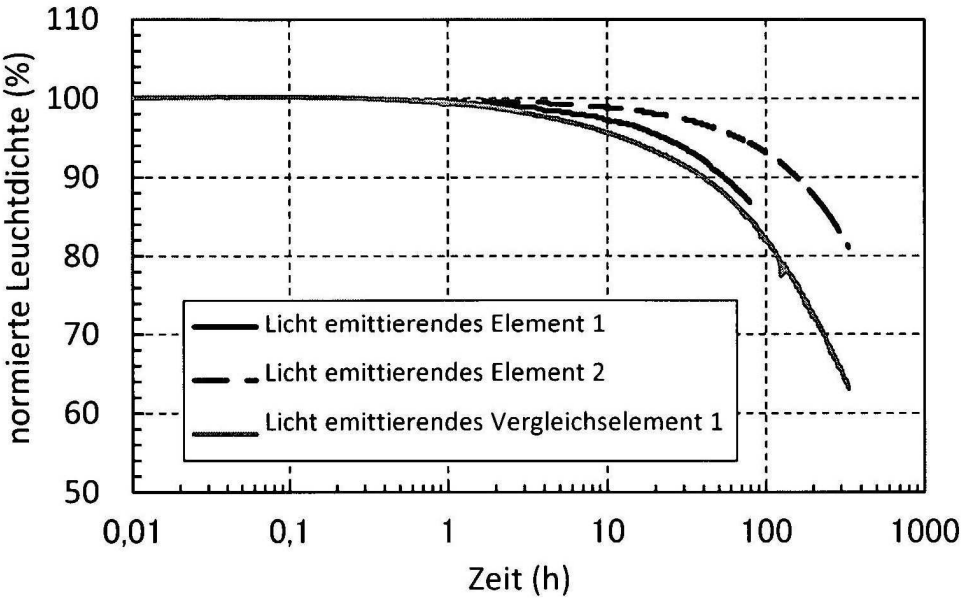

110
100
90
80
70
60
50
normierte Leuchtdichte (%)
0,01
0,1
1
10
100
1000
Zeit (h)
Licht emittierendes Element 1
Licht emittierendes Element 2
Licht emittierendes Vergleichselement 1

FIG. 51

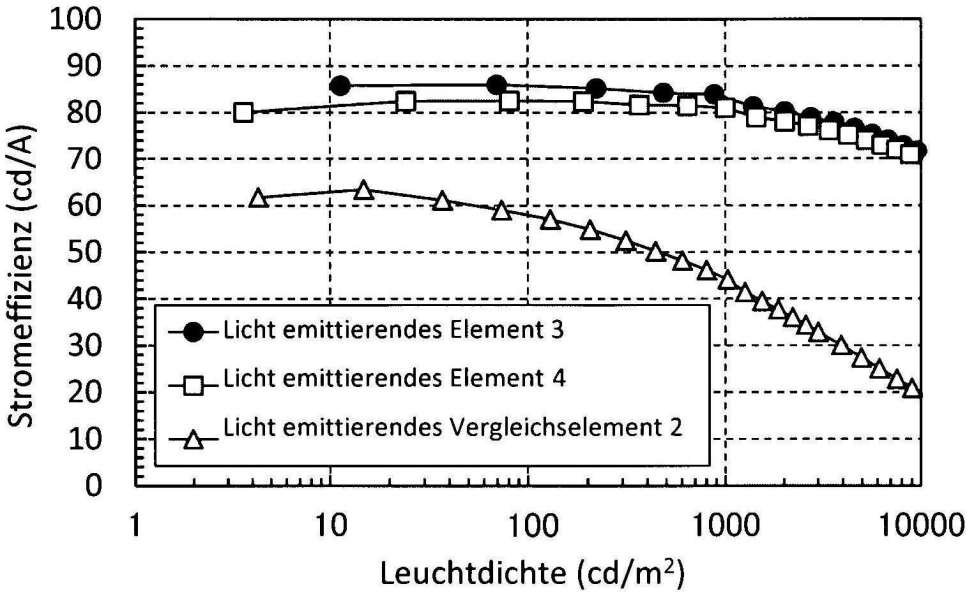

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Stromeffizienz (cd/A)
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)
Licht emittierendes Element 3
Licht emittierendes Element 4
Licht emittierendes Vergleichselement 2

FIG. 52

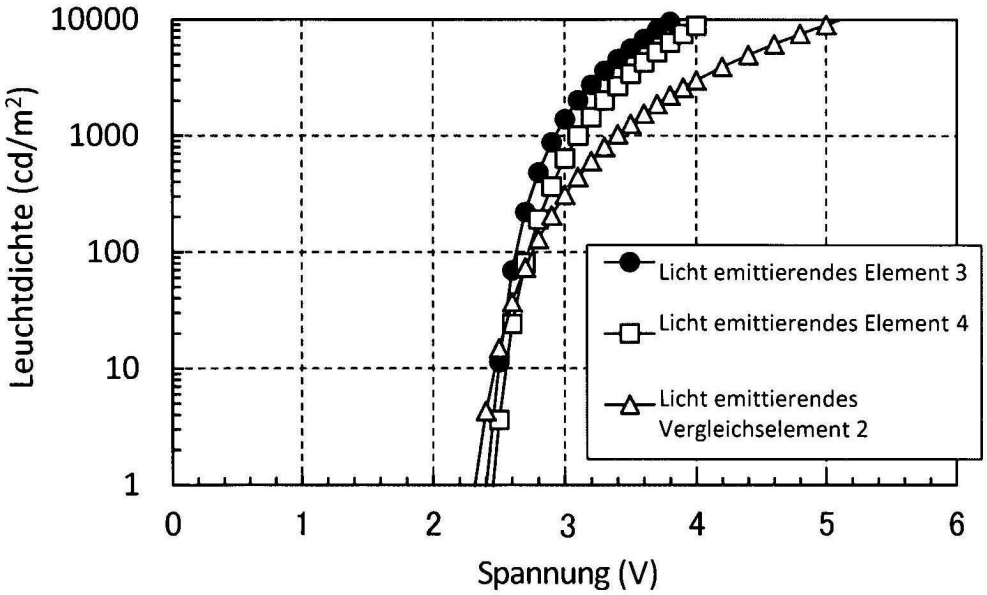

10000
1000
100
10
1
Leuchtdichte (cd/m²)
0
1
2
3
4
5
6
Spannung (V)
Licht emittierendes Element 3
Licht emittierendes Element 4
Licht emittierendes Vergleichselement 2

FIG. 53

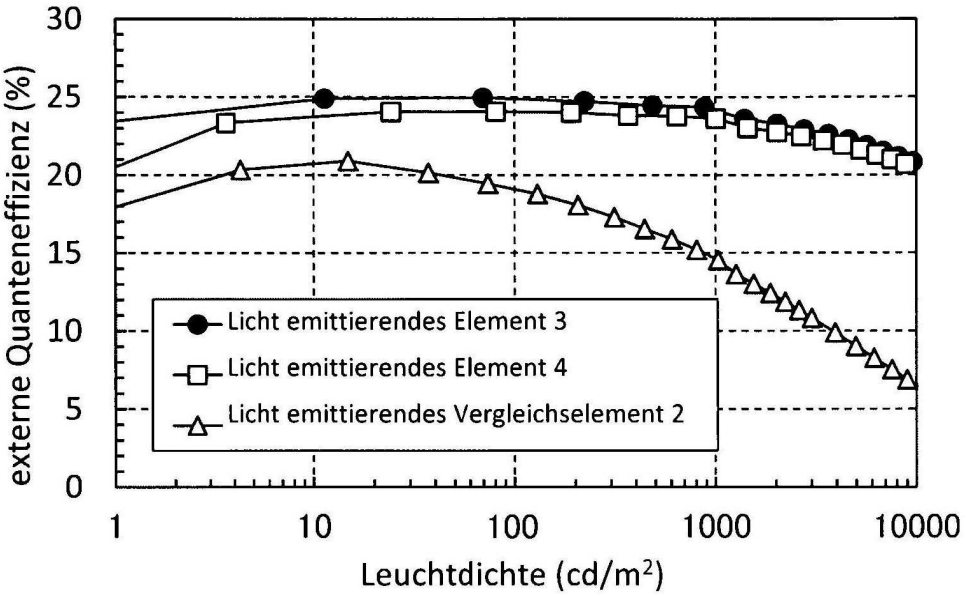

30
25
20
15
10
5
0
externe Quanteneffizienz (%)
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m2)
Licht emittierendes Element 3
Licht emittierendes Element 4
Licht emittierendes Vergleichselement 2

FIG. 54

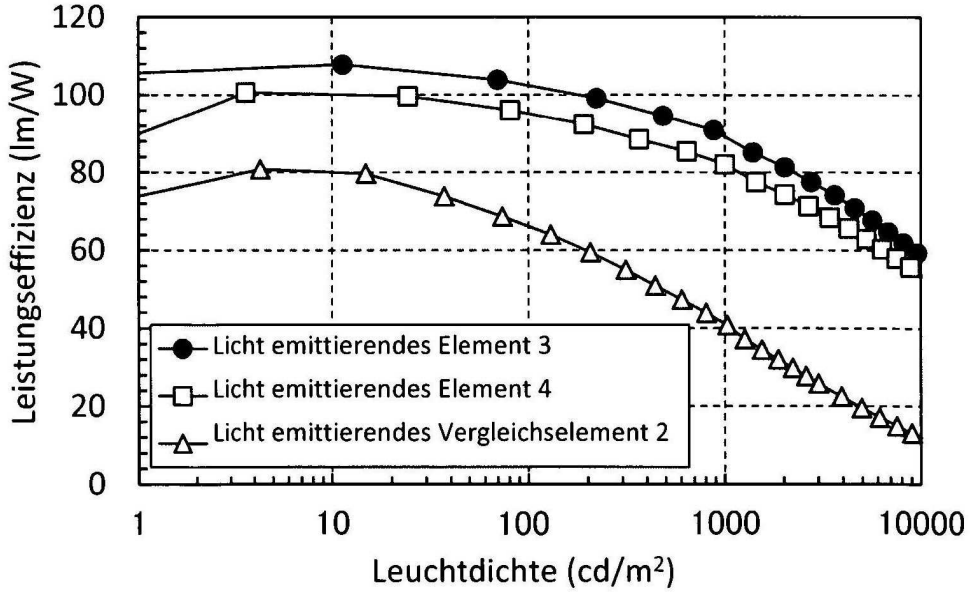

120
100
80
60
40
20
0
Leistungseffizienz (lm/W)
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m2)
Licht emittierendes Element 3
Licht emittierendes Element 4
Licht emittierendes Vergleichselement 2

FIG. 55

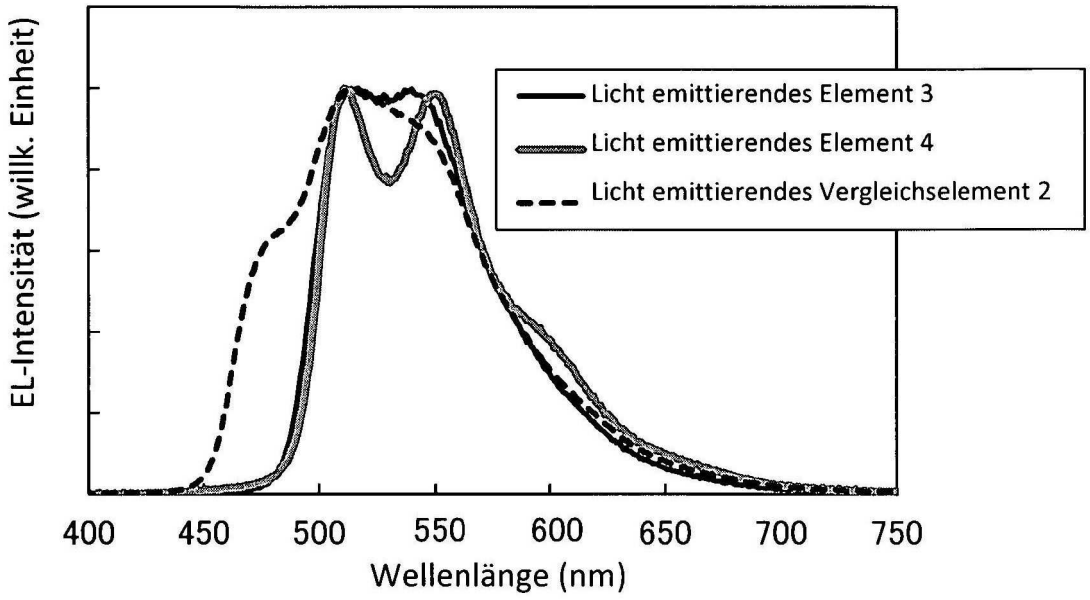

EL-Intensität (willk. Einheit)
Licht emittierendes Element 3
Licht emittierendes Element 4
Licht emittierendes Vergleichselement 2
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 56

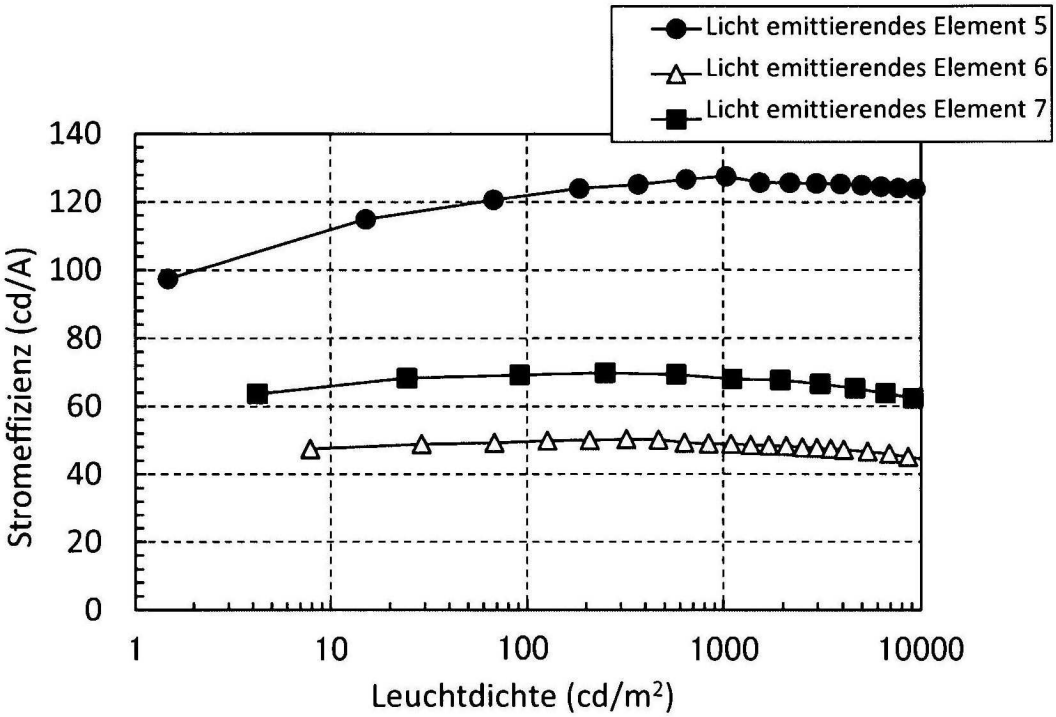

Licht emittierendes Element 5
Licht emittierendes Element 6
Licht emittierendes Element 7
Stromeffizienz (cd/A)
140
120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 57

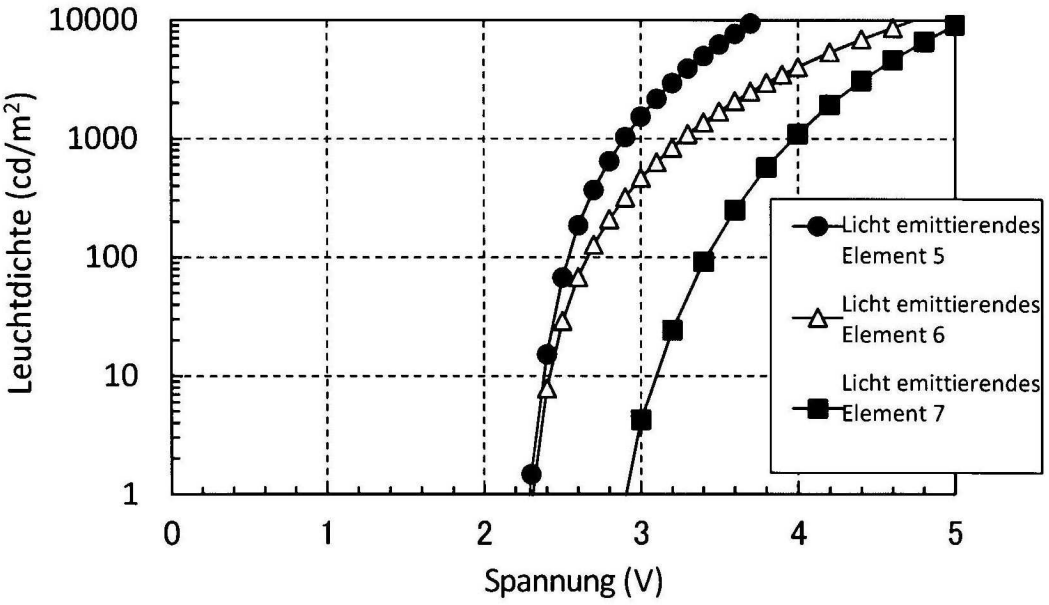

Leuchtdichte (cd/m²)
10000
1000
100
10
1
0
1
2
3
4
5
Spannung (V)
Licht emittierendes Element 5
Licht emittierendes Element 6
Licht emittierendes Element 7

