



(10) **DE 10 2016 211 086 B4** 2025.02.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 211 086.1**
(22) Anmeldetag: **22.06.2016**
(43) Offenlegungstag: **29.12.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.02.2025**

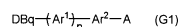
(51) Int Cl.: **C07D 493/04** (2006.01)
C07D 405/10 (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01)
H10K 85/60 (2023.01)
H10K 50/11 (2023.01)

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).

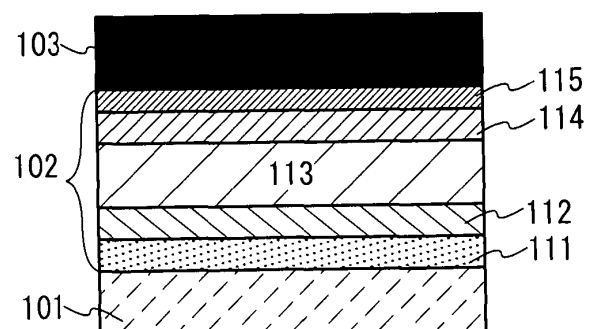
(30) Unionspriorität: 2015-127571 25.06.2015 JP	(72) Erfinder: Kawakami, Sachiko, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Ishiguro, Yoshimi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Takahashi, Tatsuyoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Hamada, Takao, Takaoka-shi, Toyama-ken, JP; Seo, Hiromi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP
(73) Patentinhaber: SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP	(56) Ermittelter Stand der Technik: US 2015 / 0 073 147 A1
(74) Vertreter: Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE	

(54) Bezeichnung: **Heterozyklische Verbindung und deren Verwendung, sowie Licht emittierendes Element und dessen Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Heterozyklische Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G1) dargestellt wird:



wobei DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe darstellt, wobei Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt, wobei n 0 oder 1 darstellt, wobei Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt, und wobei A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobis-benzofuranyl-Gruppe darstellt.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine heterozyklische Verbindung. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ferner ein Licht emittierendes Element, das die heterozyklische Verbindung enthält, sowie dessen Verwendung in einer Licht emittierenden Vorrichtung.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Es wird erwartet, dass ein Licht emittierendes Element, das eine organische Verbindung als Leuchtkörper verwendet und Merkmale, wie z. B. Dünnheit, Leichtigkeit, kurze Ansprechzeiten und Gleichstrombetrieb bei niedriger Spannung, aufweist, auf eine Flachbildschirmanzeige der nächsten Generation angewendet wird. Insbesondere wird davon ausgegangen, dass eine Anzeigevorrichtung, bei der Licht emittierende Elemente in einer Matrix angeordnet sind, gegenüber einer herkömmlichen Flüssigkristallanzeigevorrichtung dahingehend vorteilhaft ist, dass sie einen breiten Blickwinkel und eine ausgezeichnete Sichtbarkeit aufweist.

[0003] Es wird gesagt, dass der Lichtemissionsmechanismus eines Licht emittierenden Elements wie folgt ist: Wenn eine Spannung zwischen einem Paar von Elektroden angelegt wird, wobei eine einen Leuchtkörper enthaltende EL-Schicht dazwischen bereitgestellt ist, rekombinieren Elektronen, die von der Kathode injiziert werden, und Löcher, die von der Anode injiziert werden, in dem Lichtemissionszentrum der EL-Schicht, um molekulare Exzitonen zu bilden, und wenn die molekularen Exzitonen in den Grundzustand zurückfallen, wird Energie freigesetzt und Licht wird emittiert. Ein Singulett-Anregungszustand und ein Triplett-Anregungszustand sind als Anregungszustände bekannt, und es wird davon ausgegangen, dass eine Lichtemission durch jeden der Anregungszustände erhalten werden kann.

[0004] Eine organische Verbindung wird hauptsächlich bei einer EL-Schicht eines derartigen Licht emittierenden Elements verwendet, und sie beeinflusst eine Verbesserung der Eigenschaften des Licht emittierenden Elements im großen Maße. Aus diesem Grund sind verschiedene neuartige organische Verbindungen entwickelt worden (siehe z. B. Patentdokumente 1 und 2).

[Referenz]

[Patentdokumente]

[Patentdokument 1] JP 2007-189001 A

[Patentdokument 2] US 2015/0073147 A1

Zusammenfassung der Erfindung

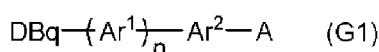
[0005] Verbindungen, die einen Dibenzo[f,h]chinoxalin-Ring aufweisen und im Patentdokument 1 angegeben worden sind, weisen planare Strukturen auf und werden demzufolge leicht kristallisiert, was ein Problem darstellt. Ein Licht emittierendes Element, bei dem eine Verbindung verwendet wird, die leicht kristallisiert wird, weist eine kurze Lebensdauer auf. Des Weiteren könnte sich das konjugierte System ausdehnen, was zu einer Verringerung der Triplett-Anregungsenergie führt, falls ein weiteres Gerüst direkt an den Dibenzo[f,h]chinoxalin-Ring gebunden wird, so dass die Verbindung eine dreidimensionale voluminöse Struktur aufweist. Wenn sich die Triplett-Anregungsenergie verringert, verringert sich die Emissionseffizienz, was eine Verschlechterung der Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements zur Folge hat, bei dem eine derartige Verbindung zum Einsatz kommt.

[0006] In Anbetracht des Vorstehenden stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine neuartige heterozyklische Verbindung bereit. Im Besonderen stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine neuartige heterozyklische Verbindung bereit, die die Elementeigenschaften eines Licht emittierenden Elements verbessern kann. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige heterozyklische Verbindung mit hoher Emissionseffizienz und hoher Wärmebeständigkeit bereit. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige heterozyklische Verbindung bereit, die bei einem Licht emittierenden Element zum Einsatz kommen kann. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige heterozyklische Verbindung bereit, die bei einer EL-Schicht

eines Licht emittierenden Elements zum Einsatz kommen kann. Im Besonderen stellt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element mit hoher Wärmebeständigkeit, ein Licht emittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz und niedrigem Stromverbrauch oder ein Licht emittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereit. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt ein neuartiges Licht emittierendes Element bereit. Es sei angemerkt, dass die Beschreibungen dieser Aufgaben dem Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht im Wege stehen. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es unnötig, sämtliche dieser Aufgaben zu erfüllen. Weitere Aufgaben werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

[0007] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine heterozyklische Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G1) dargestellt wird.

[Chemische Formel 1]

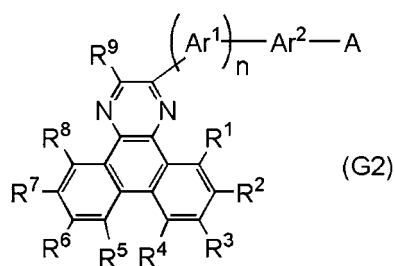


[0008] In der allgemeinen Formel (G1) stellt DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe dar, stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar, stellt Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe dar. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar^1 und Ar^2 dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergelagert werden, um einen Ring zu bilden.

[0009] Unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in der Benzobisbenzofuranyl-Gruppe bilden, ist ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an Ar^2 gebunden. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar^1 und Ar^2 dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergelagert sein, um einen Ring zu bilden.

[0010] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine heterozyklische Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G2) dargestellt wird.

[Chemische Formel 2]



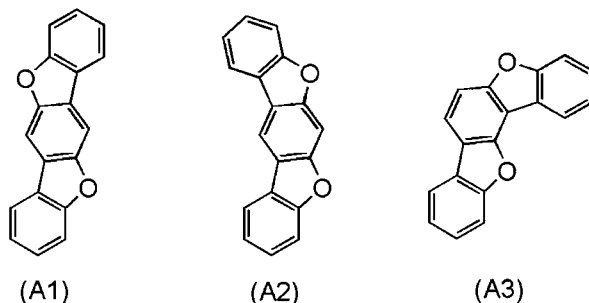
[0011] In der allgemeinen Formel (G2) stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe dar, stellen R^1 bis R^9 unabhängig voneinander eines von Wasserstoff, einer Alkyl-Gruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer substituierten oder nicht substituierten Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar und stellt Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar^1 und Ar^2 dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergelagert sein, um einen Ring zu bilden.

[0012] In jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen der allgemeinen Formel (G1) oder der allgemeinen Formel (G2) stellt Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte Phenylen-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyldiyl-Gruppe dar, und das n stellt 0 dar.

[0013] In jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen der allgemeinen Formel (G1) oder der allgemeinen Formel (G2) stellt Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte m-Phenylen-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyl-3,3'-diyl-Gruppe dar, und das n stellt 0 dar.

[0014] Bei jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen handelt es sich bei dem A in der allgemeinen Formel (G1) oder der allgemeinen Formel (G2) um eine beliebige der allgemeinen Formeln (A1) bis (A3), und unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) bilden, ist ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an Ar^2 gebunden.

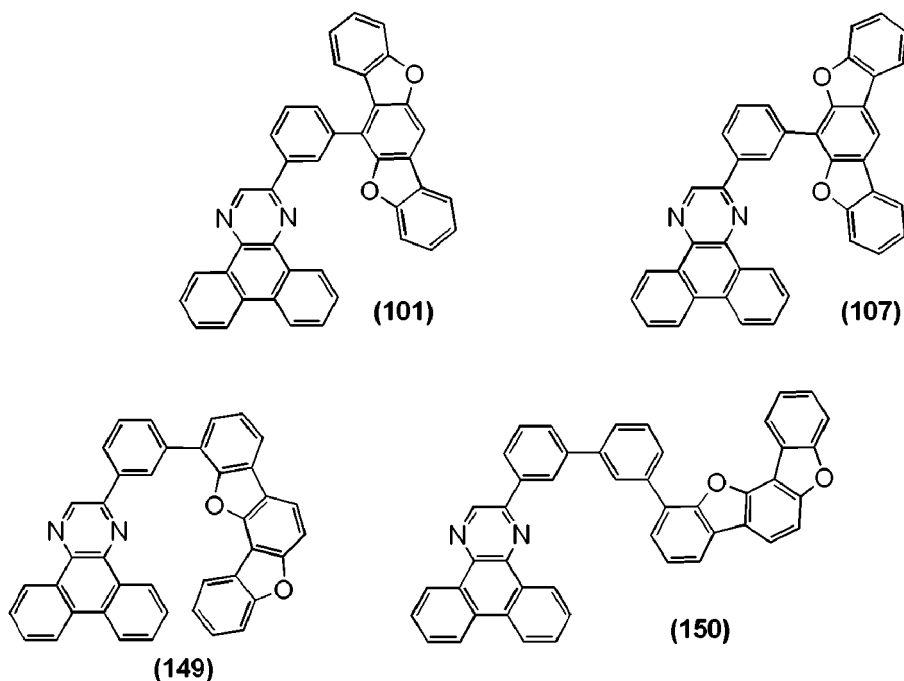
[Chemische Formeln 3]



[0015] In den allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) kann ein Benzolring Substituenten aufweisen, bei denen es sich um eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen handelt.