FIG. 58

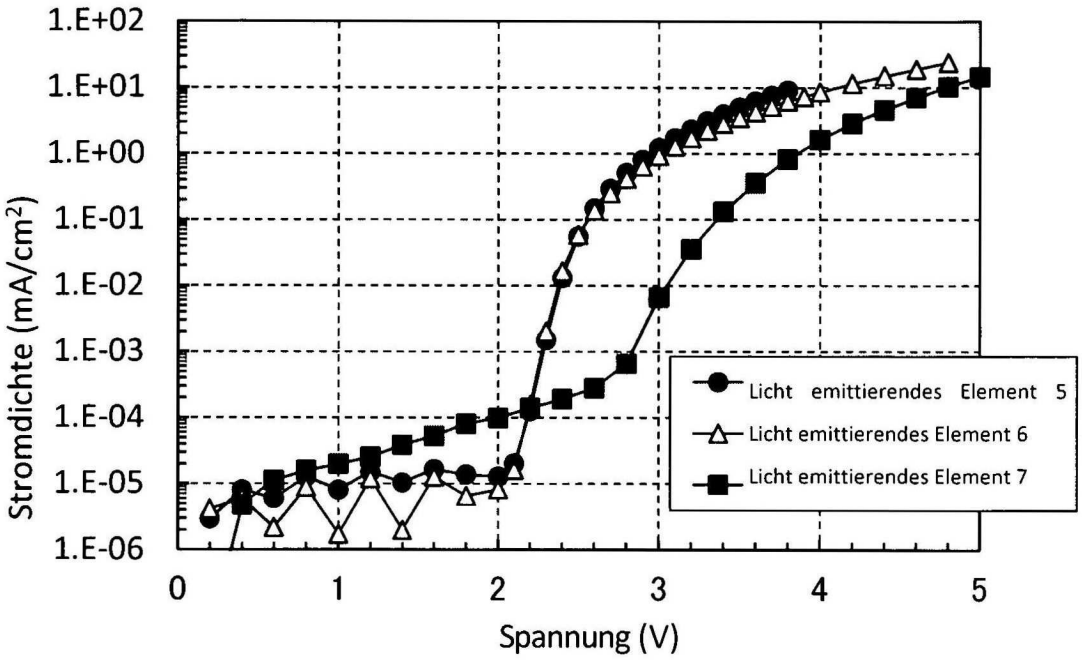

1.E+02
1.E+01
1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
1.E-04
1.E-05
1.E-06
Stromdichte (mA/cm²)
0
1
2
3
4
5
Spannung (V)
Licht emittierendes Element 5
Licht emittierendes Element 6
Licht emittierendes Element 7

FIG. 59

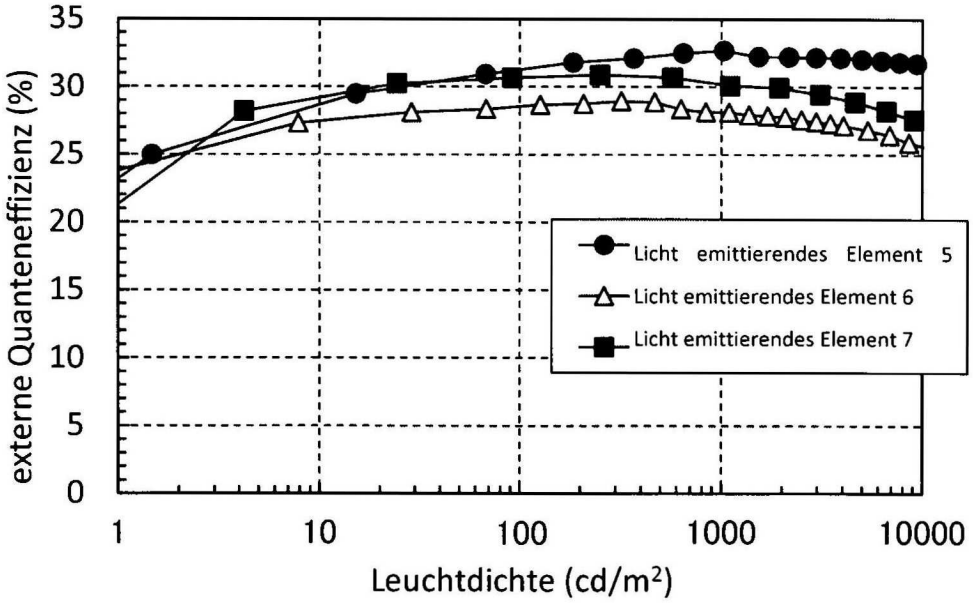

35
30
25
20
15
10
5
0
externe Quanteneffizienz (%)
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)
Licht emittierendes Element 5
Licht emittierendes Element 6
Licht emittierendes Element 7

FIG. 60

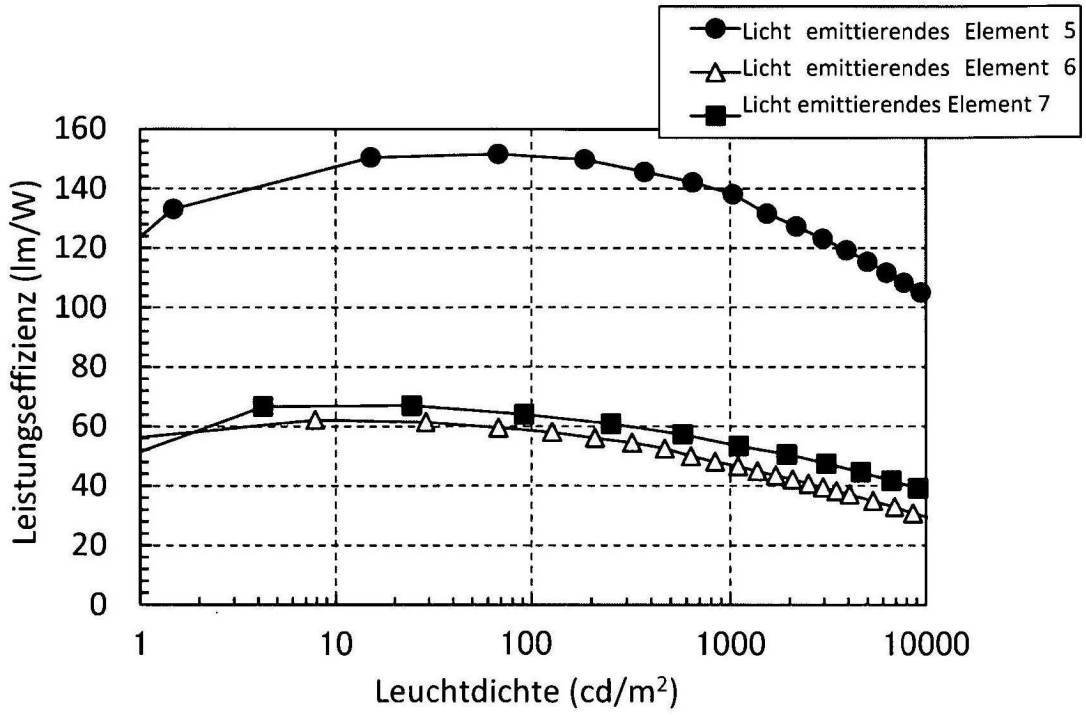

Licht emittierendes Element 5
Licht emittierendes Element 6
Licht emittierendes Element 7
Leistungseffizienz (lm/W)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 61

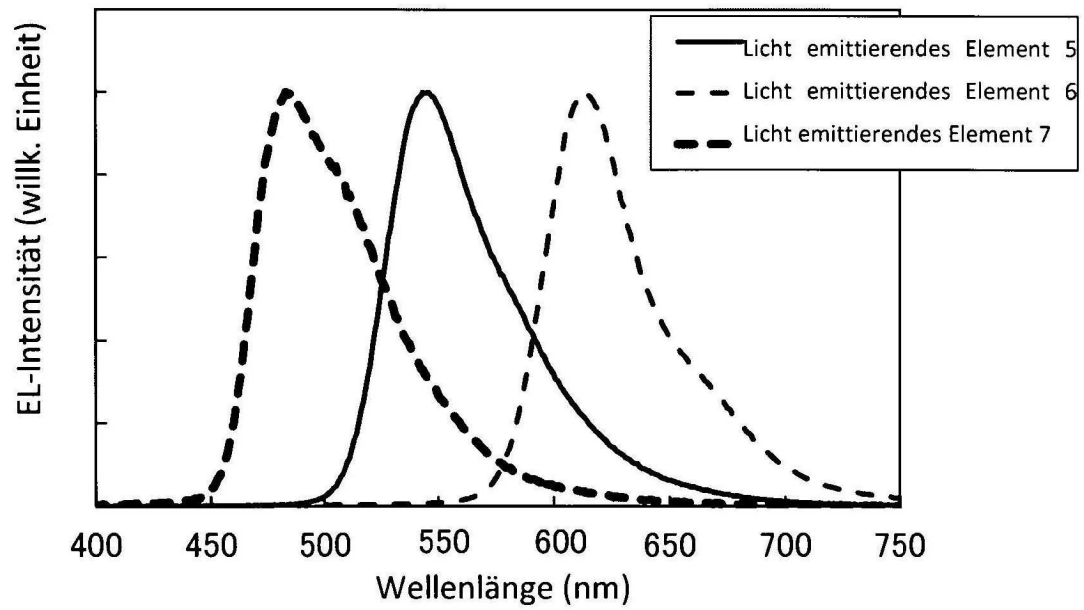

Licht emittierendes Element 5
Licht emittierendes Element 6
Licht emittierendes Element 7
EL-Intensität (willk. Einheit)
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 62

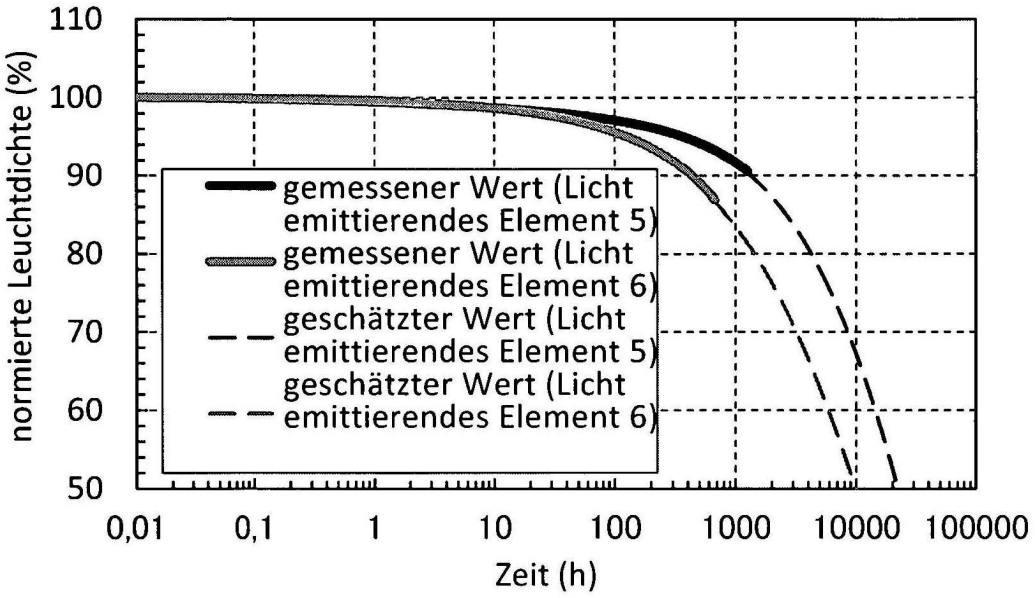

110
100
90
80
70
60
50
normierte Leuchtdichte (%)
0,01
0,1
1
10
100
1000
10000
100000
Zeit (h)
gemessener Wert (Licht emittierendes Element 5)
gemessener Wert (Licht emittierendes Element 6)
geschätzter Wert (Licht emittierendes Element 5)
geschätzter Wert (Licht emittierendes Element 6)

FIG. 63

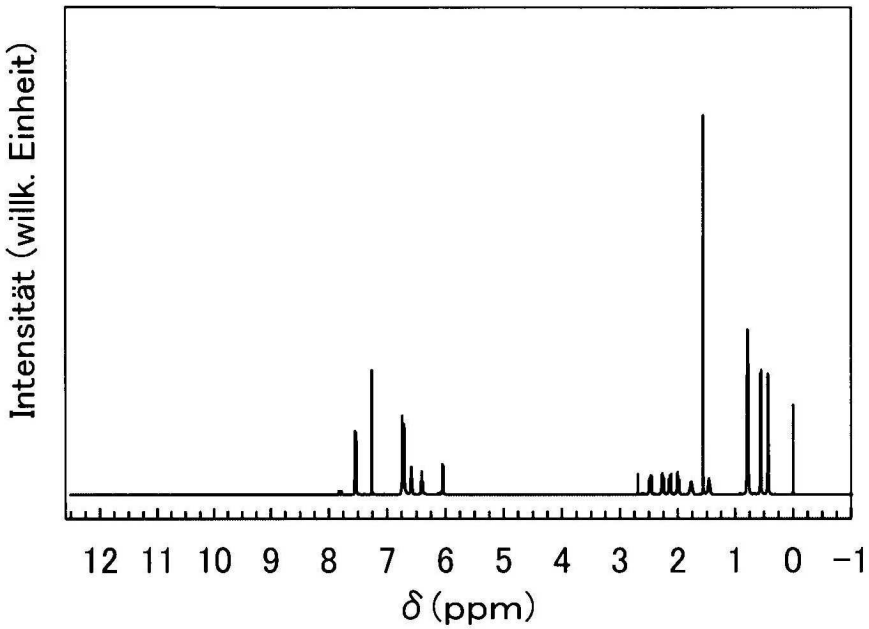


FIG. 64

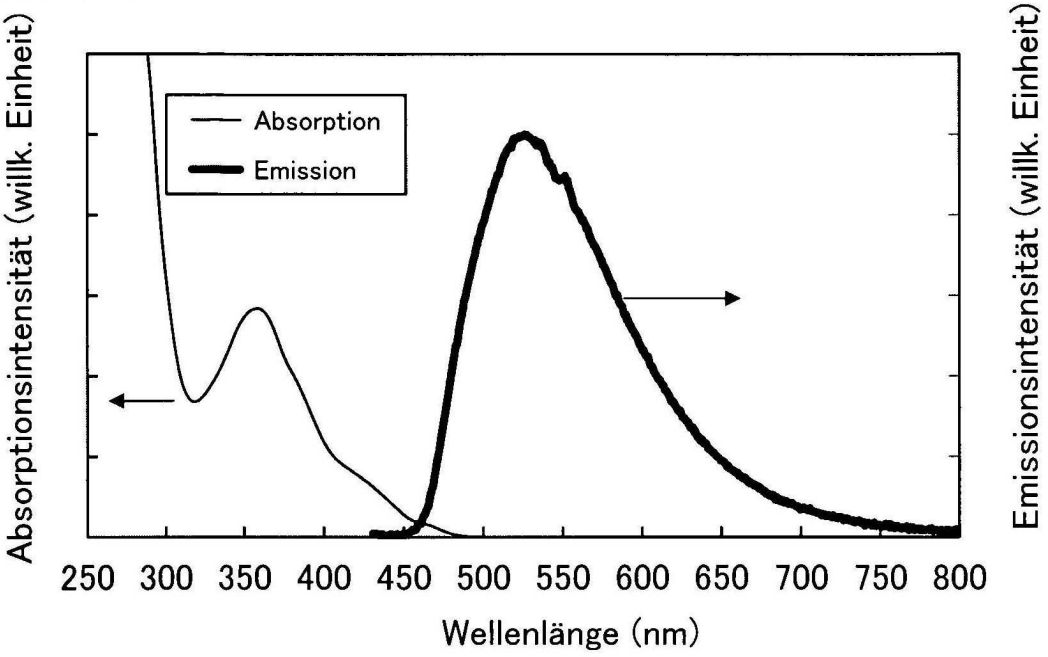

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800
Wellenlänge (nm)

FIG. 65

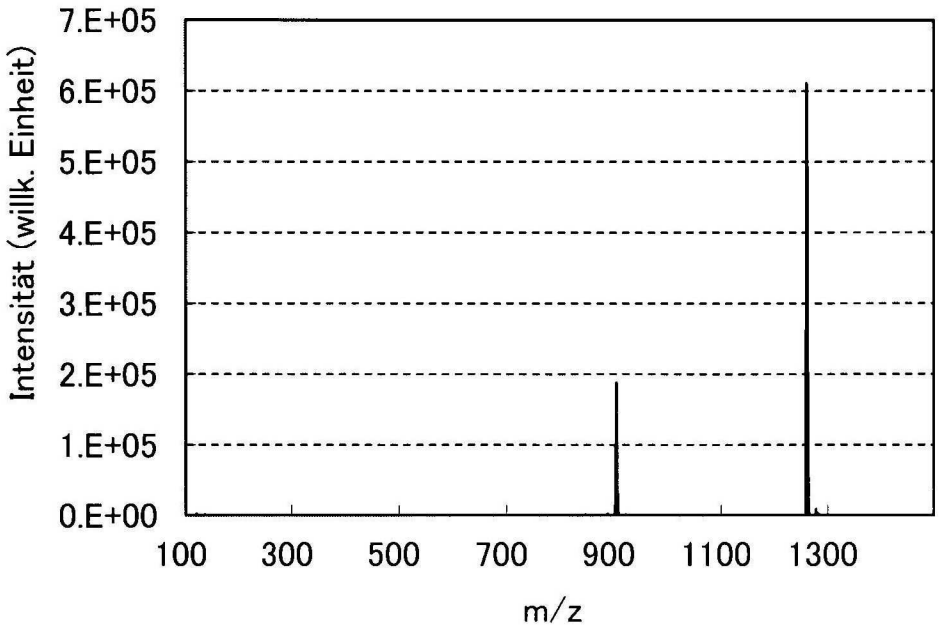

7.E+05
6.E+05
5.E+05
4.E+05
3.E+05
2.E+05
1.E+05
0.E+00
Intensität (willk. Einheit)
100
300
500
700
900
1100
1300
m/z

FIG. 66

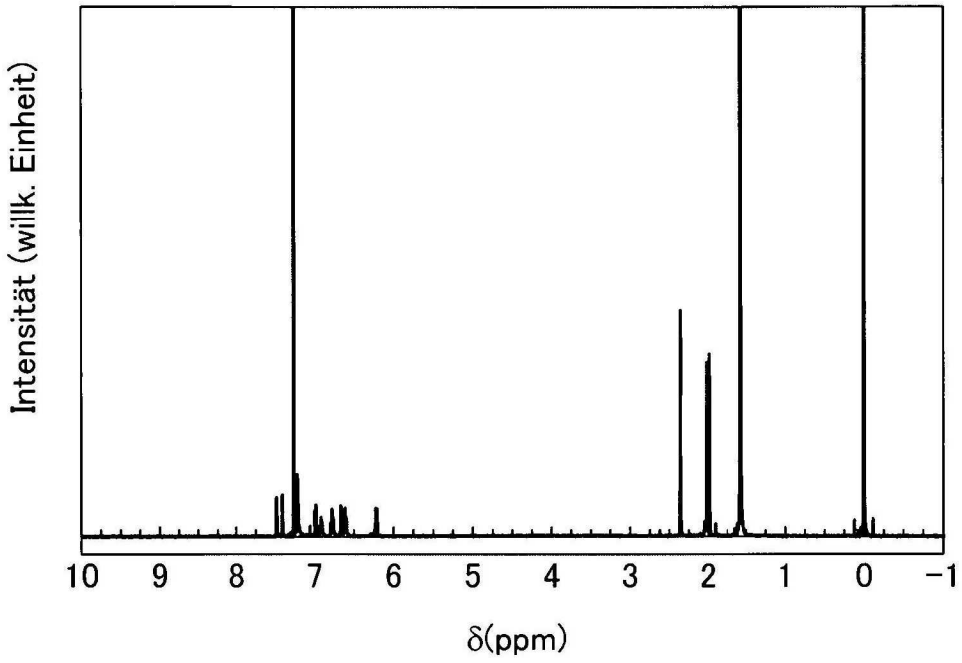


FIG. 67

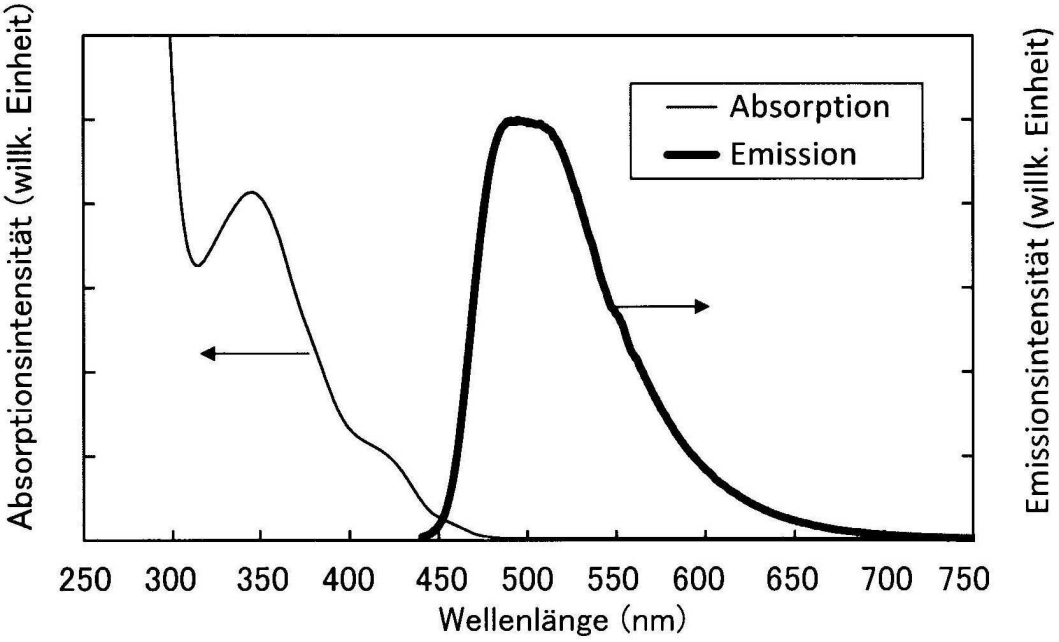

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
Wellenlänge (nm)

FIG. 68

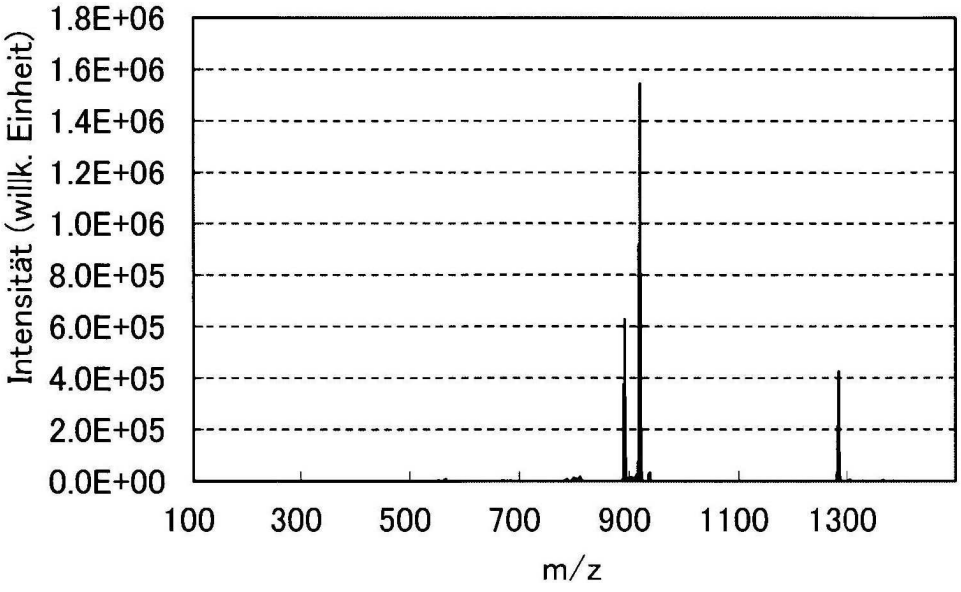

1.8E+06
1.6E+06
1.4E+06
1.2E+06
1.0E+06
8.0E+05
6.0E+05
4.0E+05
2.0E+05
0.0E+00
Intensität (willk. Einheit)
100
300
500
700
900
1100
1300
m/z

FIG. 69

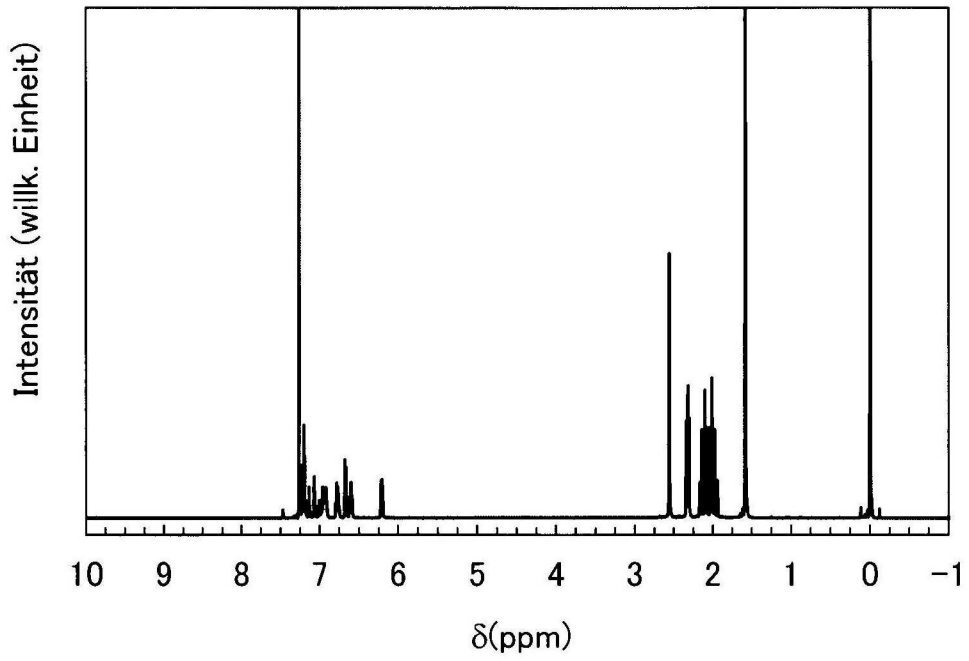


FIG. 70

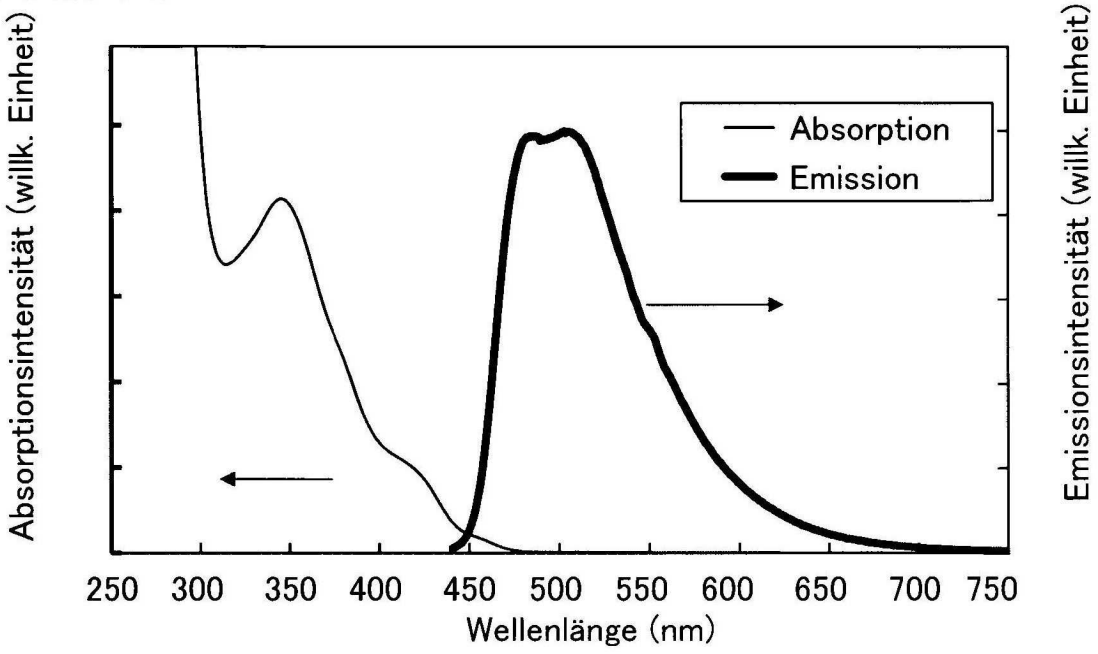

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
Wellenlänge (nm)

FIG. 71

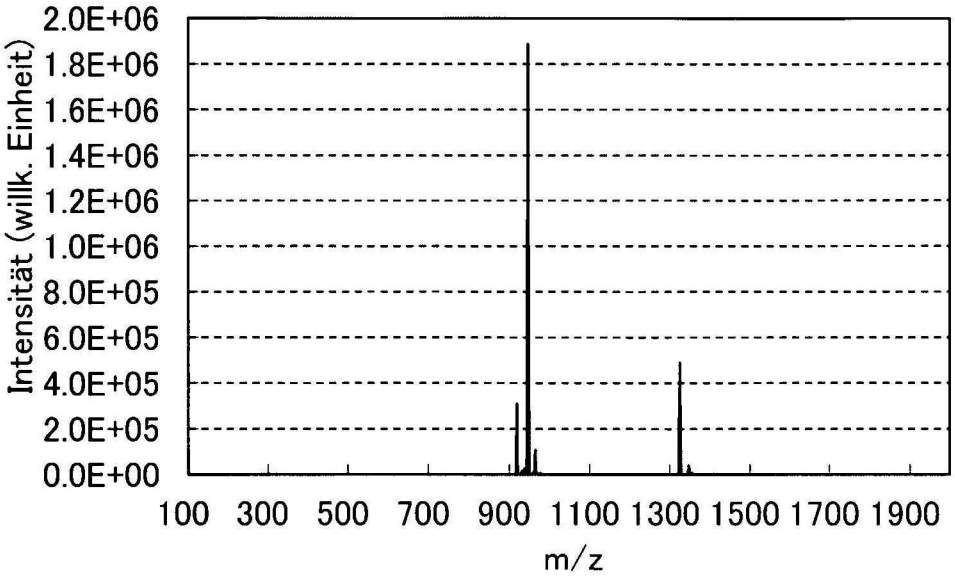

2.0E+06
1.8E+06
1.6E+06
1.4E+06
1.2E+06
1.0E+06
8.0E+05
6.0E+05
4.0E+05
2.0E+05
0.0E+00
Intensität (willk. Einheit)
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

FIG. 72

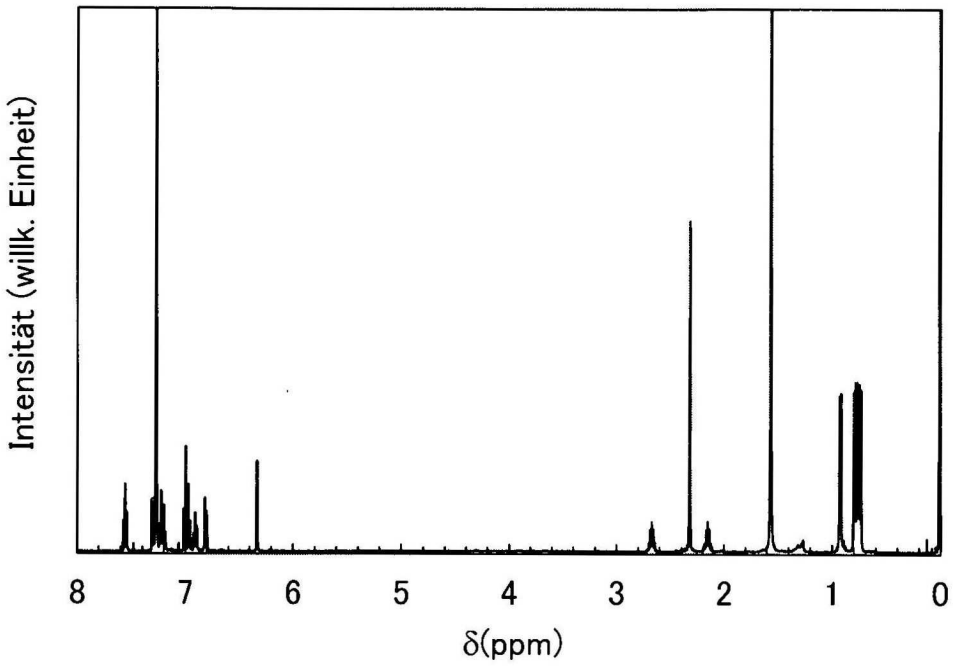


FIG. 73

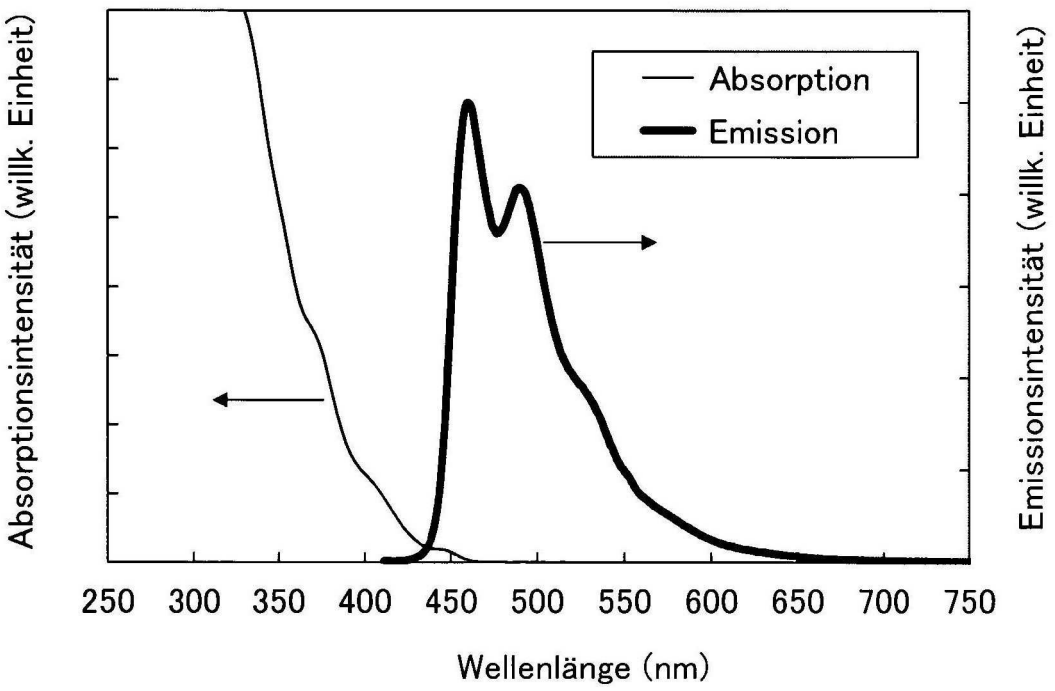

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 74

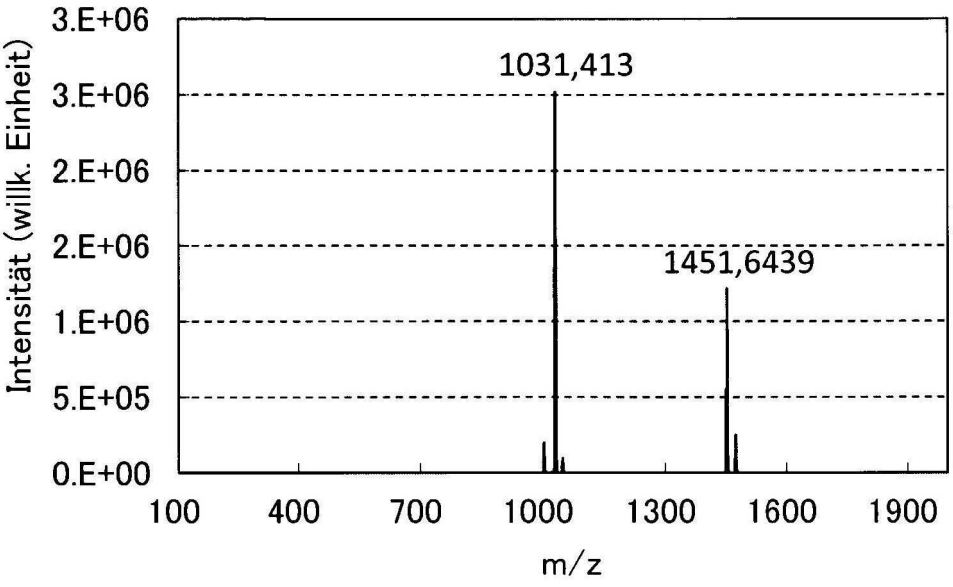

3.E+06
3.E+06
2.E+06
2.E+06
1.E+06
5.E+05
0.E+00
Intensität (willk. Einheit)
1031,413
1451,6439
100
400
700
1000
1300
1600
1900
m/z