[0016] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine heterozyklische Verbindung, die durch eine Strukturformel (101), eine Strukturformel (107), eine Strukturformel (149) oder eine Strukturformel (150) dargestellt wird.

[Chemische Formeln 4]



[0017] Da es sich bei den vorstehend beschriebenen heterozyklischen Verbindungen der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung um Materialien mit hohen T1 Niveaus handelt, können sie jeweils als Wirtsmaterial verwendet werden, das in der Lage ist, in Kombination mit einer Licht emittierenden Substanz (Dotierstoff), wie z. B. einem phosphoreszierenden Material, verwendet zu werden.

[0018] Bei der heterozyklischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein Material mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, und somit kann sie bei einer Elektronentransportschicht oder dergleichen sowie bei einer Licht emittierenden Schicht in einer EL-Schicht eines Licht emittierenden Elements verwendet werden. Des Weiteren handelt es sich bei der heterozyklischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine Licht emittierende Substanz, und somit kann sie als Licht emittierende Substanz sowie als Wirtsmaterial verwendet werden, das in Kombination mit einer Licht emittierenden Substanz, wie z. B. einem phosphoreszierenden Material, in einer Licht emittierenden Schicht verwendet wird.

[0019] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein Licht emittierendes Element, das eine heterozyklische Verbindung enthält, bei der eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxalanyl-Gruppe durch eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe an eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe gebunden ist.

[0020] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein Licht emittierendes Element, das eine heterozyklische Verbindung enthält, bei der eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxalanyl-Gruppe durch eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe an eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe gebunden ist und bei der unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in der Benzobisbenzofuranyl-Gruppe bilden, ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an die Arylen-Gruppe gebunden ist.

[0021] Bei jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen umfasst das Licht emittierende Element eine Licht emittierende Schicht, und die Licht emittierende Schicht enthält die heterozyklische Verbindung und eine Licht emittierende Substanz.

[0022] Die vorliegende Erfindung umfasst in ihrem Anwendungsbereich die Verwendung der erfindungsgemäßen heterozyklischen Verbindung in einem Licht emittierenden Element, sowie die Verwendung des erfindungsgemäßen Licht emittierenden Elements in einer Licht emittierenden Vorrichtung, die einen Transistor umfasst. Die Licht emittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung bezieht sich auf eine Bildanzeigevorrichtung und eine Lichtquelle (z. B. eine Beleuchtungsvorrichtung). Außerdem umfasst die Licht emittierende Vorrichtung in ihrer Kategorie alle der folgenden Module: ein Modul, bei dem ein Verbinder, wie z. B. eine flexible gedruckte Schaltung (flexible printed circuit, FPC) oder ein Tape Carrier Package (TCP) mit einer Licht emittierenden Vorrichtung verbunden ist, ein Modul, bei dem eine gedruckte Leiterplatte am Ende eines TCP bereitgestellt ist, und ein Modul, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) durch ein Chip-on-Glass- (COG-) Verfahren direkt an einem Licht emittierenden Element montiert ist.

[0023] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige heterozyklische Verbindung bereitgestellt werden. Im Besonderen kann eine neuartige heterozyklische Verbindung bereitgestellt werden, die die Elementeigenschaften eines Licht emittierenden Elements verbessern kann. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige heterozyklische Verbindung mit hoher Emissionseffizienz und hoher Wärmebeständigkeit bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige heterozyklische Verbindung bereitgestellt werden, die bei einem Licht emittierenden Element zum Einsatz kommen kann. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige heterozyklische Verbindung bereitgestellt werden, die bei einer EL-Schicht eines Licht emittierenden Elements zum Einsatz kommen kann. Im Besonderen kann bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element mit hoher Wärmebeständigkeit, ein Licht emittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz und niedrigem Stromverbrauch oder ein Licht emittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereitgestellt werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein neuartiges Licht emittierendes Element bereitgestellt werden. Auf Grundlage der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung, ein neuartiges elektronisches Gerät oder eine neuartige Beleuchtungsvorrichtung bereitgestellt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1A und **Fig. 1B** stellen Strukturen Licht emittierender Elemente dar.

Fig. 2A und **Fig. 2B** stellen Strukturen Licht emittierender Elemente dar.

Fig. 3A bis **Fig. 3C** stellen Licht emittierende Vorrichtungen dar.

Fig. 4A und **Fig. 4B** stellen eine Licht emittierende Vorrichtung dar.

Fig. 5A1, Fig. 5A2, Fig. 5B, Fig. 5C, Fig. 5D1, Fig. 5D2 und Fig. 5D3 stellen elektronische Geräte dar.

Fig. 6A bis Fig. 6C stellen ein elektronisches Gerät dar.

Fig. 7A und Fig. 7B stellen ein Fahrzeug dar.

Fig. 8A bis Fig. 8D stellen Beleuchtungsrichtungen dar.

Fig. 9 stellt Beleuchtungsrichtungen dar.

Fig. 10A und Fig. 10B stellen ein Beispiel für einen Touchscreen dar.

Fig. 11A und Fig. 11B stellen ein Beispiel für einen Touchscreen dar.

Fig. 12A und Fig. 12B stellen ein Beispiel für einen Touchscreen dar.

Fig. 13A und Fig. 13B sind ein Blockdiagramm und ein Ablaufplan eines Berührungssensors.

Fig. 14 ist ein Schaltplan eines Berührungssensors.

Fig. 15A und Fig. 15B zeigen ein ^1H -NMR-Spektrum einer heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird.

Fig. 16A und Fig. 16B zeigen UV/VIS- (ultraviolet-visible) Absorptionsspektren und Emissionsspektren der heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird.

Fig. 17A und Fig. 17B zeigen ein ^1H -NMR-Spektrum einer heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (107) dargestellt wird.

Fig. 18A und Fig. 18B zeigen UVNIS-Absorptionsspektren und Emissionsspektren der heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (107) dargestellt wird.

Fig. 19A und Fig. 19B zeigen ein ^1H -NMR-Spektrum einer heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (149) dargestellt wird.

Fig. 20A und Fig. 20B zeigen UVNIS-Absorptionsspektren und Emissionsspektren der heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (149) dargestellt wird.

Fig. 21A und Fig. 21B zeigen ein ^1H -NMR-Spektrum einer heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (150) dargestellt wird.

Fig. 22A und Fig. 22B zeigen UVNIS-Absorptionsspektren und Emissionsspektren der heterozyklischen Verbindung, die durch die Strukturformel (150) dargestellt wird.

Fig. 23 stellt ein Licht emittierendes Element dar.

Fig. 24 zeigt Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

Fig. 25 zeigt Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

Fig. 26 zeigt Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

Fig. 27 zeigt Spannungs-Strom-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

Fig. 28 zeigt Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

Fig. 29 zeigt die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

Fig. 30 zeigt die Veränderung über die Zeit der externen Quanteneffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 und eines Licht emittierenden Vergleichselements 5.

Fig. 31 zeigt Massenspektren von 2mBbfPDBq.

Fig. 32 zeigt Massenspektren von 2mBbfPDBq.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0024] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die nachfolgende Beschreibung beschränkt ist und dass ihre Modi und Details auf verschiedene Weise verändert werden können, ohne vom Wesen und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Dementsprechend sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf die Beschreibung der nachfolgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

[0025] Es sei angemerkt, dass die Begriffe „Film“ und „Schicht“ je nach Sachlage miteinander ausgetauscht werden können. Beispielsweise kann in einigen Fällen der Begriff „leitfähiger Film“ anstatt des Begriffs „leitfähige Schicht“ verwendet werden, und der Begriff „Isolierschicht“ kann anstatt des Begriffs „Isolierfilm“ verwendet werden.

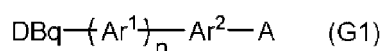
(Ausführungsform 1)

[0026] Bei dieser Ausführungsform wird eine heterozyklische Verbindung beschrieben, bei der es sich um eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt.

[0027] Bei der heterozyklischen Verbindung, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, ist eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe durch eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe an eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe gebunden.

[0028] Es ist allgemein bekannt, dass dann, wenn die Anzahl an kondensierten Ringen, die eine Molekularstruktur einer organischen Verbindung bilden, ansteigt, die organische Verbindung mit mehr kondensierten Ringen eine verbesserte Wärmebeständigkeit bei gleichzeitigem Anstieg des Molekulargewichts aufweist, und es kann eine lange Lebensdauer erwartet werden, wenn die organische Verbindung für ein Licht emittierendes Element verwendet wird. Wenn die Anzahl an kondensierten Ringen ansteigt, wird die Molekularstruktur jedoch planarer. Demzufolge werden die Wärmebeständigkeit und Triplett-Anregungsenergie (T1-Niveau) der organischen Verbindung verringert, da ein Dünnschicht aus der organischen Verbindung beispielsweise leicht kristallisiert wird, und die Synthese und die Reinigung der organischen Verbindung werden schwieriger auf Grund einer Verringerung der Löslichkeit der organischen Verbindung. Im Gegensatz dazu kann die heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Verbindung bereitstellen, die ein hohes T1-Niveau aufweist, indem sich ein Gerüst eines organischen Moleküls mit einem kondensierten Ring, der ein Heteroatom enthält, ausdehnt. Des Weiteren sind die Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe und die Benzobisbenzofuranyl-Gruppe, die sehr planar sind, durch die Arylen-Gruppe aneinandergebunden, was zu einer voluminösen Verbindung führt, die die Kristallisation unterdrücken sowie eine Verbesserung der Wärmebeständigkeit erzielen kann. Demzufolge weist die heterozyklische Verbindung, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, eine Struktur auf, die durch die folgende allgemeine Formel (G1) dargestellt wird.

[Chemische Formel 5]



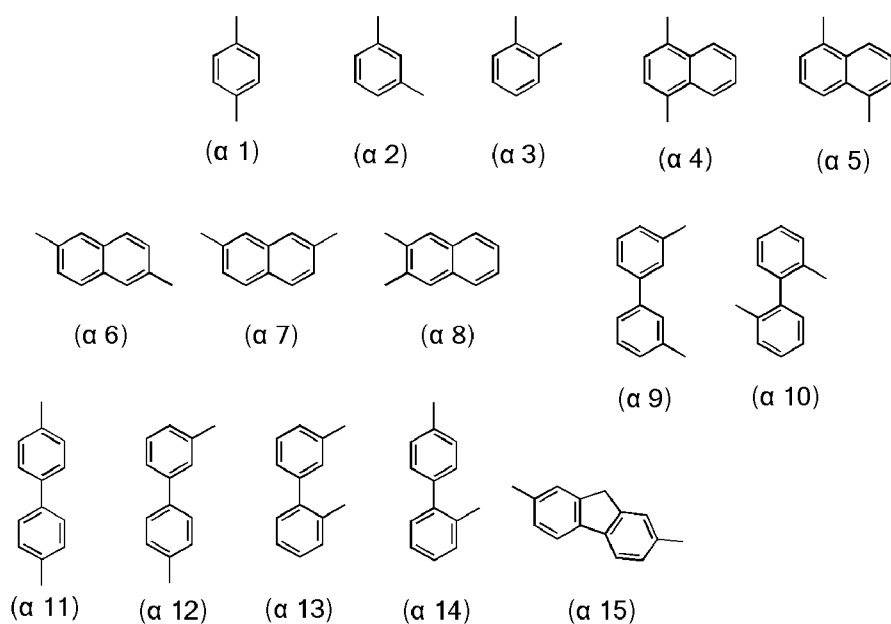
[0029] In der allgemeinen Formel (G1) stellt DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe dar, stellt Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar, stellt Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe dar. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar¹ und Ar² dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergebunden sein, um einen Ring zu bilden.

[0030] Bei einer weiteren Struktur der heterozyklischen Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, stellt DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe dar, stellt Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar, stellt Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe dar. Unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in der Benzobisbenzofuranyl-Gruppe bilden, ist ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an Ar² gebunden. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar¹ und Ar² dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergebunden werden, um einen Ring zu bilden.

[0031] Beispiele für die Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen in der allgemeinen Formel (G1), die durch Ar¹ oder Ar² dargestellt wird, umfassen eine substituierte oder nicht substituierte Phenylen-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Naphthalendiyl-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte

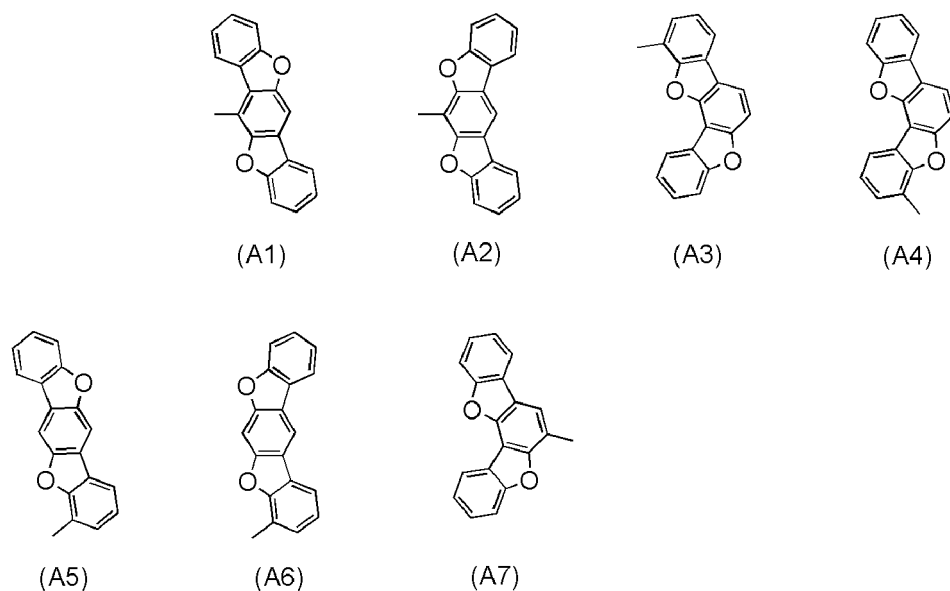
Biphenyldiyl-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Fluoren-diyl-Gruppe und dergleichen, insbesondere eine Arylen-Gruppe, die beispielsweise durch die folgenden Strukturformeln ($\alpha 1$) bis ($\alpha 15$) dargestellt wird.

[Chemische Formeln 6]



[0032] In der allgemeinen Formel (G1) wird bei der substituierten oder nicht substituierten Benzobisbenzofuranyl-Gruppe, die durch A dargestellt wird, die nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe durch eine beliebige der folgenden allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) dargestellt.

[Chemische Formeln 7]



[0033] In dem Fall, in dem die Benzobisbenzofuranyl-Gruppe, die durch A dargestellt wird, in der allgemeinen Formel (G1) einen Substituenten aufweist, kann ein Benzolring in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) einen Substituenten enthalten. Beispiele für den Substituenten umfassen eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen und eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen.

[0034] In dem Fall, in dem als Substituent in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen verwendet wird, umfassen konkrete Beispiele eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine sek-Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine Pentyl-Gruppe, eine Isopentyl-Gruppe, eine sek-Pentyl-Gruppe, eine tert-Pentyl-Gruppe, eine Neopentyl-Gruppe, eine Hexyl-Gruppe, eine Isohexyl-Gruppe, eine sek-Hexyl-Gruppe, eine tert-Hexyl-Gruppe, eine Neohexyl-Gruppe, eine 3-Methylpentyl-Gruppe, eine 2-Methylpentyl-Gruppe, eine 2-Ethylbutyl-Gruppe, eine 1,2-Dimethylbutyl-Gruppe und eine 2,3-Dimethylbutyl-Gruppe.

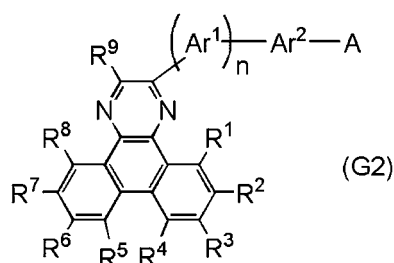
[0035] In dem Fall, in dem als Substituent in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) eine Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen verwendet wird, umfassen konkrete Beispiele eine Cyclopentyl-Gruppe, eine Cyclohexyl-Gruppe und eine Cycloheptyl-Gruppe.

[0036] Des Weiteren umfassen in dem Fall, in dem als Substituent in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen verwendet wird, konkrete Beispiele eine Phenyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Fluorenyl-Gruppe und eine Indenyl-Gruppe.

[0037] Der Begriff „Substituent“ umfasst in der allgemeinen Formel (G1) vorzugsweise einen Substituenten, wie z. B. die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, beispielsweise eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine n-Propyl-Gruppe, eine iso-Propyl-Gruppe, eine sek-Butyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine n-Pentyl-Gruppe oder eine n-Hexyl-Gruppe, oder einen Substituenten, wie z. B. eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, beispielsweise eine Phenyl-Gruppe, eine o-Tolyl-Gruppe, eine m-Tolyl-Gruppe, eine p-Tolyl-Gruppe, eine 1-Naphthyl-Gruppe, eine 2-Naphthyl-Gruppe, eine 2-Biphenyl-Gruppe, eine 3-Biphenyl-Gruppe oder eine 4-Biphenyl-Gruppe. Diese Substituenten können aneinandergebunden werden, um einen Ring zu bilden. In dem Fall, in dem beispielsweise die Fluorendiyl-Gruppe, bei der es sich um eine Arylen-Gruppe handelt, eine 9,9-Diphenyl-9H-fluoren-2,7-diyl-Gruppe mit zwei Phenyl-Gruppen an der 9-Position als Substituent ist, können die Phenyl-Gruppen aneinandergebunden sein, um eine Spiro-9,9'-bifluoren-2,7-diyl-Gruppe zu bilden.

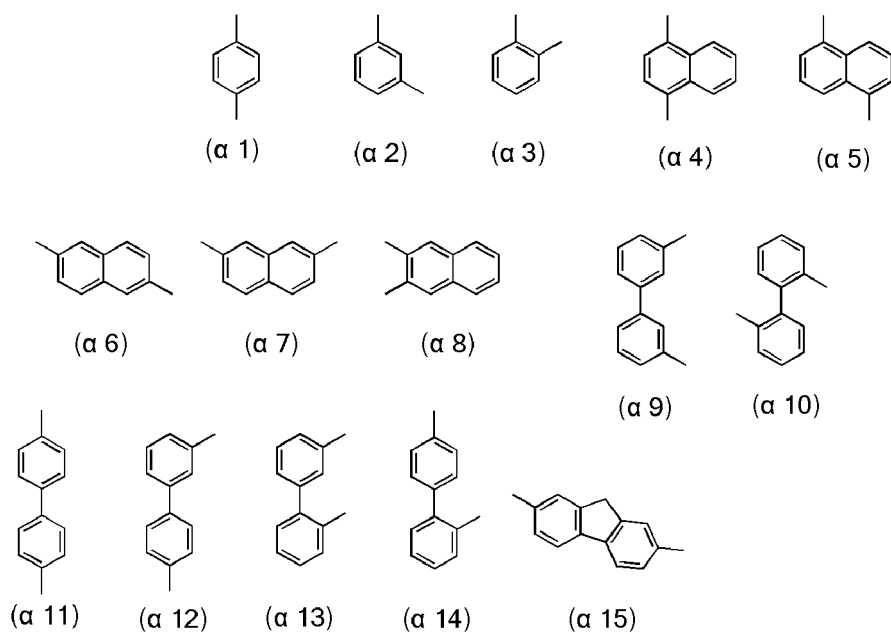
[0038] Eine weitere Struktur der heterozyklischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird durch die folgende allgemeine Formel (G2) dargestellt.