FIG. 75

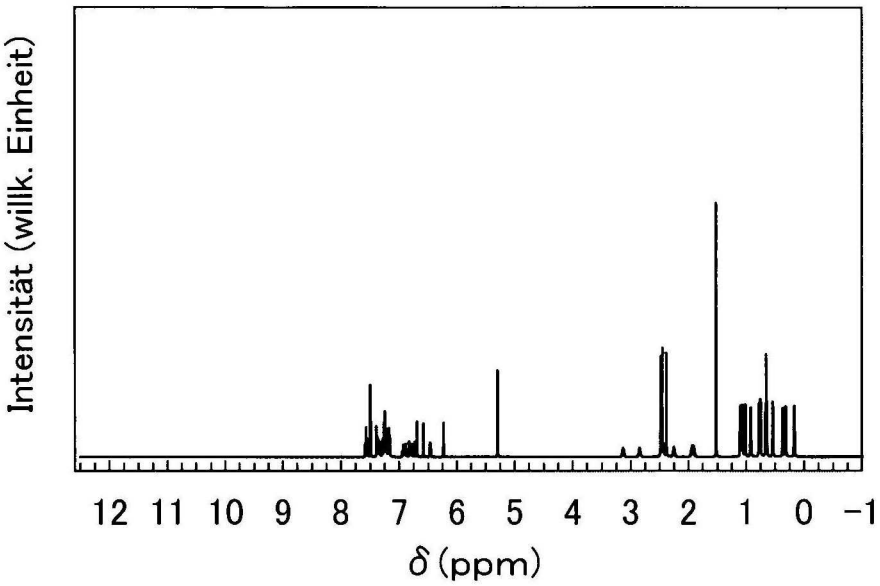


FIG. 76

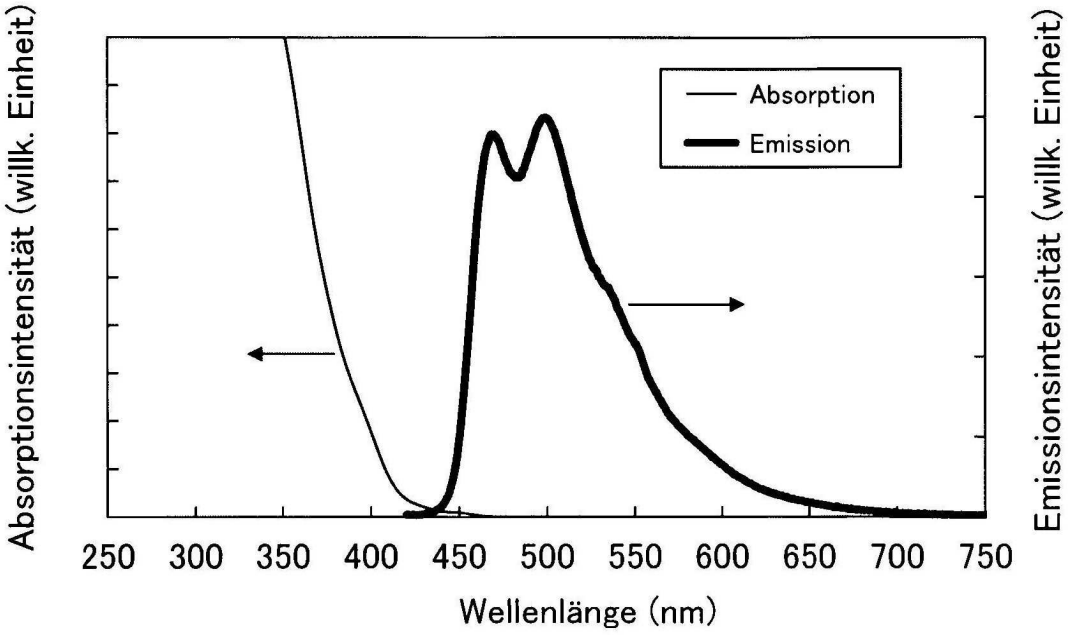

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
Wellenlänge (nm)

FIG. 77

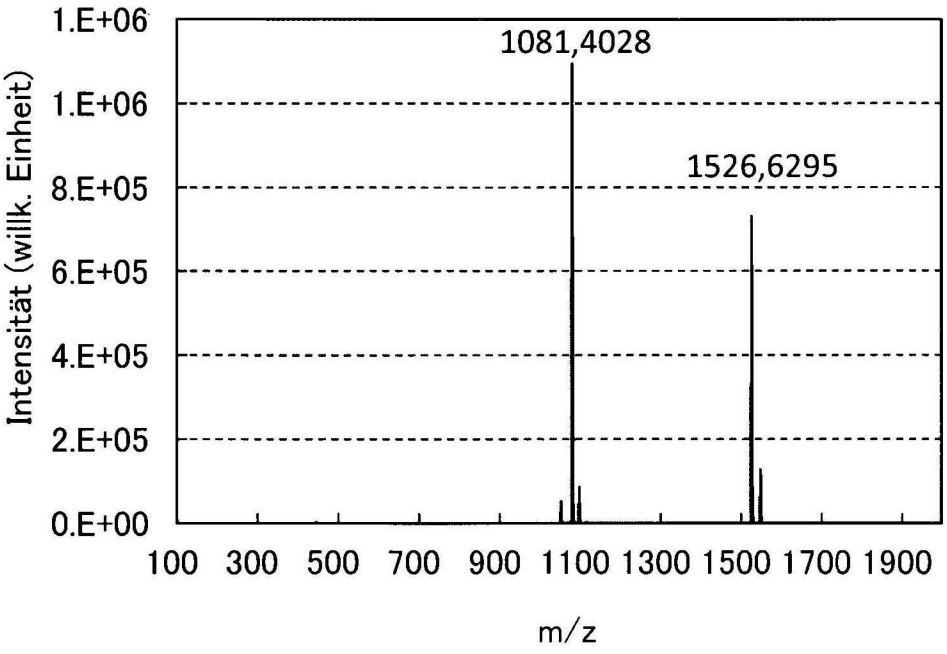

1.E+06
1.E+06
8.E+05
6.E+05
4.E+05
2.E+05
0.E+00
Intensität (willk. Einheit)
1081,4028
1526,6295
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

FIG. 78

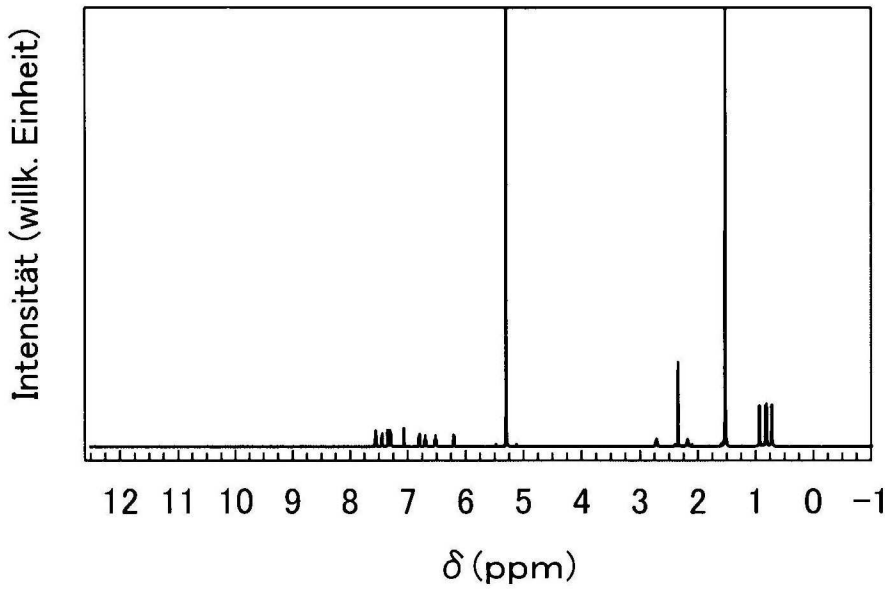


FIG. 79

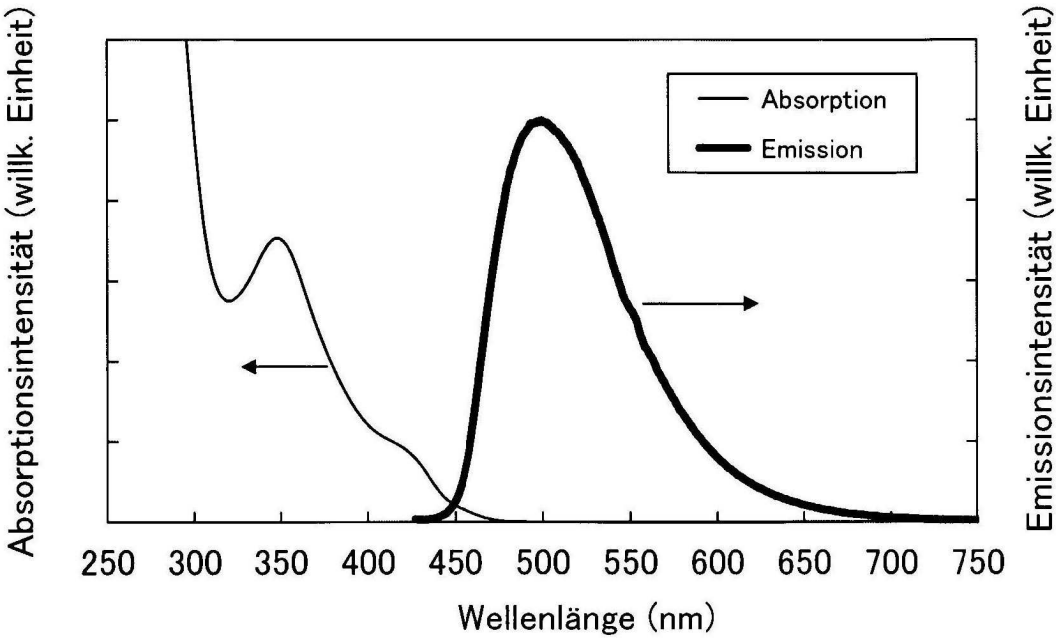

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
Wellenlänge (nm)

FIG. 80

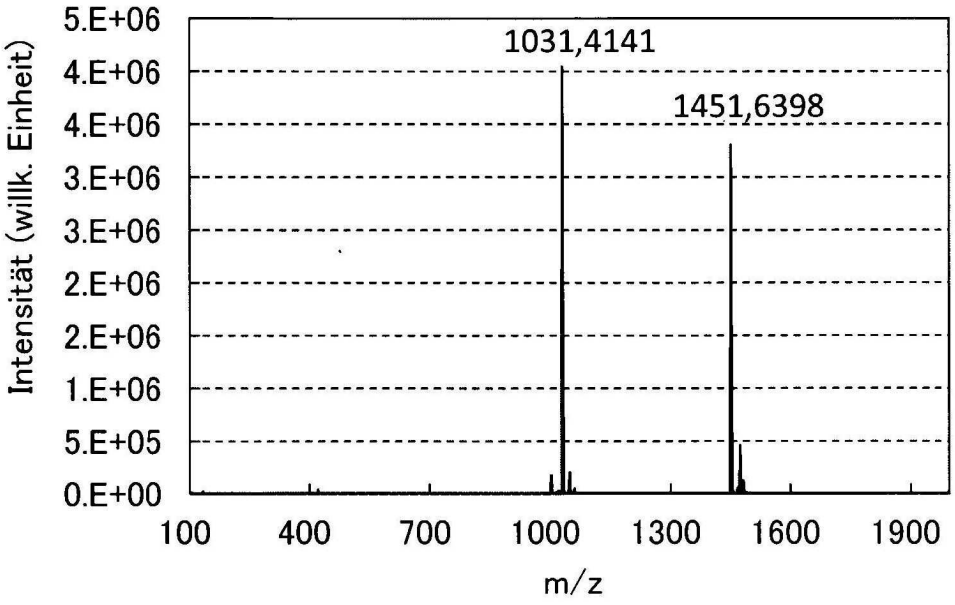

5.E+06
4.E+06
4.E+06
3.E+06
3.E+06
2.E+06
2.E+06
1.E+06
5.E+05
0.E+00
Intensität (willk. Einheit)
1031,4141
1451,6398
100
400
700
1000
1300
1600
1900
m/z

FIG. 81

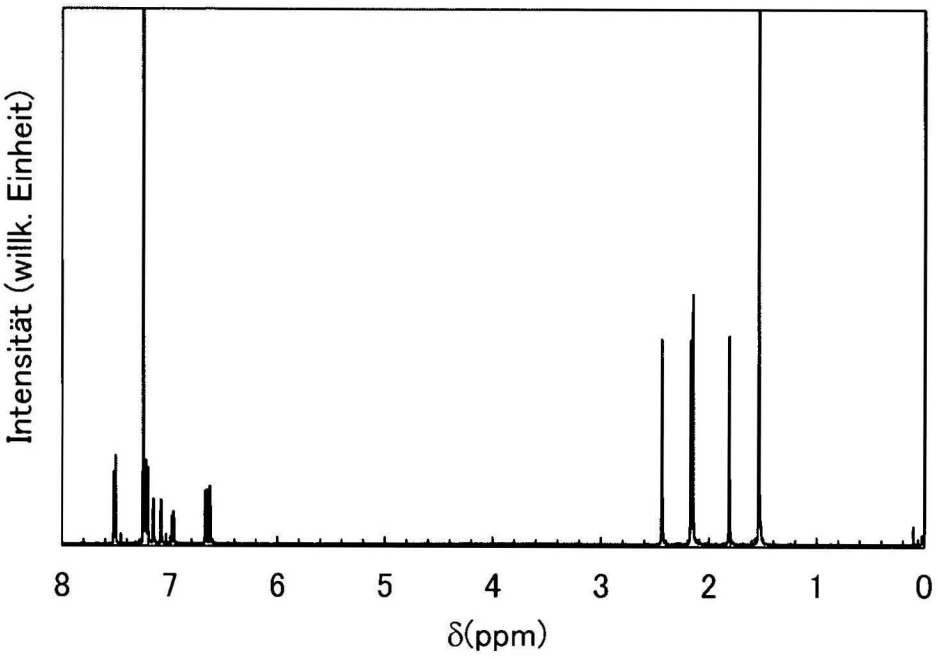


FIG. 82

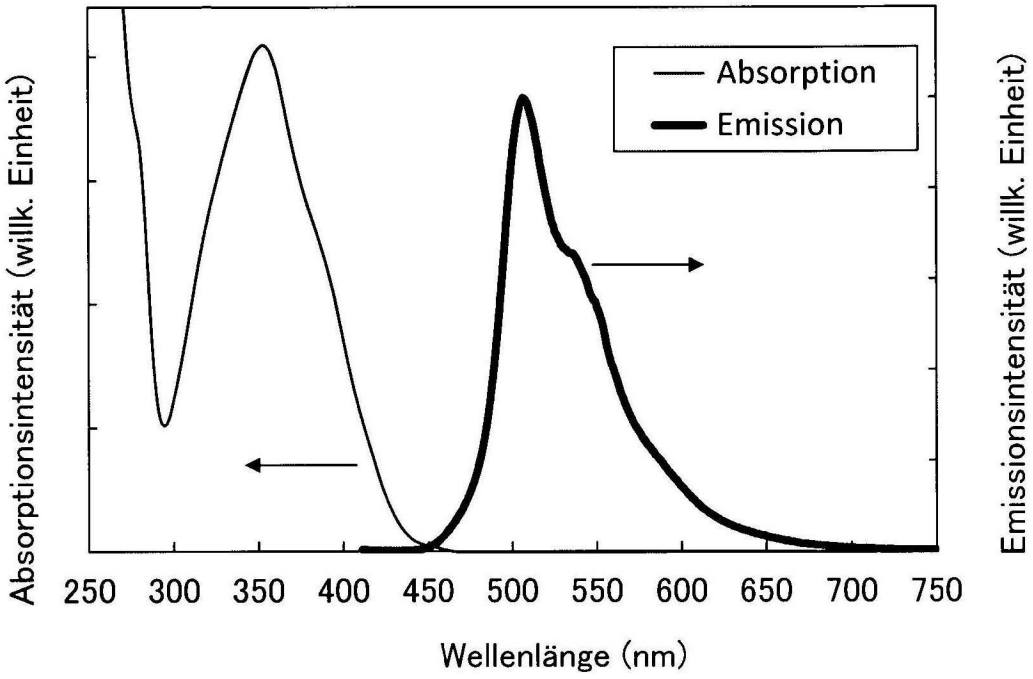

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 83

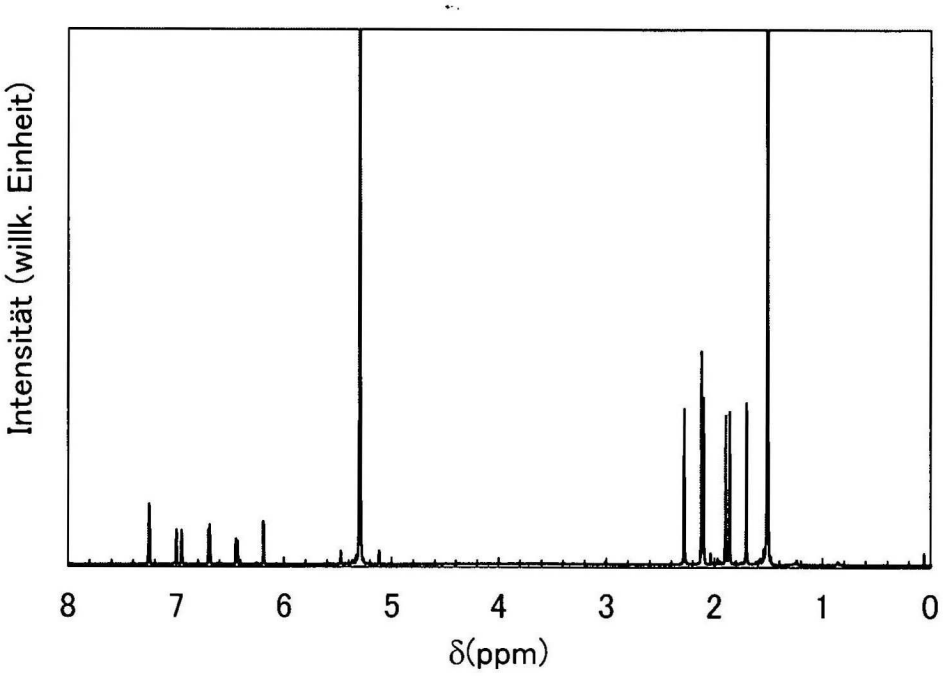


FIG. 84

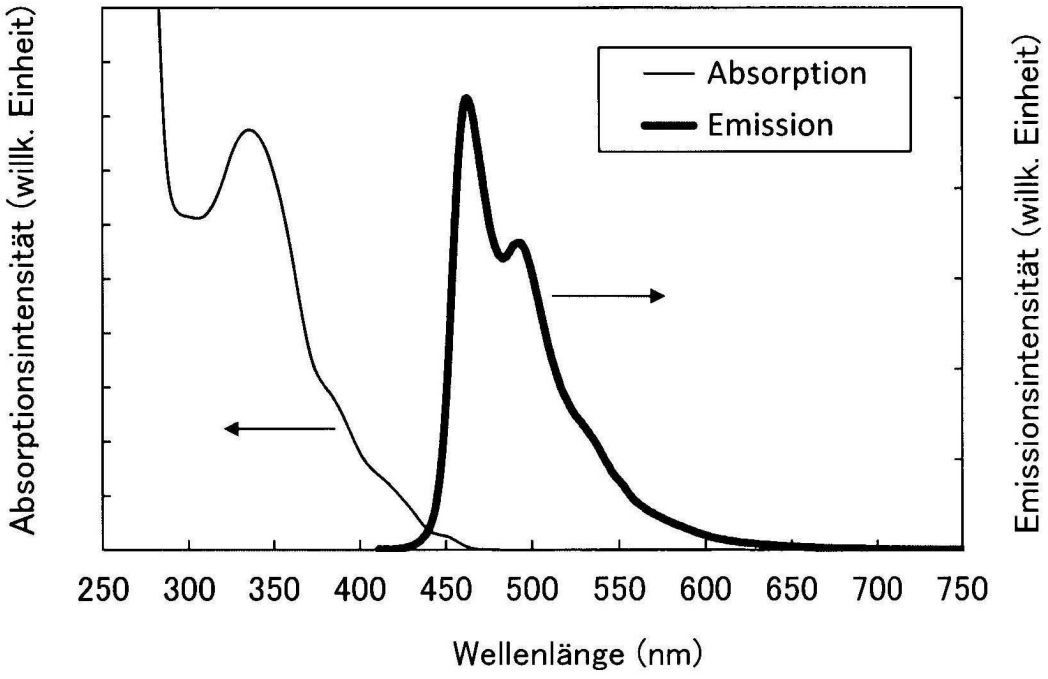

Absorption
Emission
Absorptionsintensität (willk. Einheit)
Emissionsintensität (willk. Einheit)
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
Wellenlänge (nm)