[Chemische Formel 8]

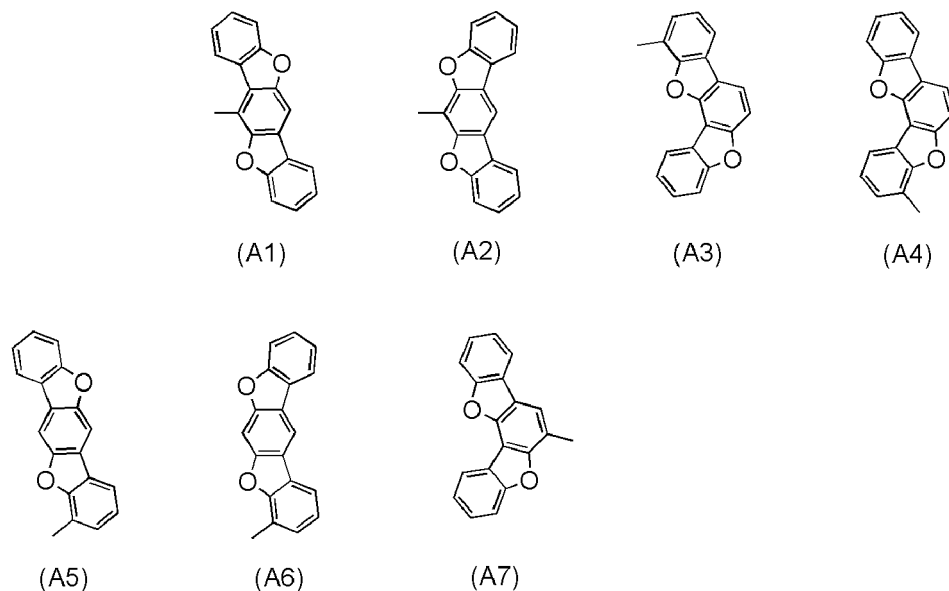


[0039] In der allgemeinen Formel (G2) stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuran-yl-Gruppe dar, stellen R¹ bis R⁹ unabhängig voneinander eines von Wasserstoff, einer Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen und einer substituierten oder nicht substituierten Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoff-Atomen dar, stellt Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar und stellt Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar¹ und Ar² dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergebunden sein, um einen Ring zu bilden.

[0040] Bei einem konkreten Beispiel der Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen in der allgemeinen Formel (G2), die durch Ar¹ oder Ar² dargestellt wird, handelt es sich um die Arylen-Gruppe, die beispielsweise durch die folgenden Strukturformeln ($\alpha 1$) bis ($\alpha 15$) dargestellt wird.

[Chemische Formeln 9]

[0041] In allgemeinen Formel (G2) wird bei der substituierten oder nicht substituierten Benzobisbenzofuranyl-Gruppe der, die durch A dargestellt wird, die nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe durch eine beliebige der folgenden allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) dargestellt.

[Chemische Formeln 10]

[0042] In dem Fall, in dem die Benzobisbenzofuranyl-Gruppe, die durch A dargestellt wird, in der allgemeinen Formel (G2) einen Substituenten aufweist, kann ein Benzolring in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) einen Substituenten enthalten. Beispiele für den Substituenten umfassen eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen und eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen.

[0043] In dem Fall, in dem als Substituent in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen verwendet wird, umfassen konkrete Beispiele eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-

Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine sek-Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine Pentyl-Gruppe, eine Isopentyl-Gruppe, eine sek-Pentyl-Gruppe, eine tert-Pentyl-Gruppe, eine Neopentyl-Gruppe, eine Hexyl-Gruppe, eine Isohexyl-Gruppe, eine sek-Hexyl-Gruppe, eine tert-Hexyl-Gruppe, eine Neoheptyl-Gruppe, eine 3-Methylpentyl-Gruppe, eine 2-Methylpentyl-Gruppe, eine 2-Ethylbutyl-Gruppe, eine 1,2-Dimethylbutyl-Gruppe und eine 2,3-Dimethylbutyl-Gruppe.

[0044] In dem Fall, in dem als Substituent in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) eine Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen verwendet wird, umfassen konkrete Beispiele eine Cyclopentyl-Gruppe, eine Cyclohexyl-Gruppe und eine Cycloheptyl-Gruppe.

[0045] Des Weiteren umfassen in dem Fall, in dem als Substituent in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A7) eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen verwendet wird, konkrete Beispiele eine Phenyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Fluorenyl-Gruppe und eine Indenyl-Gruppe.

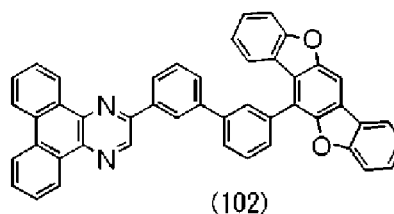
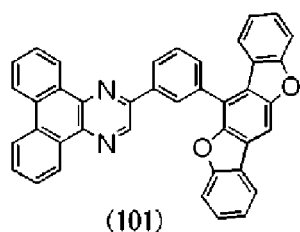
[0046] Konkrete Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen in R¹ bis R⁹ der allgemeinen Formel (G2) umfassen eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine sek-Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine Pentyl-Gruppe, eine Isopentyl-Gruppe, eine sek-Pentyl-Gruppe, eine tert-Pentyl-Gruppe, eine Neopentyl-Gruppe, eine Hexyl-Gruppe, eine Isohexyl-Gruppe, eine sek-Hexyl-Gruppe, eine tert-Hexyl-Gruppe, eine Neoheptyl-Gruppe, eine 3-Methylpentyl-Gruppe, eine 2-Methylpentyl-Gruppe, eine 2-Ethylbutyl-Gruppe, eine 1,2-Dimethylbutyl-Gruppe und eine 2,3-Dimethylbutyl-Gruppe.

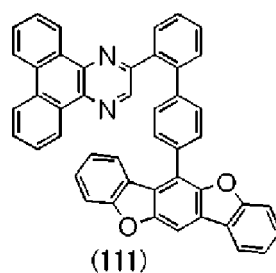
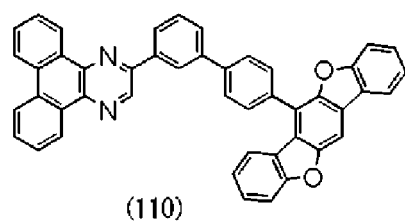
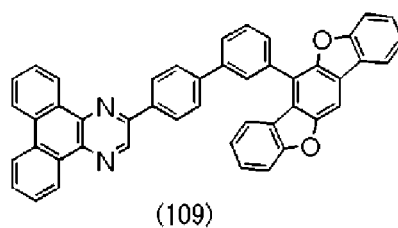
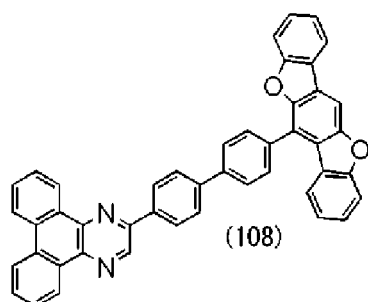
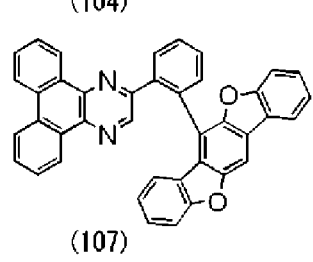
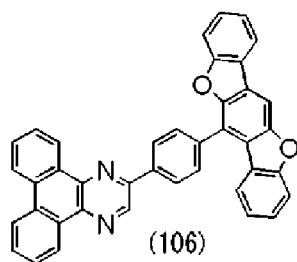
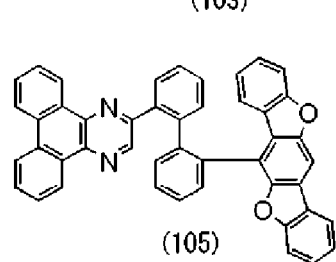
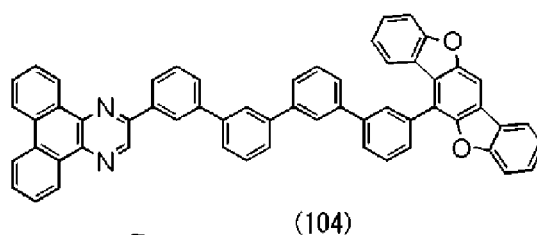
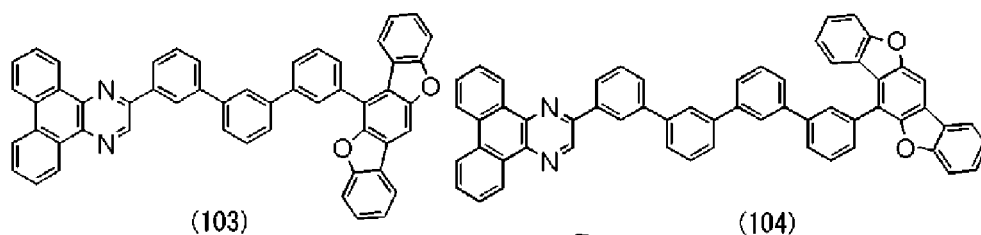
[0047] Konkrete Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen in R¹ bis R⁹ der allgemeinen Formel (G2) umfassen eine Phenyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe, eine Toly-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Xylyl-Gruppe, eine Fluorenyl-Gruppe und eine Indenyl-Gruppe.

[0048] Der Begriff „Substituent“ umfasst in der allgemeinen Formel (G2) vorzugsweise einen Substituenten, wie z. B. die Alkyl-Gruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, beispielsweise eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine n-Propyl-Gruppe, eine iso-Propyl-Gruppe, eine sek-Butyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine n-Pentyl-Gruppe oder eine n-Hexyl-Gruppe, oder einen Substituenten, wie z. B. eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, beispielsweise eine Phenyl-Gruppe, eine o-Tolyl-Gruppe, eine m-Tolyl-Gruppe, eine p-Tolyl-Gruppe, eine 1-Naphthyl-Gruppe, eine 2-Naphthyl-Gruppe, eine 2-Biphenyl-Gruppe, eine 3-Biphenyl-Gruppe oder eine 4-Biphenyl-Gruppe. Diese Substituenten können aneinandergebunden sein, um einen Ring zu bilden. In dem Fall, in dem beispielsweise die Fluorendiyl-Gruppe, bei der es sich um eine Arylen-Gruppe handelt, eine 9,9-Diphenyl-9H-fluoren-2,7-diyl-Gruppe mit zwei Phenyl-Gruppen an der 9-Position als Substituent ist, können die Phenyl-Gruppen aneinandergebunden sein, um eine Spiro-9,9'-bifluoren-2,7-diyl-Gruppe zu bilden.

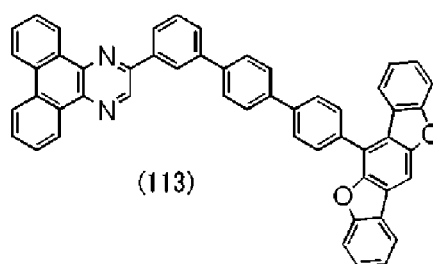
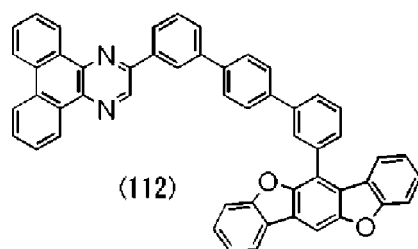
[0049] Als Nächstes werden konkrete Strukturformeln der vorstehend beschriebenen heterozyklischen Verbindungen, bei denen es sich jeweils um eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt, nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt ist.

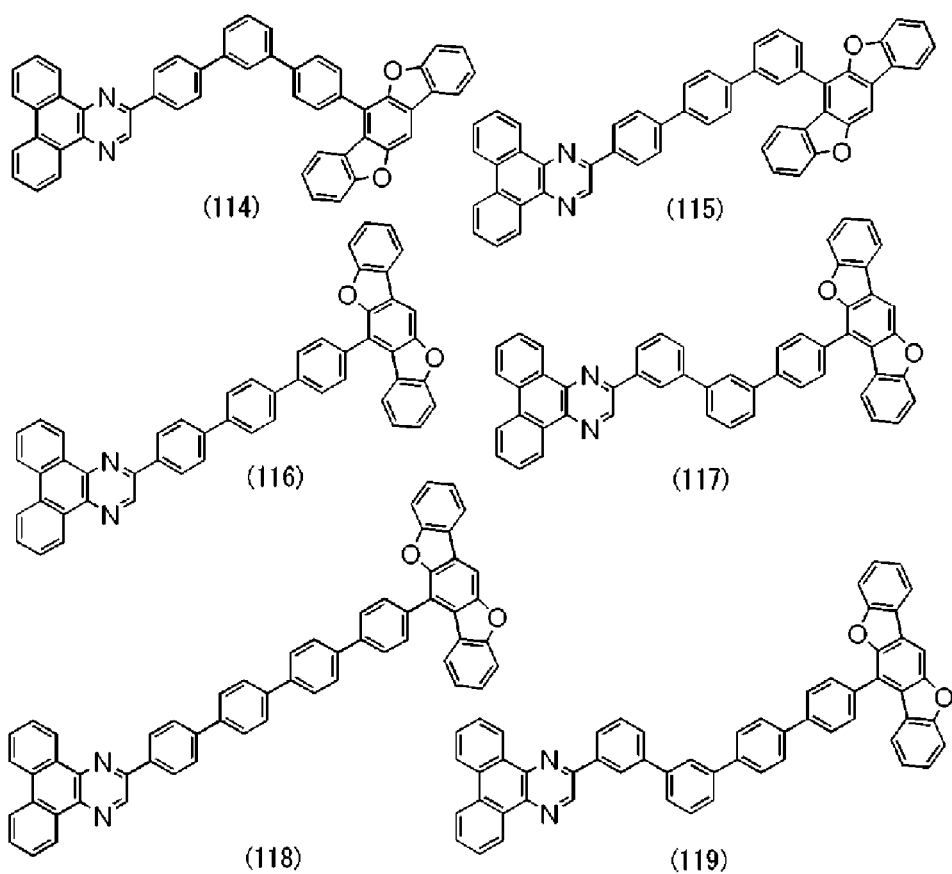
[Chemische Formeln 11]



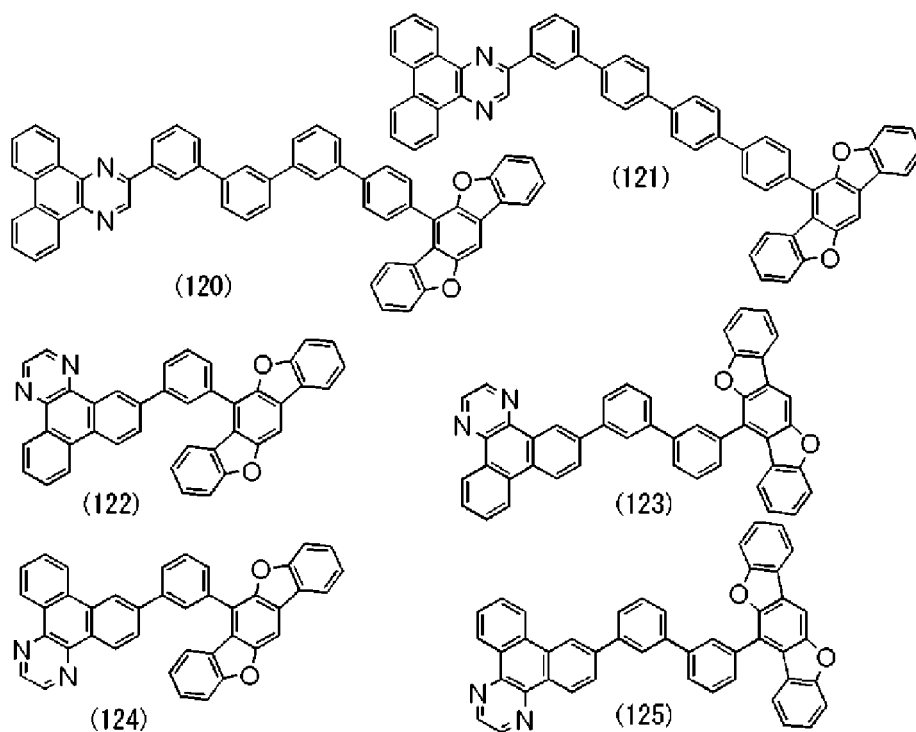


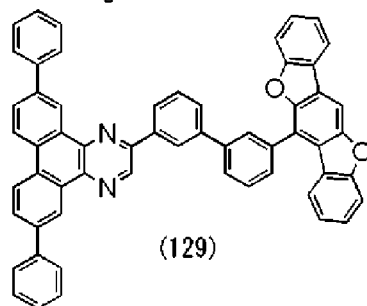
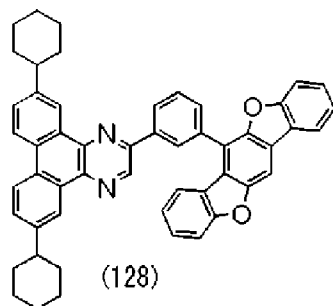
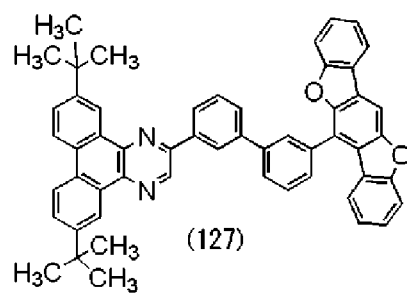
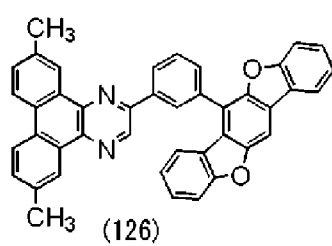
[Chemische Formeln 12]



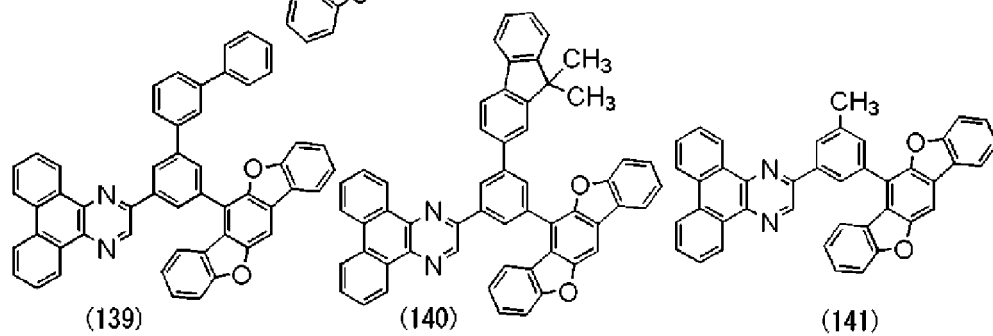
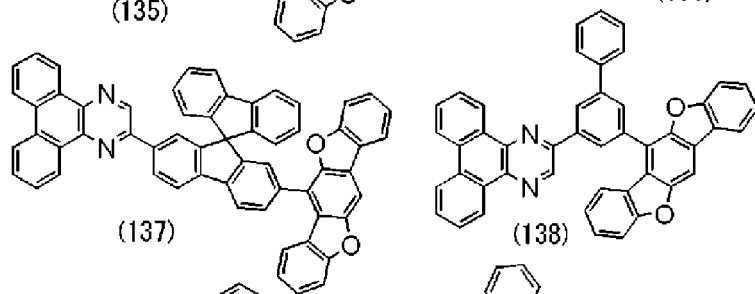
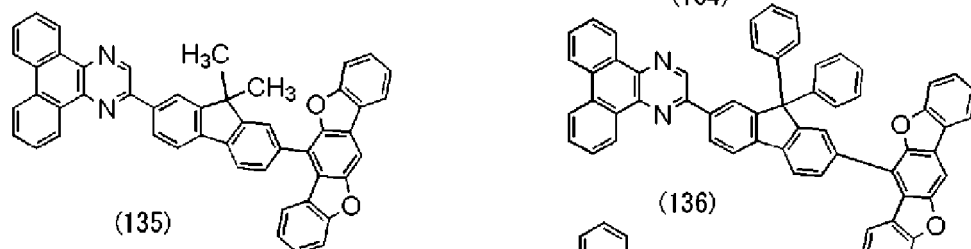
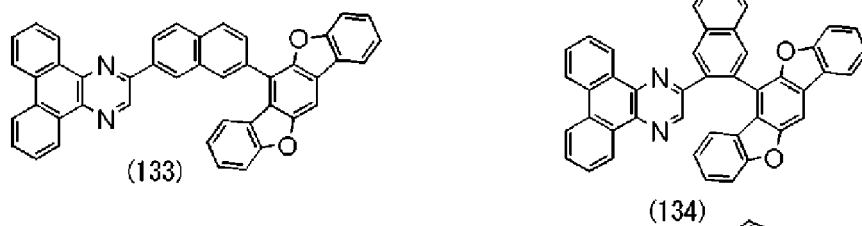
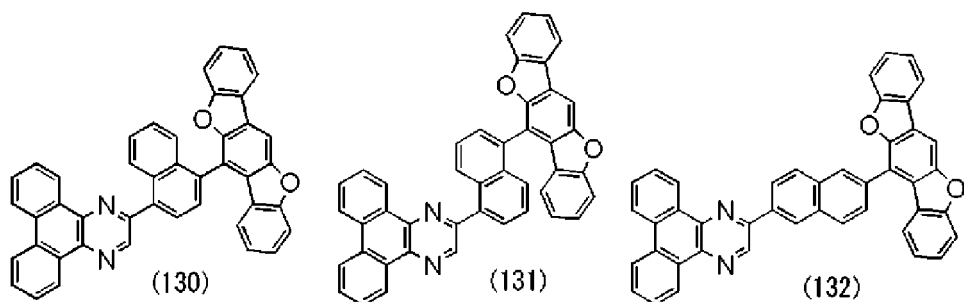