FIG. 85

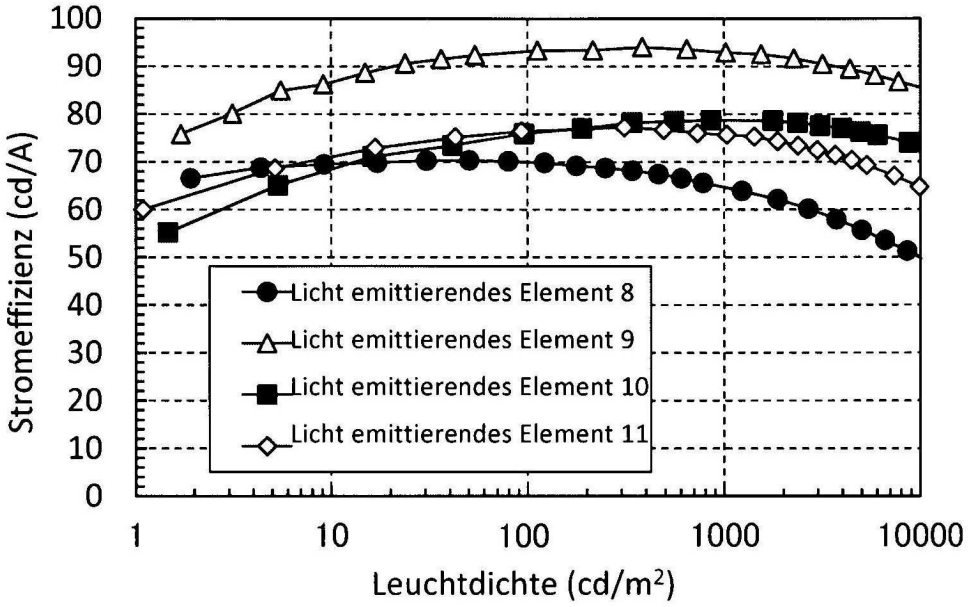

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Stromeffizienz (cd/A)
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)
Licht emittierendes Element 8
Licht emittierendes Element 9
Licht emittierendes Element 10
Licht emittierendes Element 11

FIG. 86

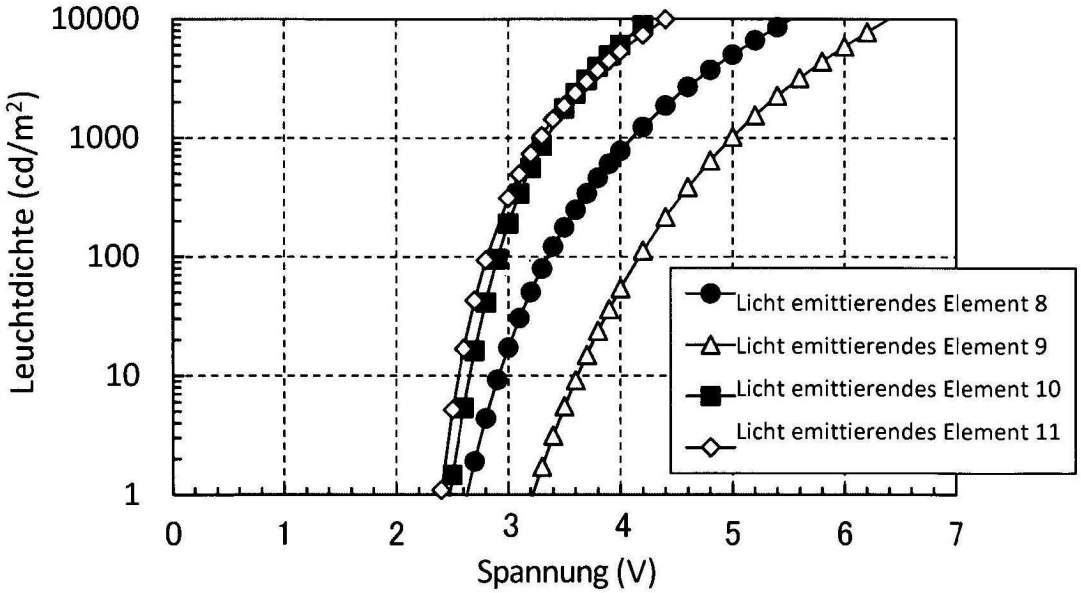

10000
1000
100
10
1
Leuchtdichte (cd/m²)
0
1
2
3
4
5
6
7
Spannung (V)
Licht emittierendes Element 8
Licht emittierendes Element 9
Licht emittierendes Element 10
Licht emittierendes Element 11

FIG. 87

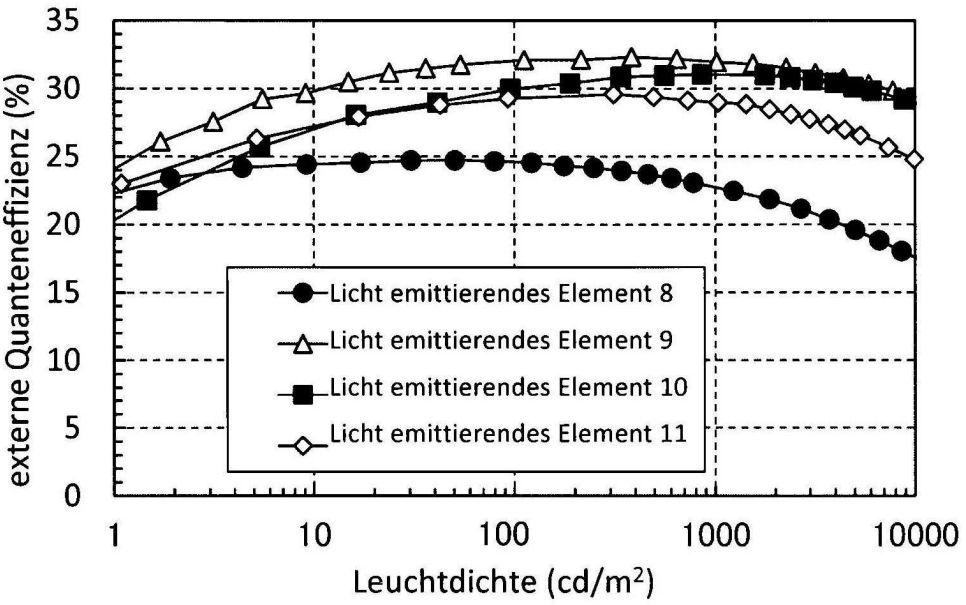

externe Quanteneffizienz (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)
Licht emittierendes Element 8
Licht emittierendes Element 9
Licht emittierendes Element 10
Licht emittierendes Element 11

FIG. 88

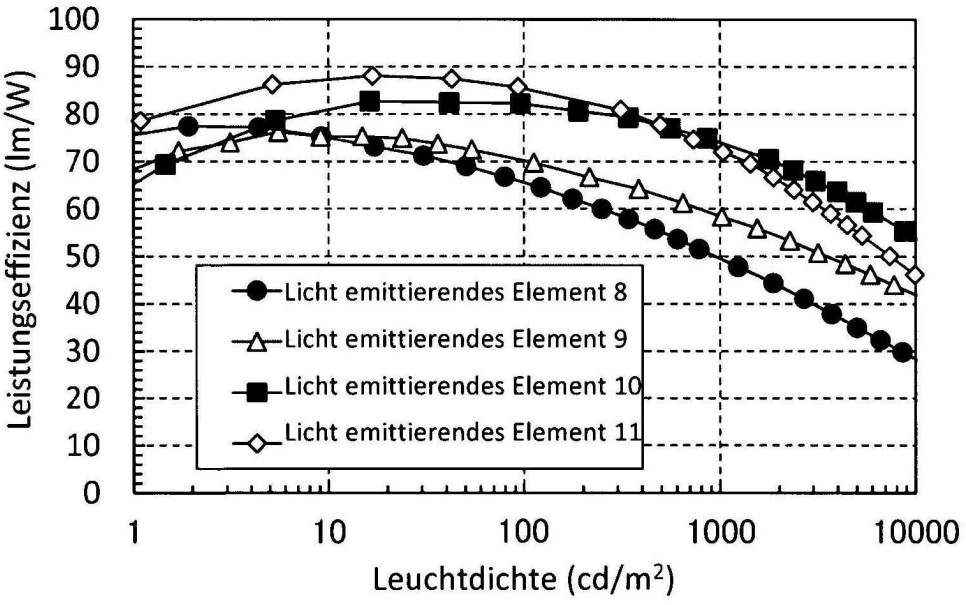

Leistungseffizienz (lm/W)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)
Licht emittierendes Element 8
Licht emittierendes Element 9
Licht emittierendes Element 10
Licht emittierendes Element 11

FIG. 89

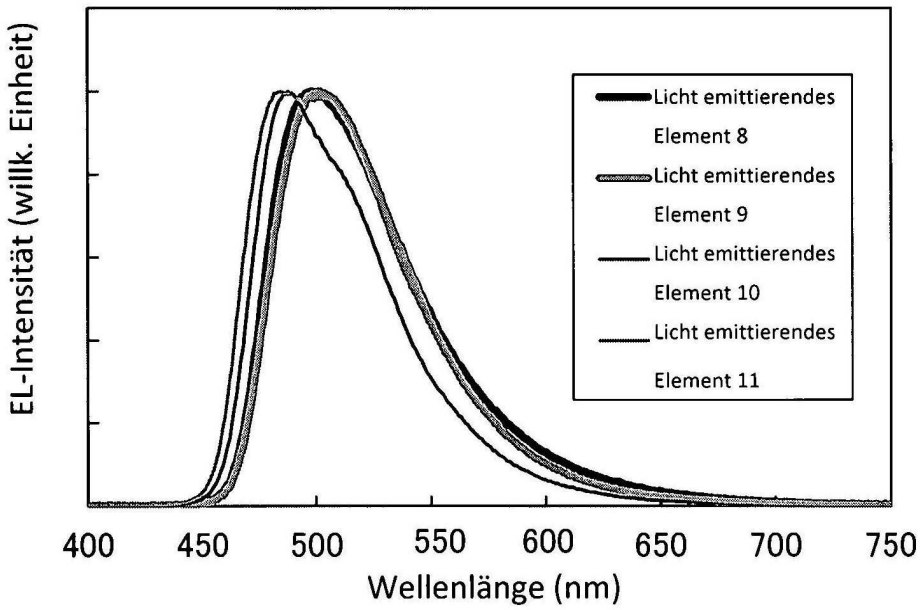

EL-Intensität (willk. Einheit)
Licht emittierendes Element 8
Licht emittierendes Element 9
Licht emittierendes Element 10
Licht emittierendes Element 11
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 90

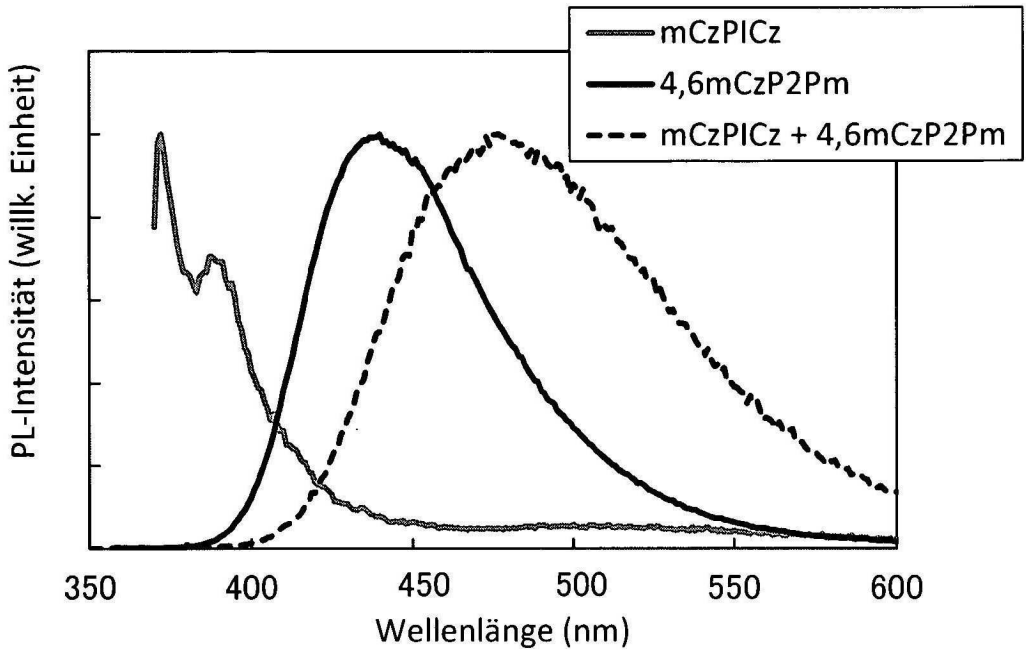

mCzPICz
4,6mCzP2Pm
mCzPICz + 4,6mCzP2Pm
PL-Intensität (willk. Einheit)
350
400
450
500
550
600
Wellenlänge (nm)

FIG. 91

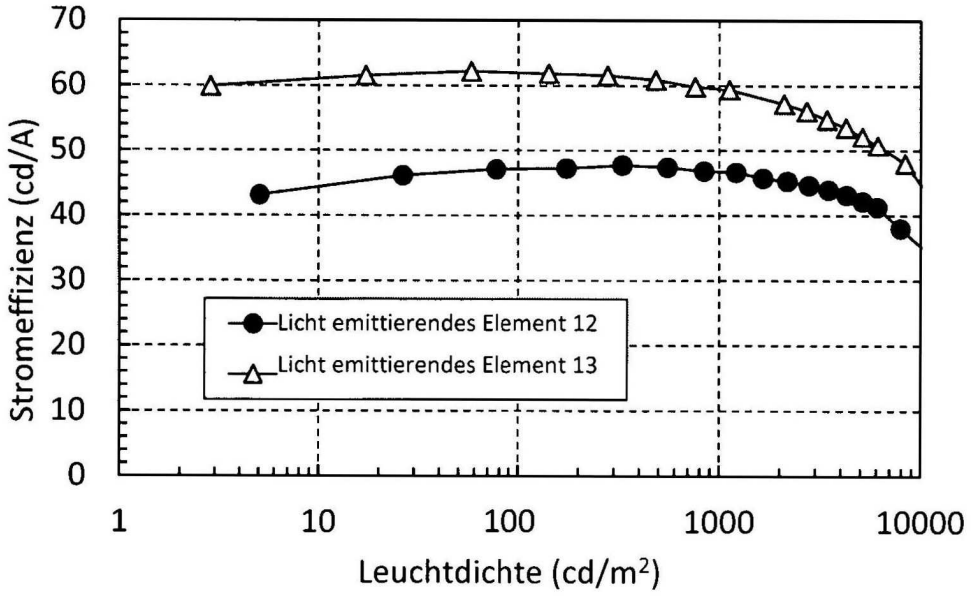

70
60
50
40
30
20
10
0
Stromeffizienz (cd/A)
Licht emittierendes Element 12
Licht emittierendes Element 13
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m2)

FIG. 92

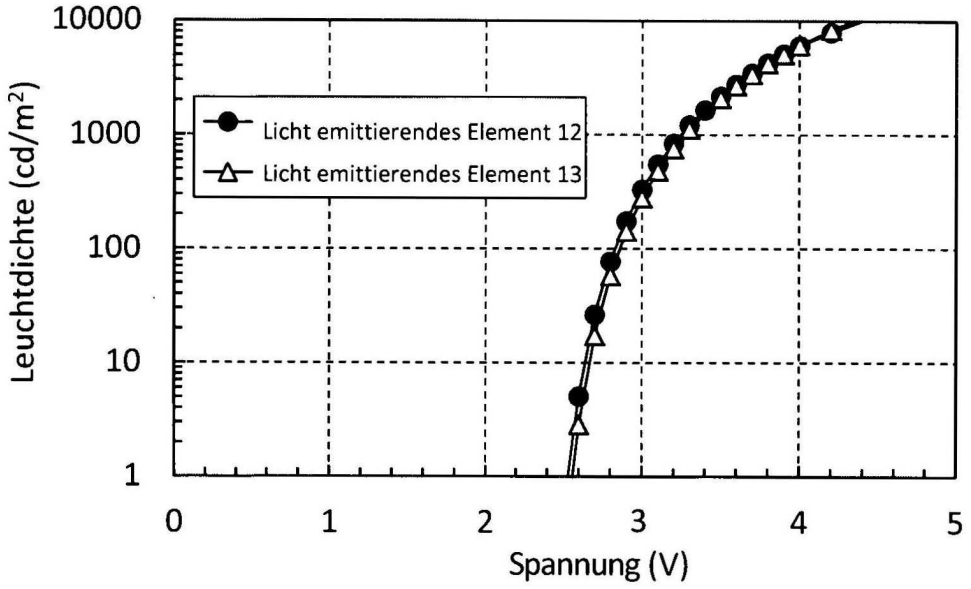

10000
1000
100
10
1
Leuchtdichte (cd/m2)
Licht emittierendes Element 12
Licht emittierendes Element 13
0
1
2
3
4
5
Spannung (V)