[Chemische Formeln 13]

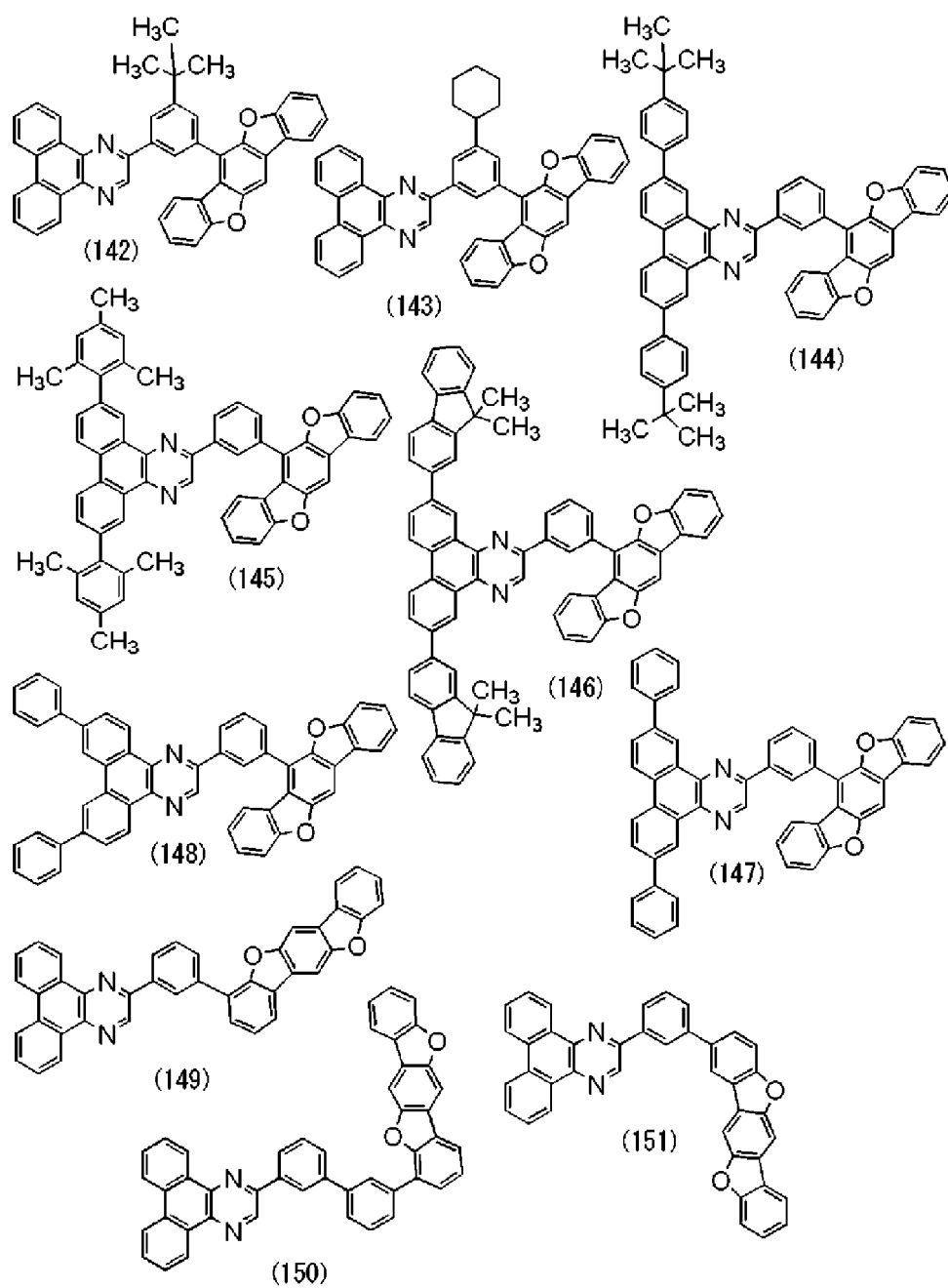




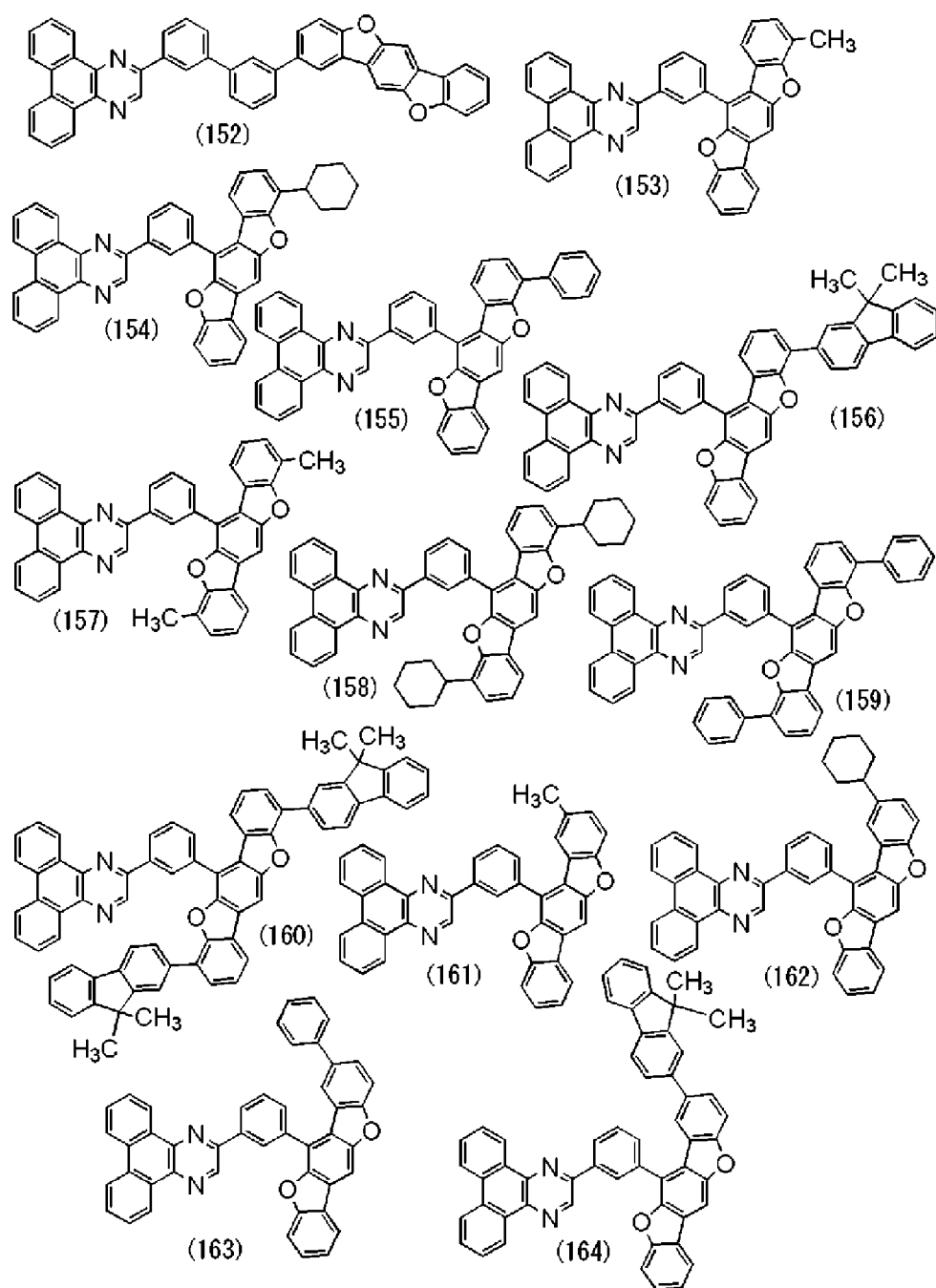
[Chemische Formeln 14]