FIG. 93

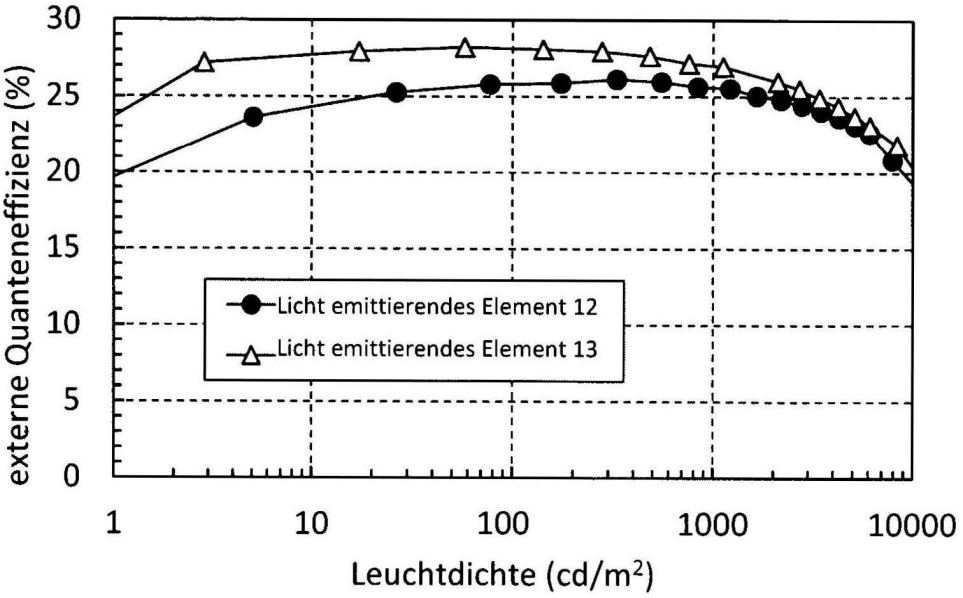

30
25
20
15
10
5
0
externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 12
Licht emittierendes Element 13
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 94

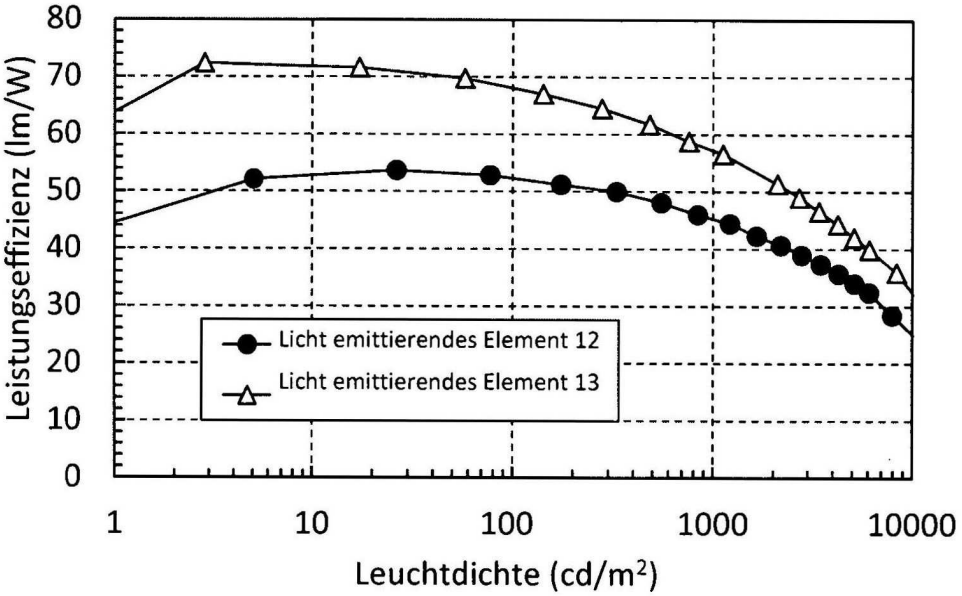

80
70
60
50
40
30
20
10
0
Leistungseffizienz (lm/W)
Licht emittierendes Element 12
Licht emittierendes Element 13
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 95

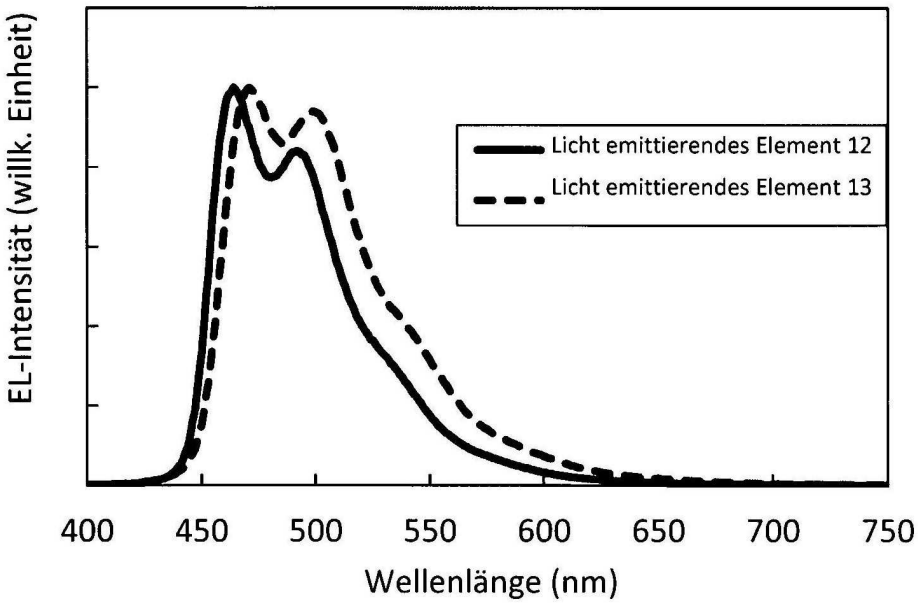

EL-Intensität (willk. Einheit)
Licht emittierendes Element 12
Licht emittierendes Element 13
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 96

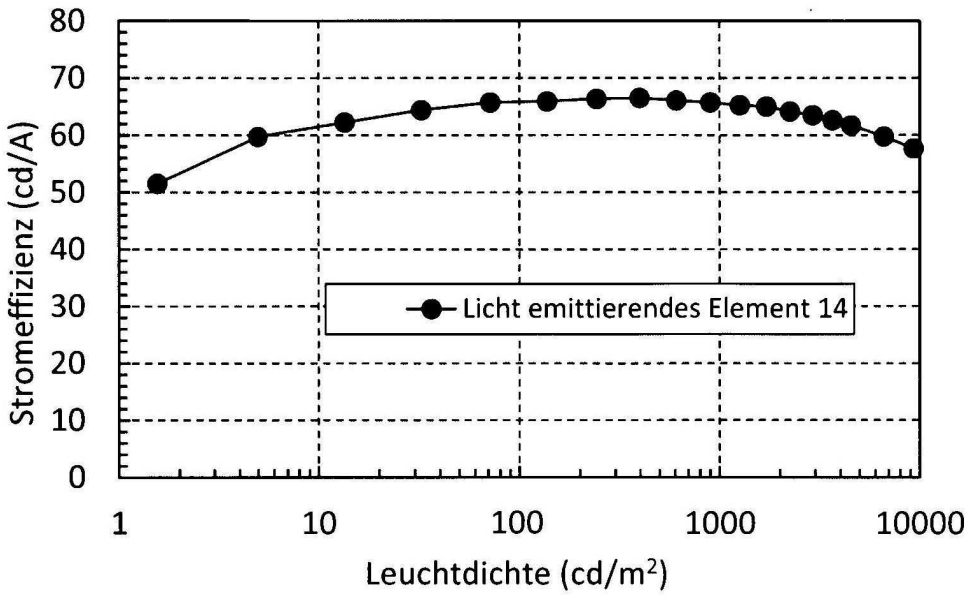

80
70
60
50
40
30
20
10
0
Stromeffizienz (cd/A)
Licht emittierendes Element 14
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 97

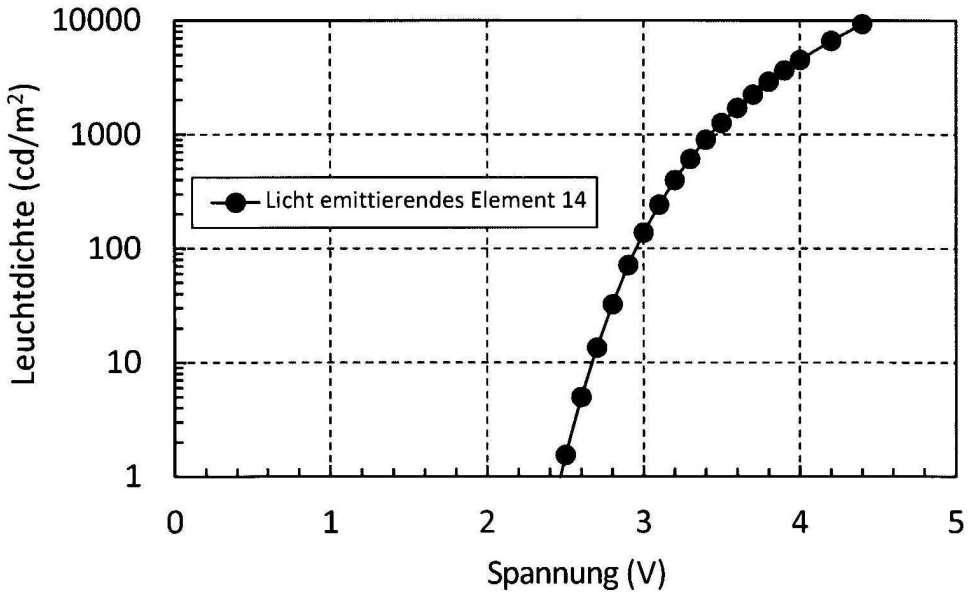

10000
1000
100
10
1
Leuchtdichte (cd/m²)
Licht emittierendes Element 14
0
1
2
3
4
5
Spannung (V)

FIG. 98

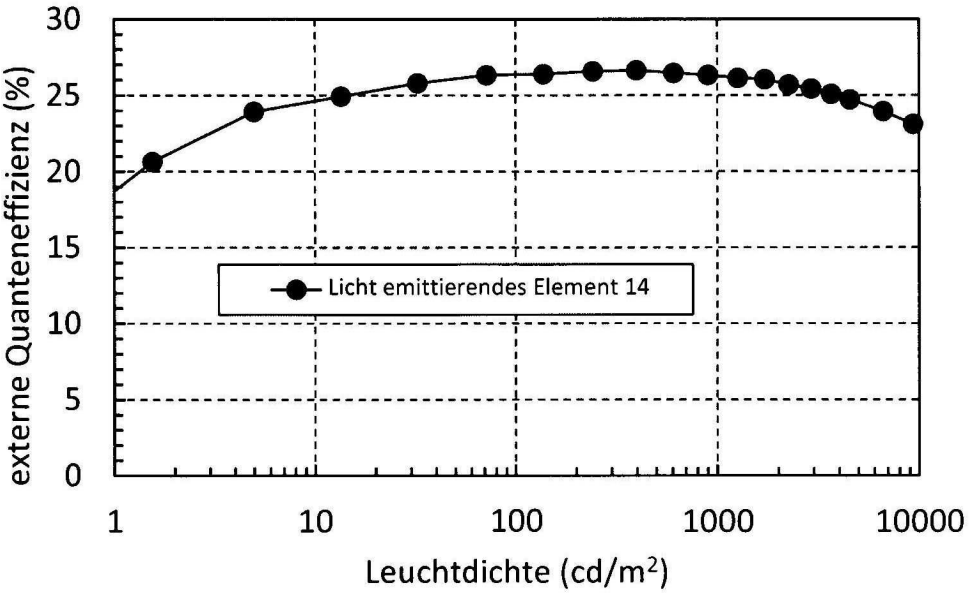

externe Quanteneffizienz (%)
30
25
20
15
10
5
0
Licht emittierendes Element 14
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 99

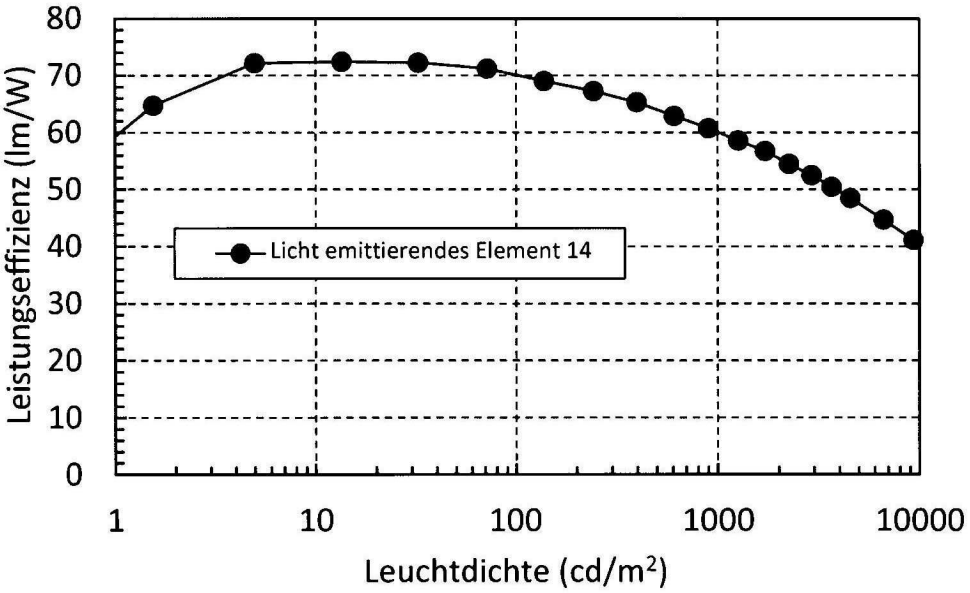

Leistungseffizienz (lm/W)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Licht emittierendes Element 14
1
10
100
1000
10000
Leuchtdichte (cd/m²)

FIG. 100

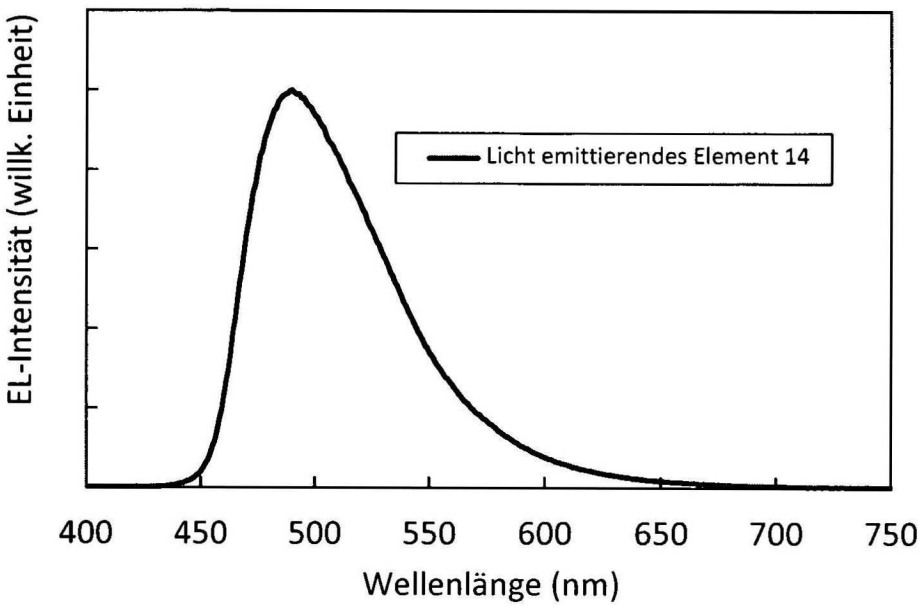

EL-Intensität (willk. Einheit)
Licht emittierendes Element 14
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 101