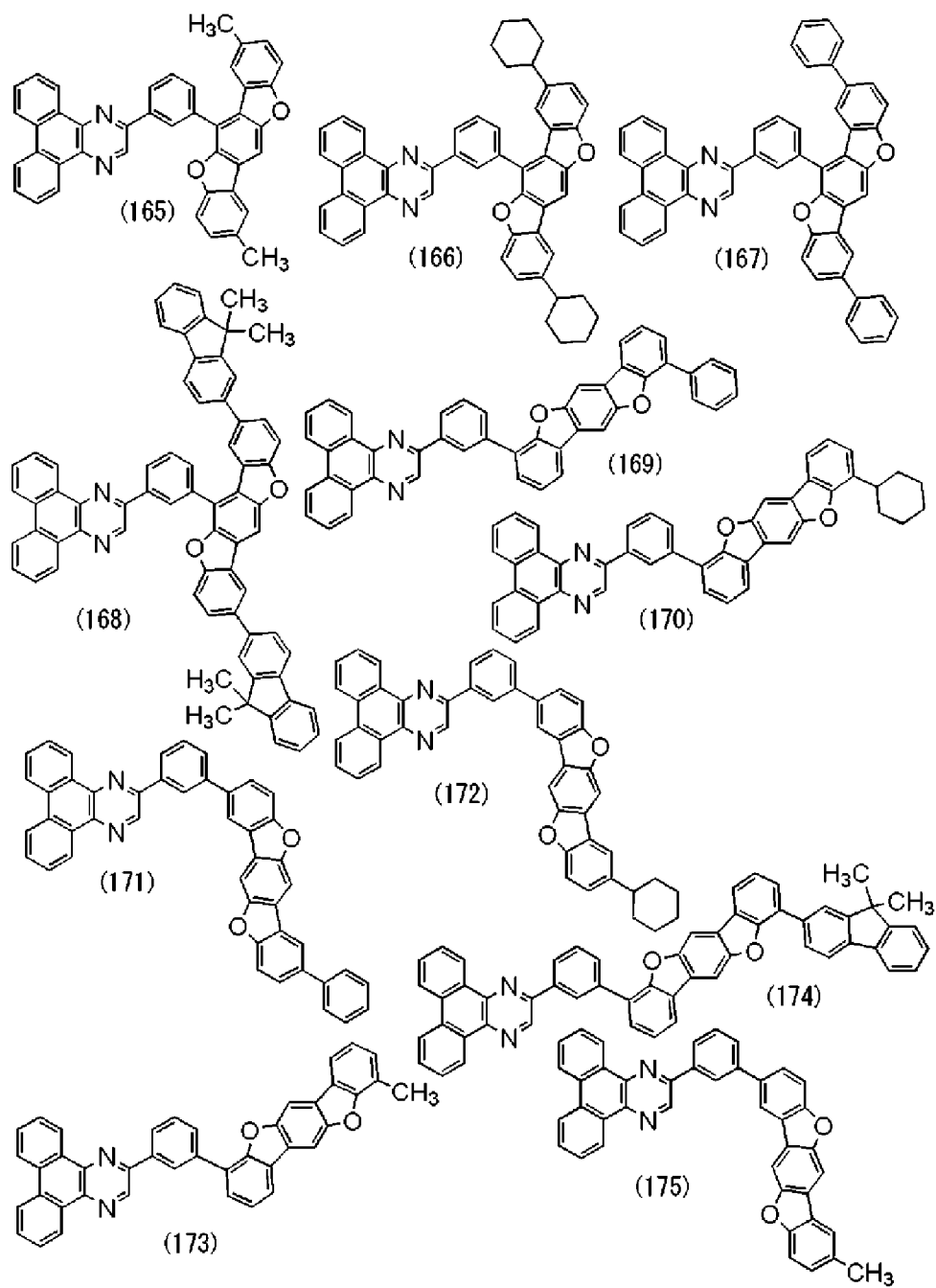
[Chemische Formeln 15]



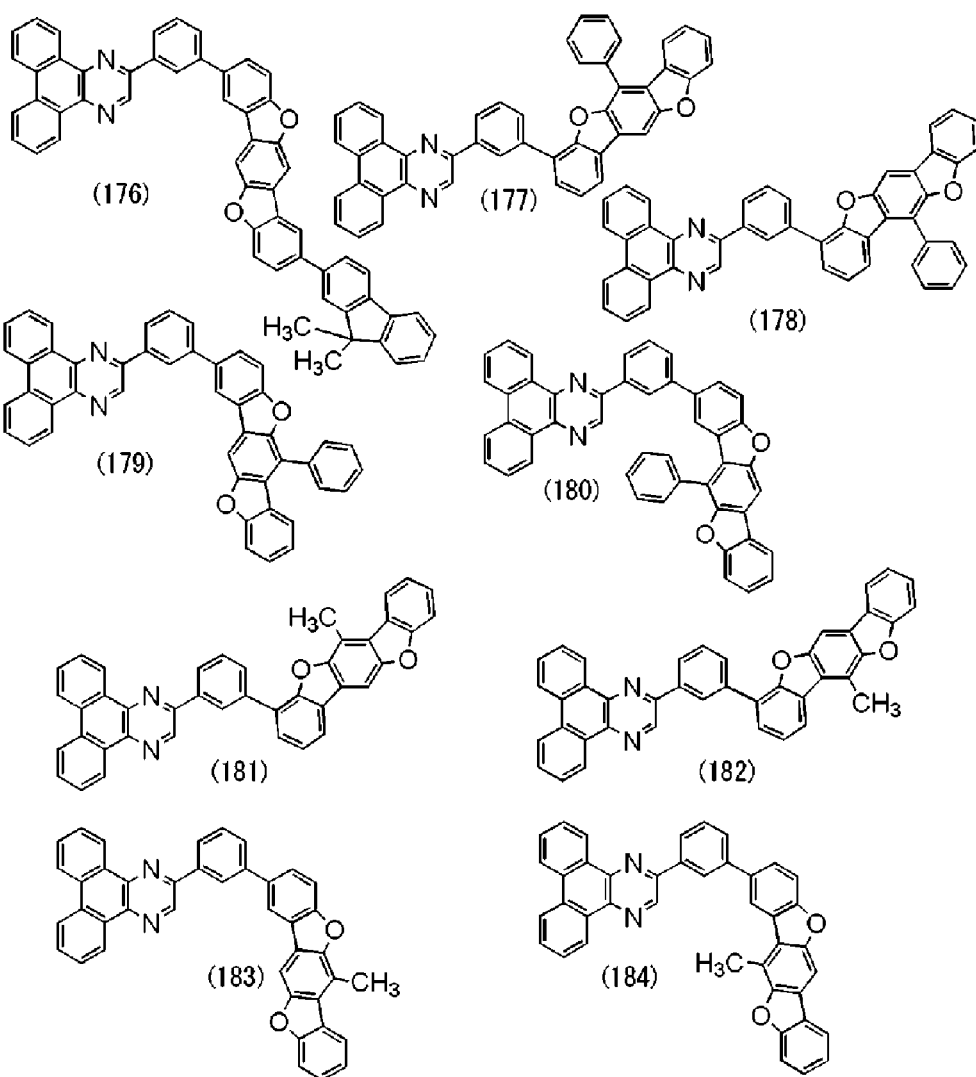
[Chemische Formeln 16]



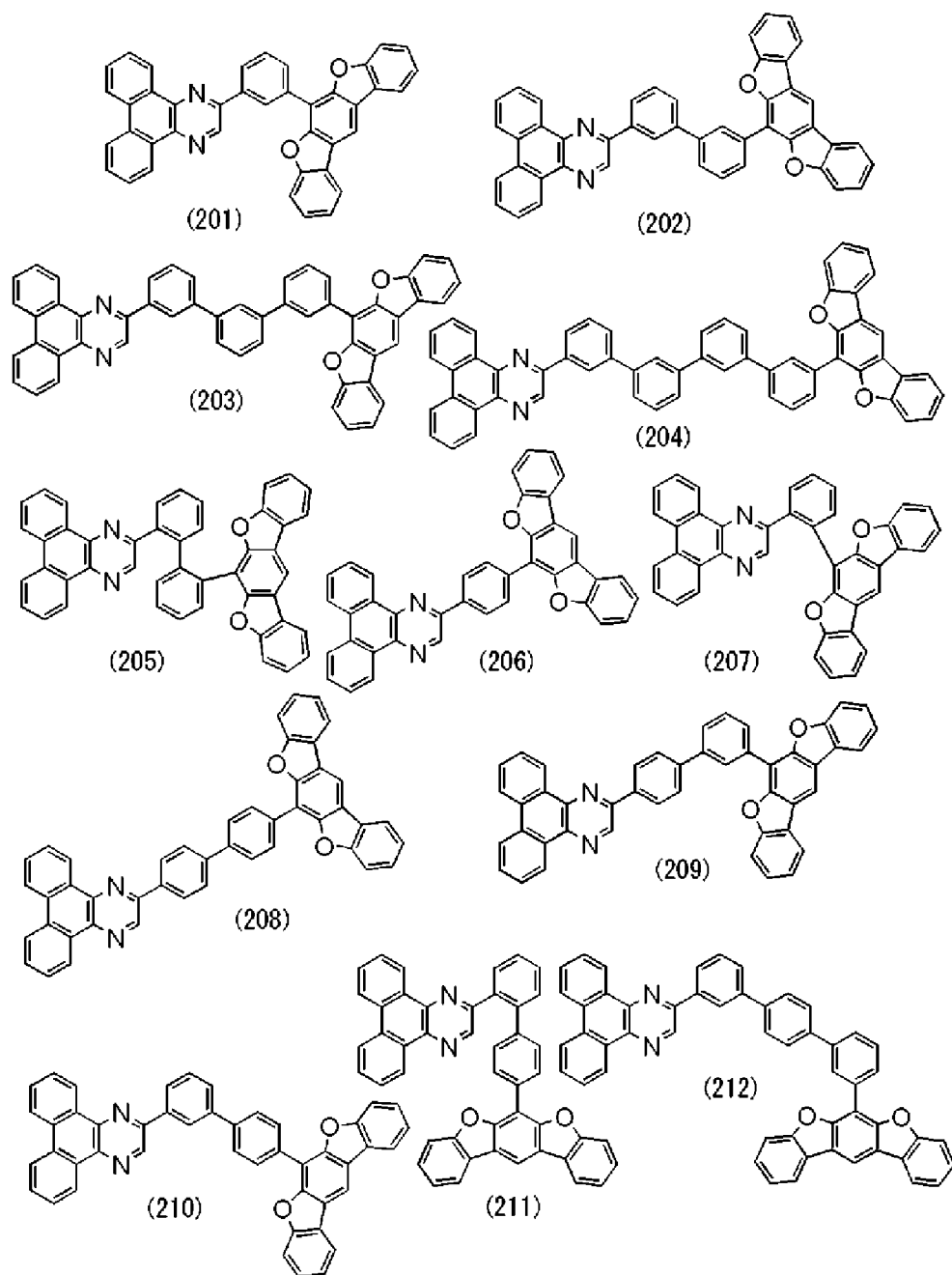
[Chemische Formeln 17]