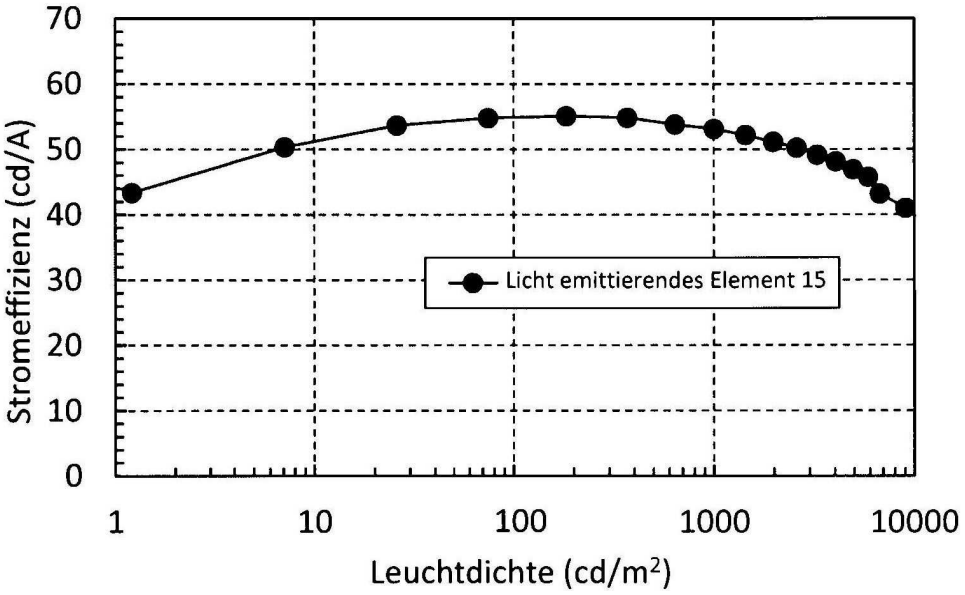


FIG. 102

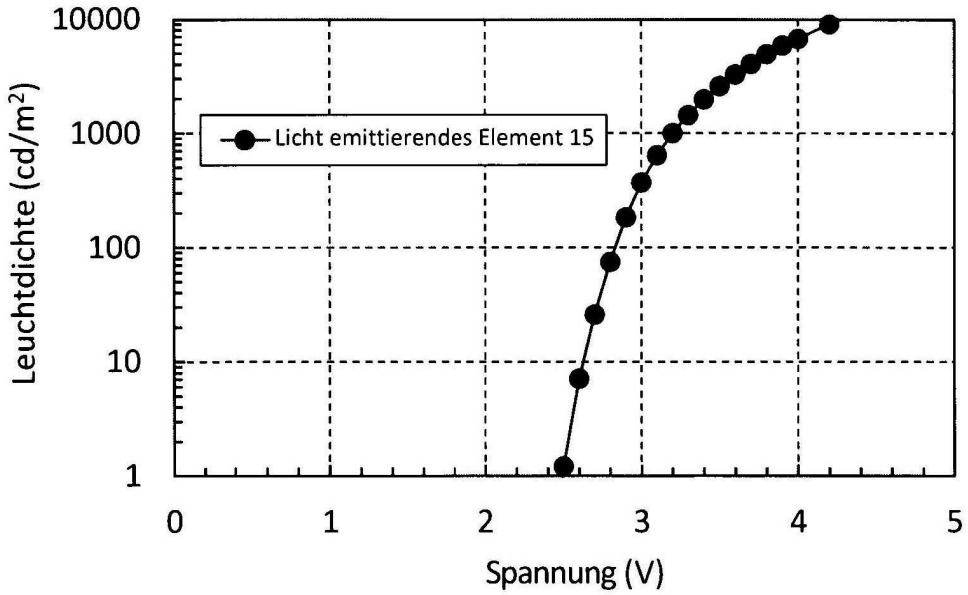


FIG. 103

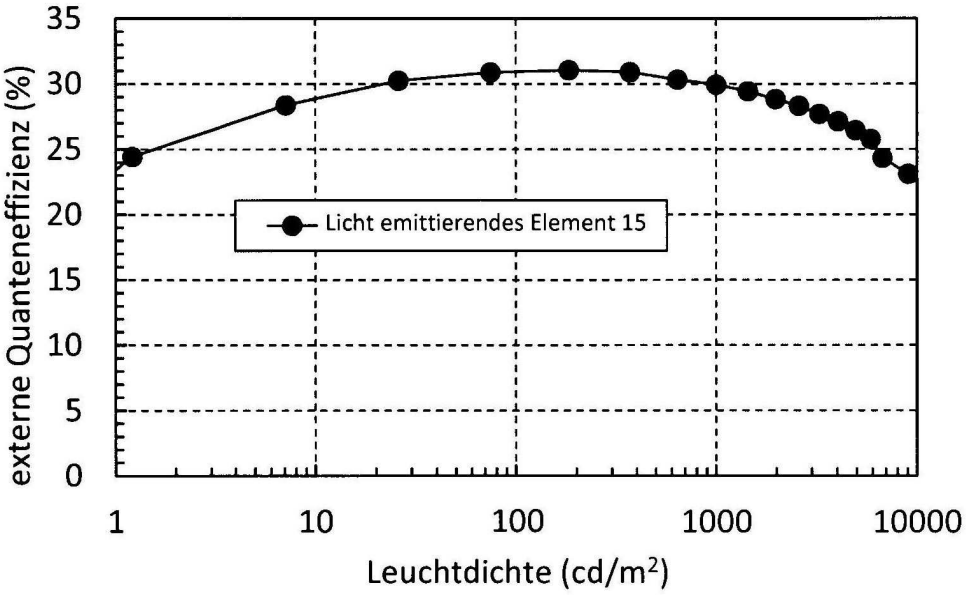


FIG. 104

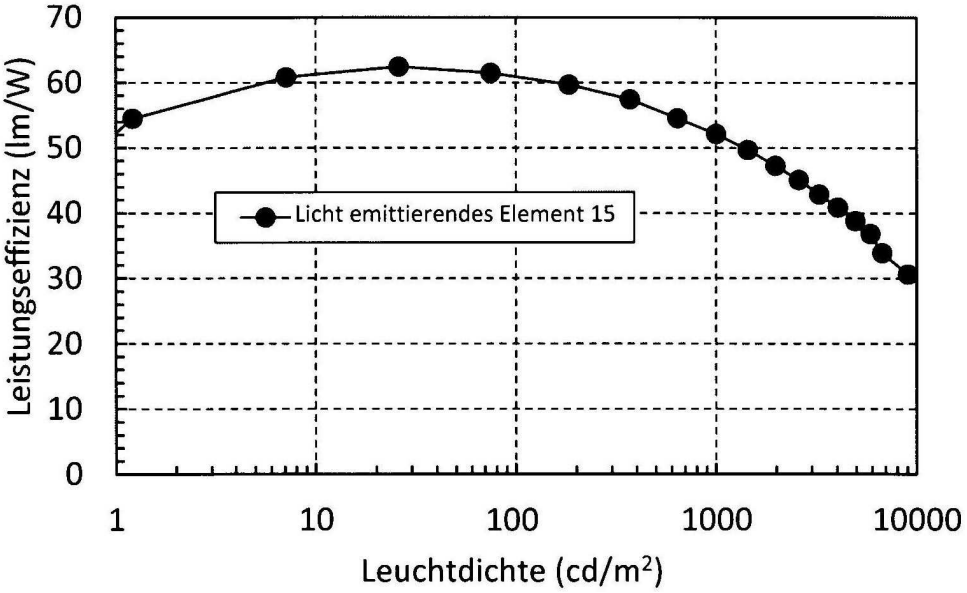


FIG. 105

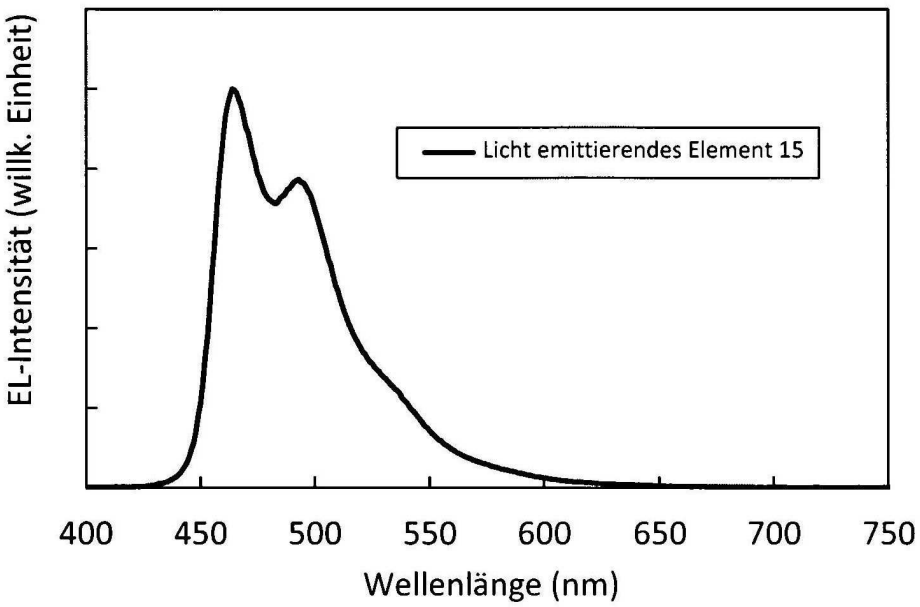

EL-Intensität (willk. Einheit)
Licht emittierendes Element 15
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 106

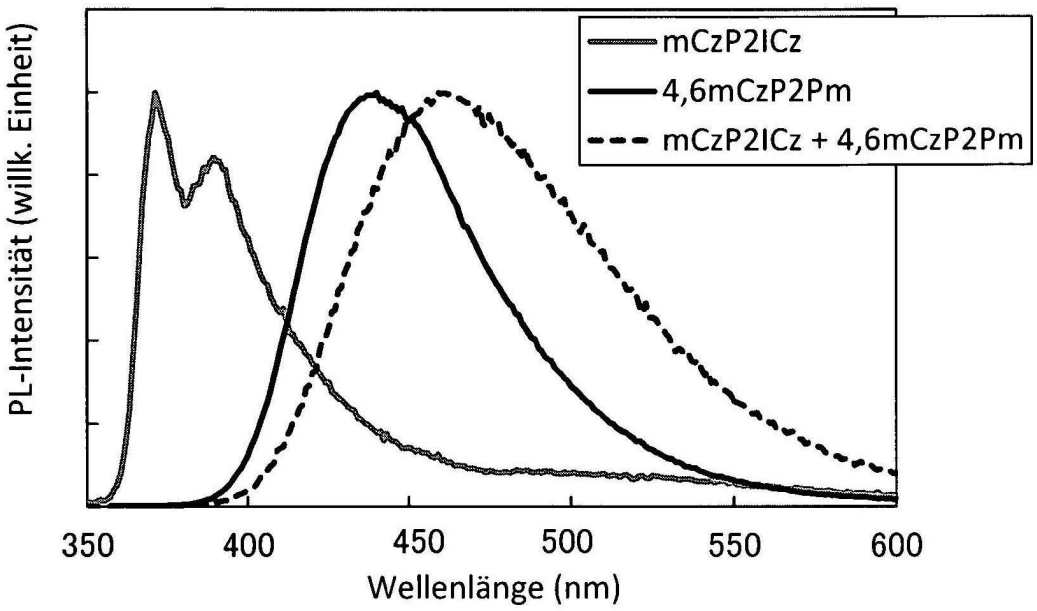

mCzP2ICz
4,6mCzP2Pm
mCzP2ICz + 4,6mCzP2Pm
PL-Intensität (willk. Einheit)
350
400
450
500
550
600
Wellenlänge (nm)

FIG. 107

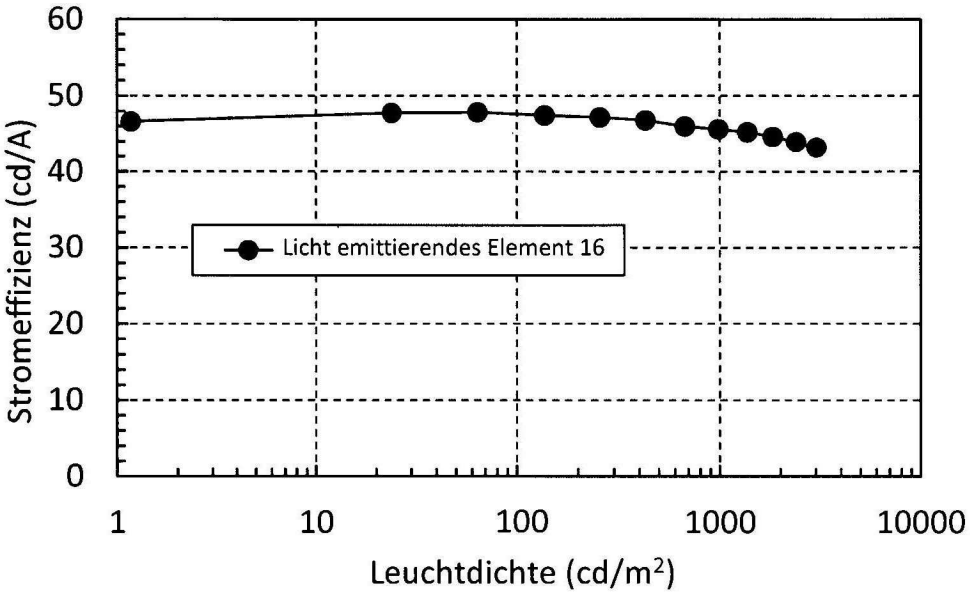


FIG. 108

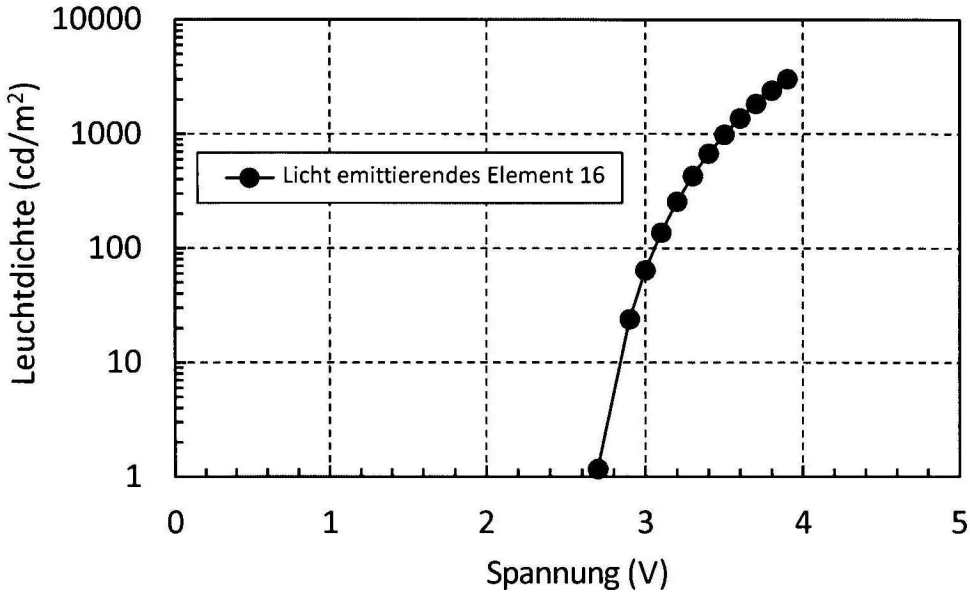


FIG. 109

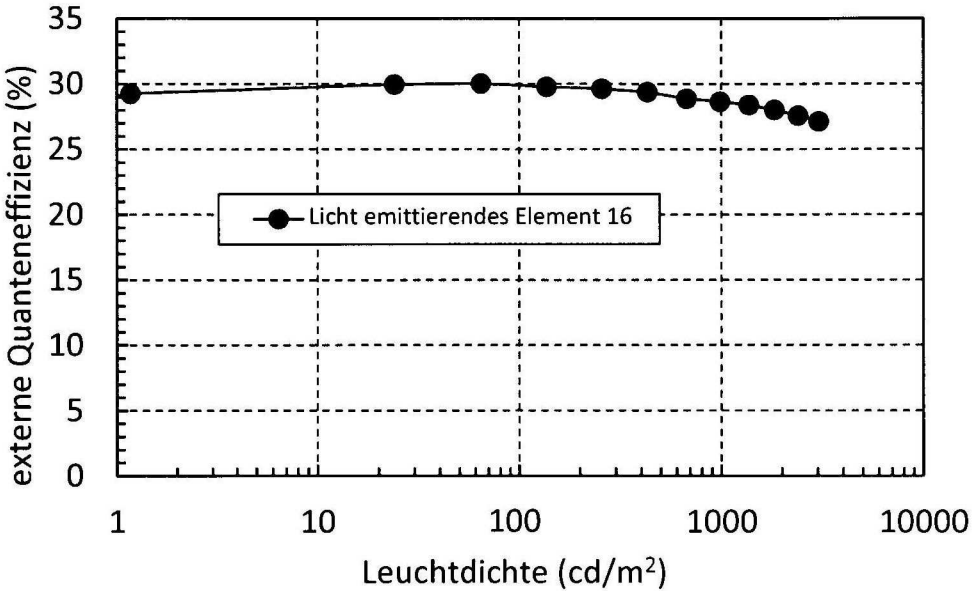


FIG. 110

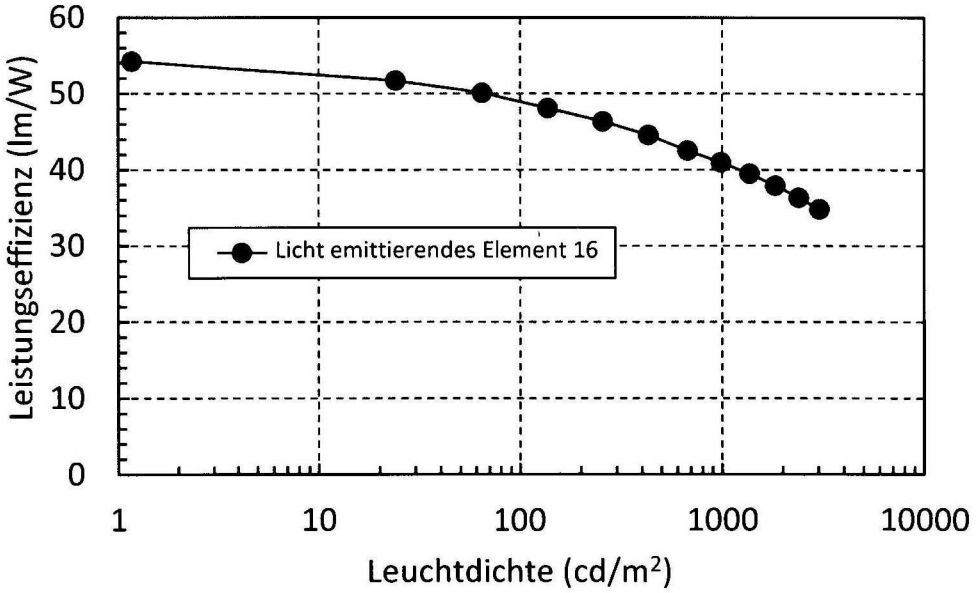


FIG. 111

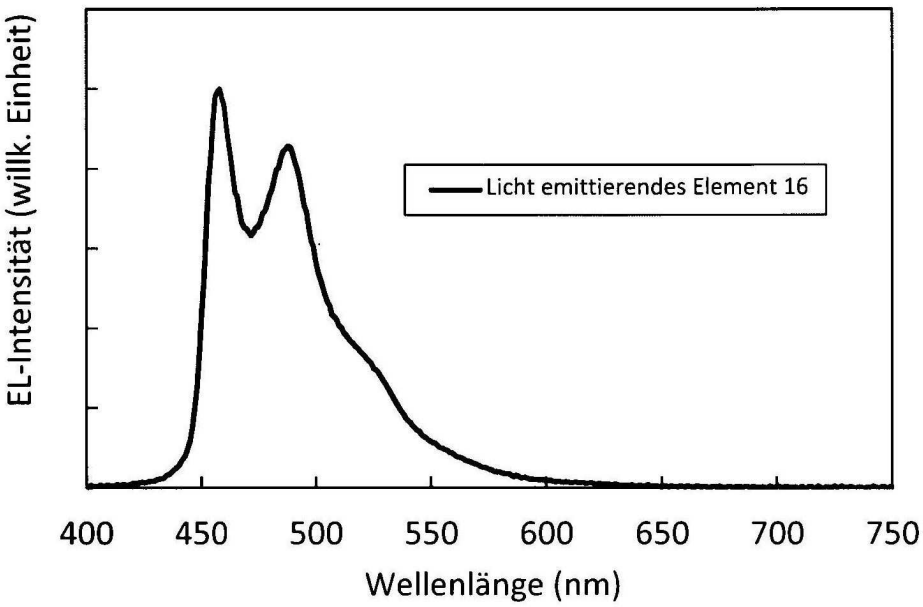

EL-Intensität (willk. Einheit)
Licht emittierendes Element 16
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 112

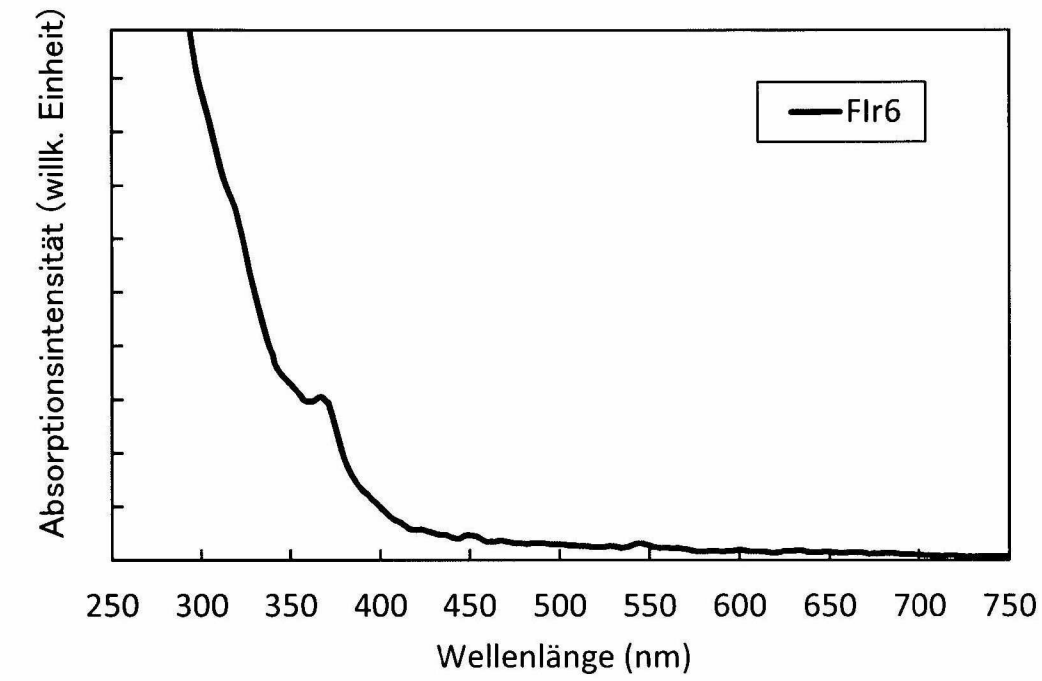

Absorptionsintensität (willk. Einheit)
FIr6
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wellenlänge (nm)

FIG. 113

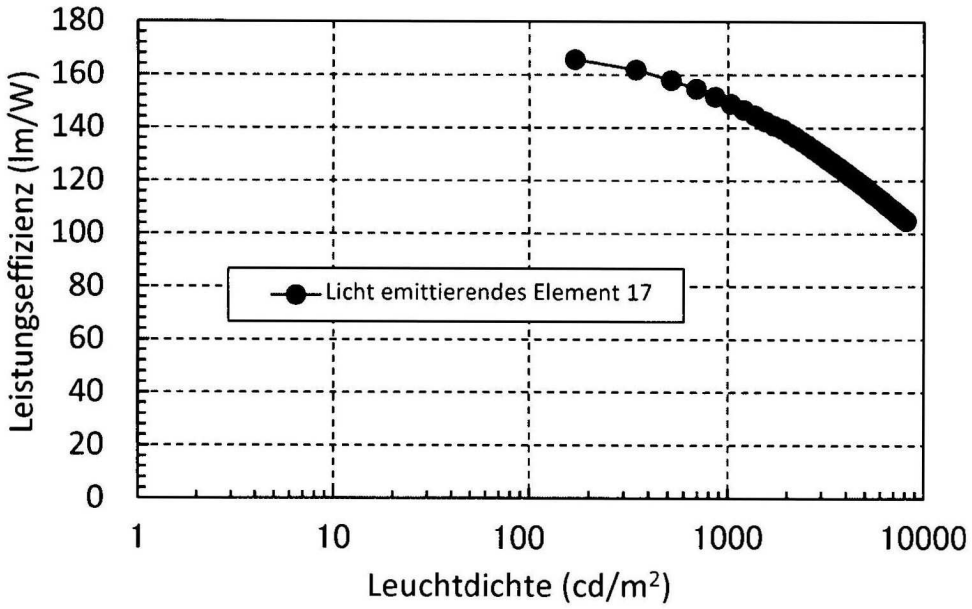


FIG. 114

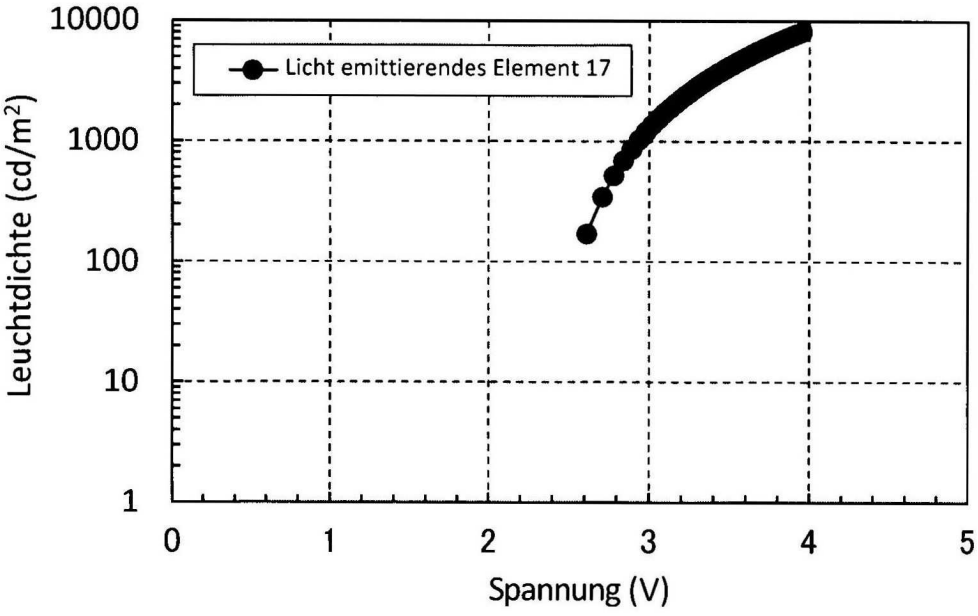


FIG. 115

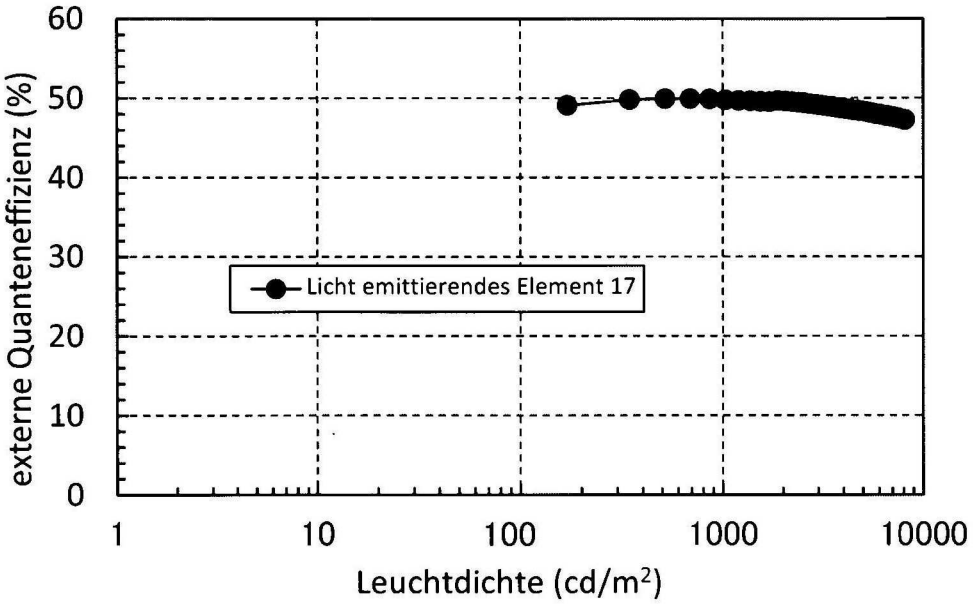


FIG. 116

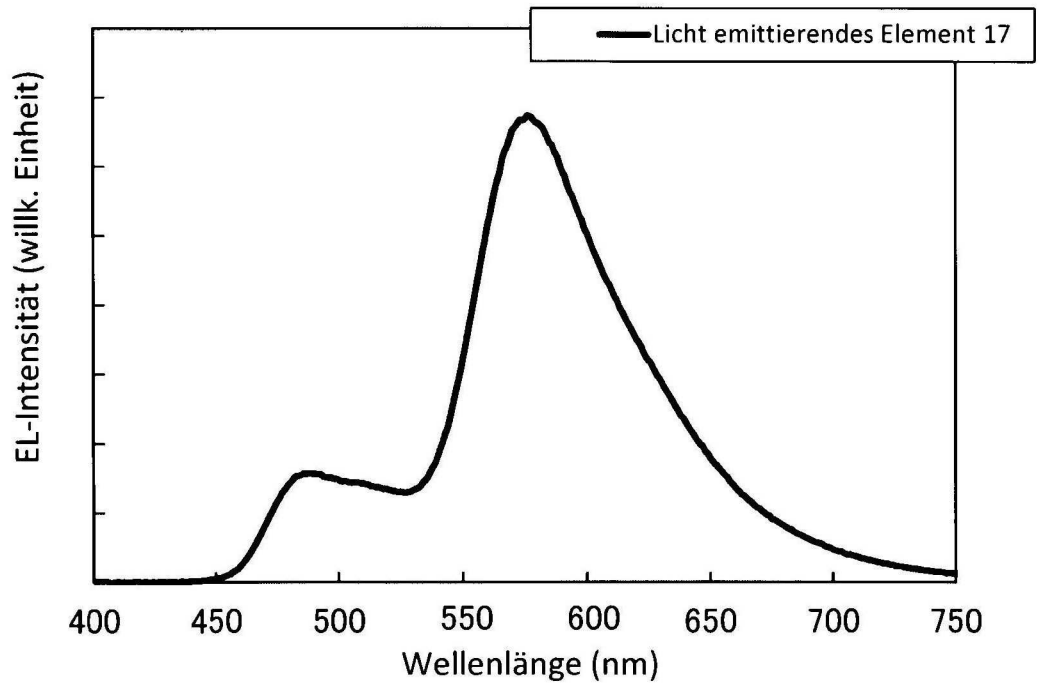


FIG. 117

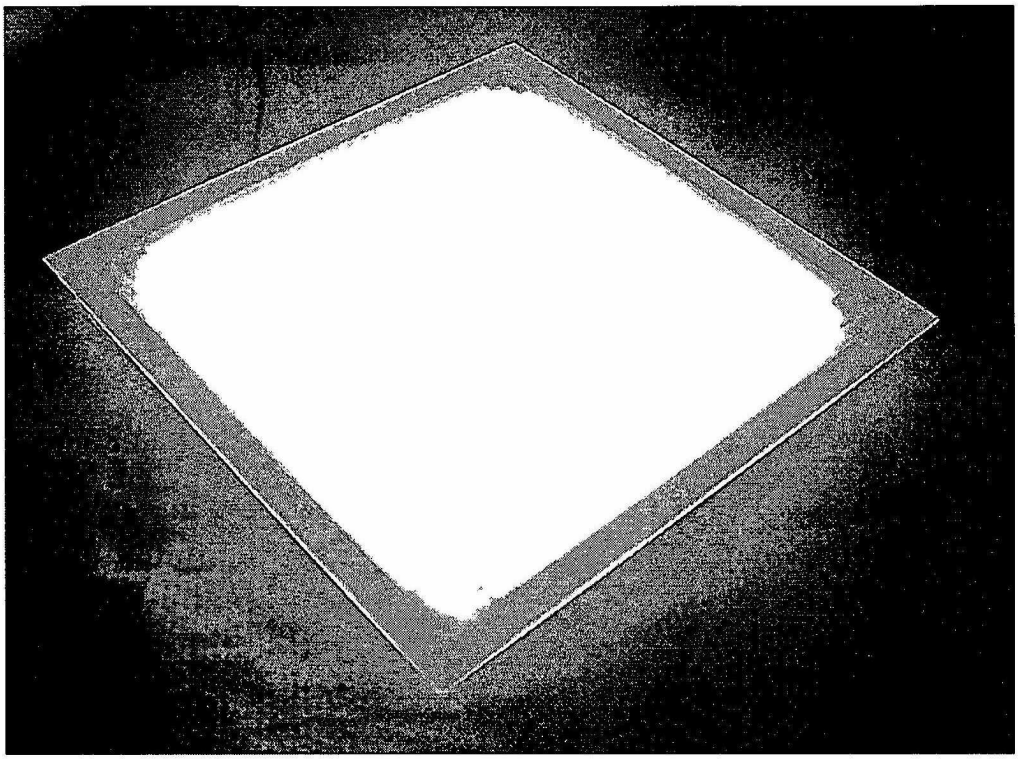


FIG. 118

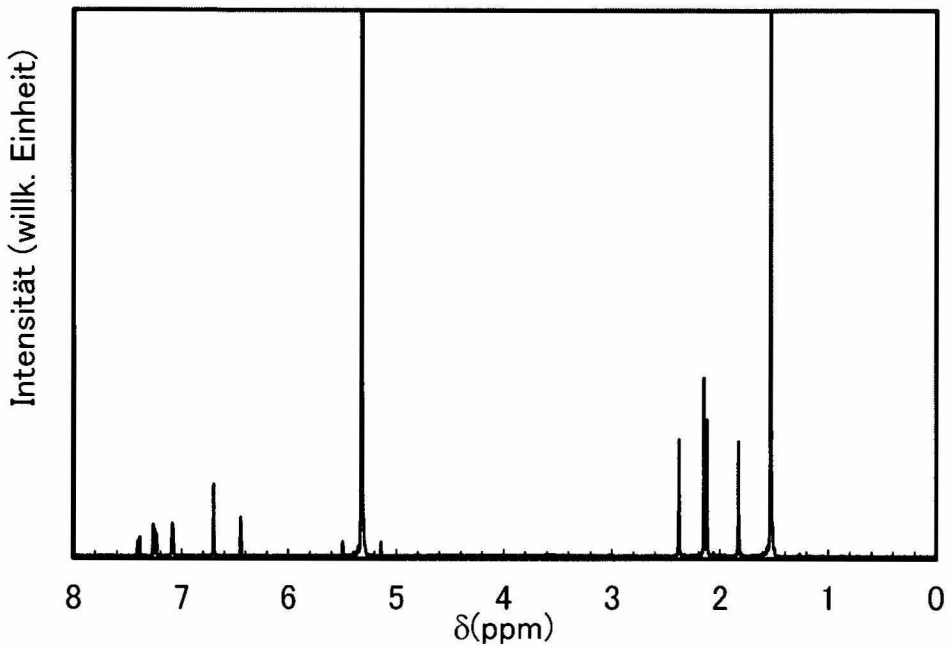
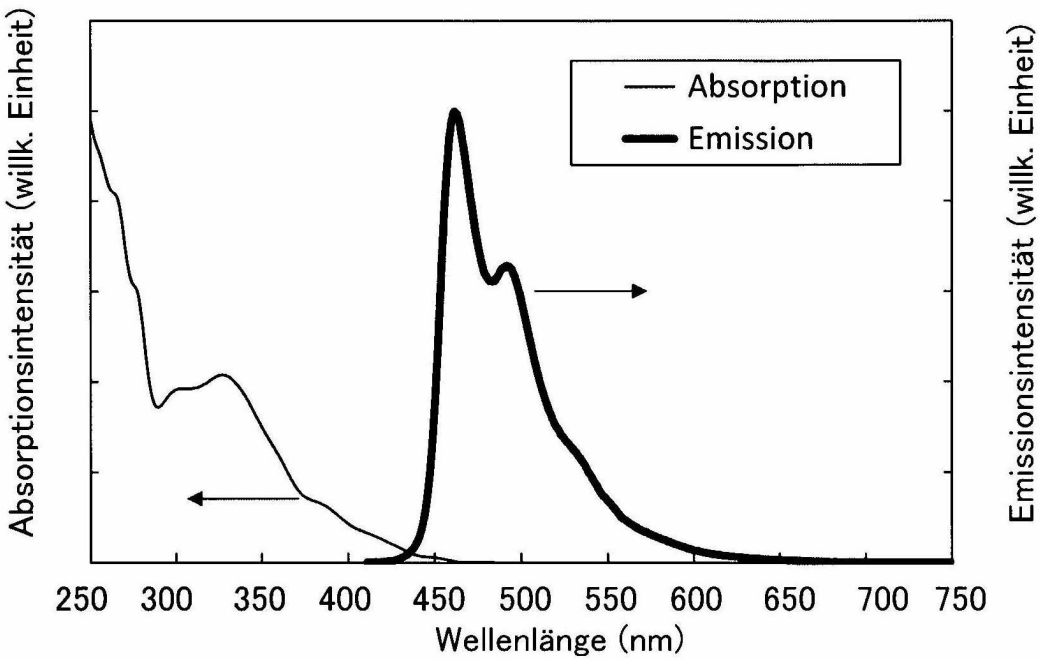


FIG. 119



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.