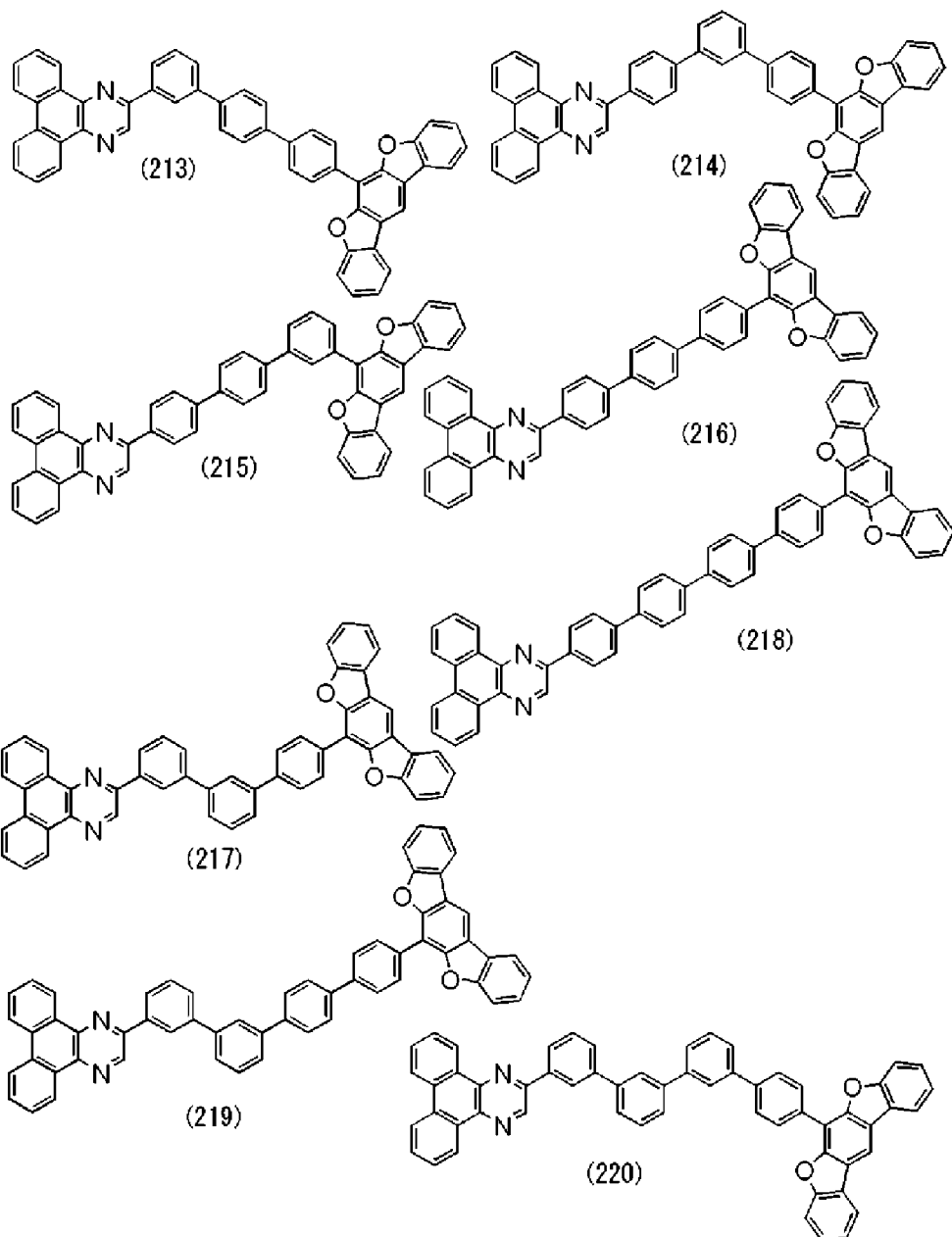
[Chemische Formeln 18]



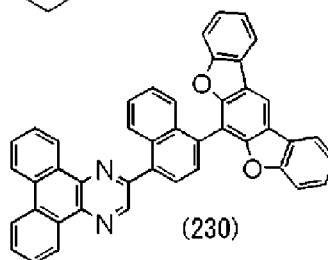
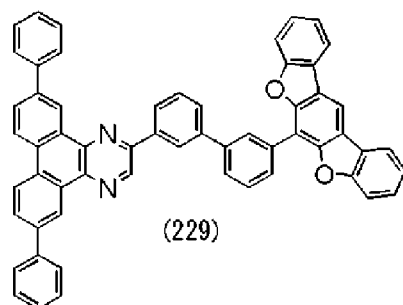
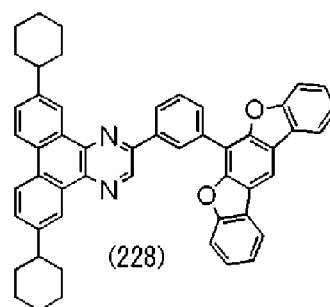
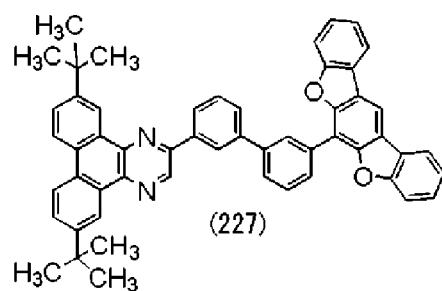
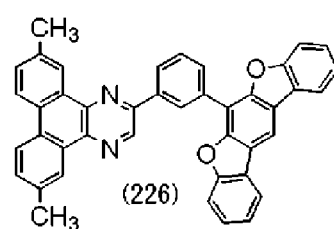
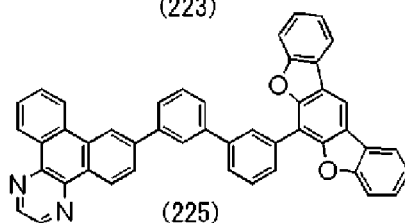
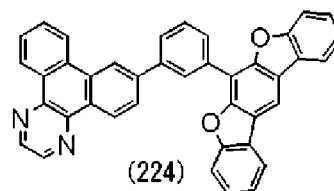
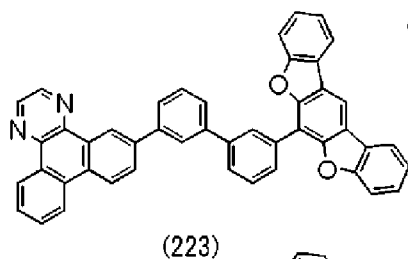
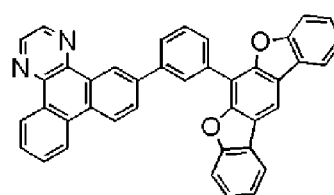
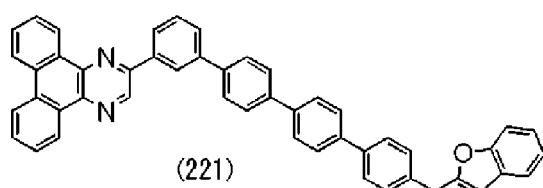
[Chemische Formeln 19]



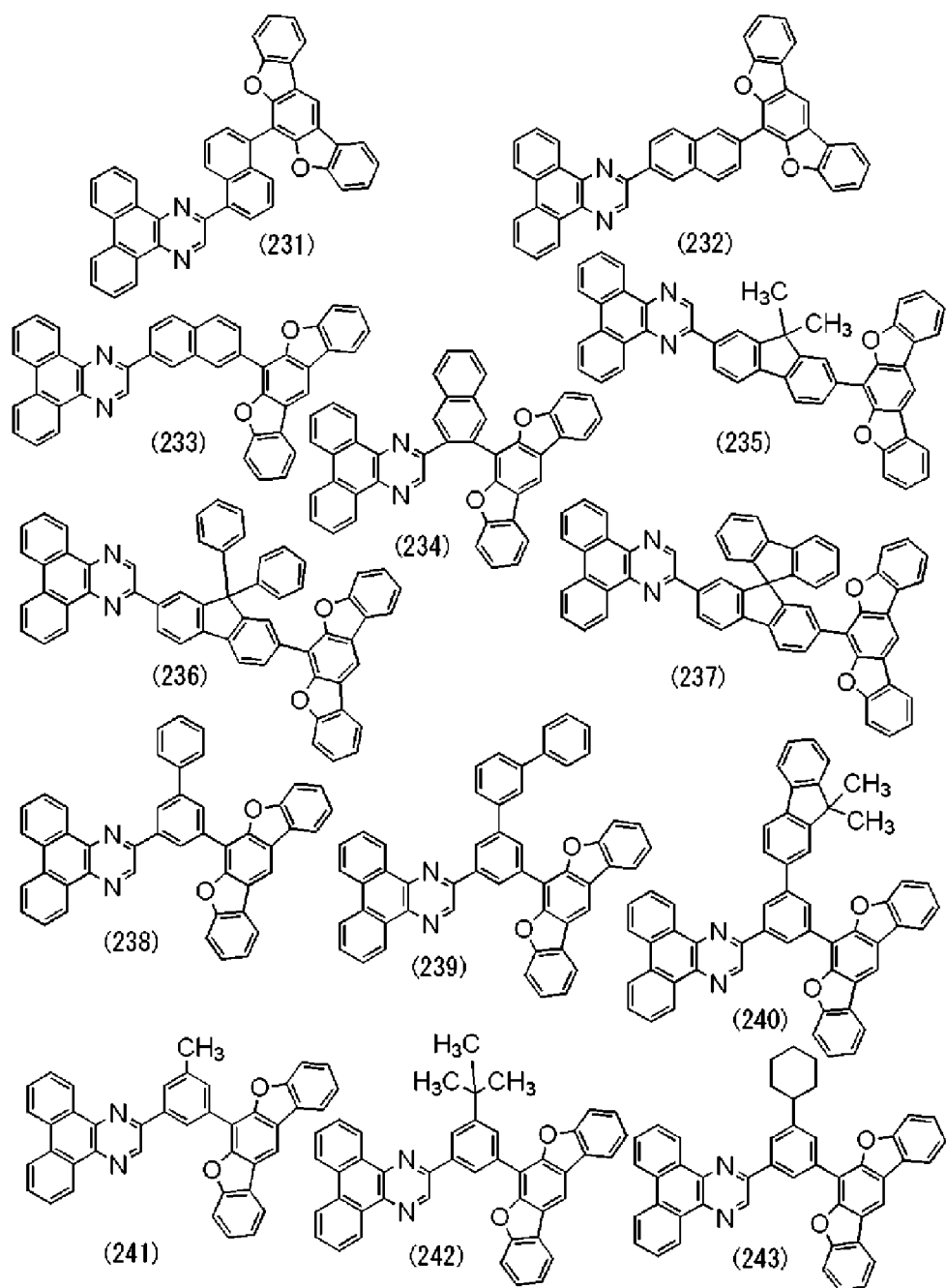
[Chemische Formeln 20]



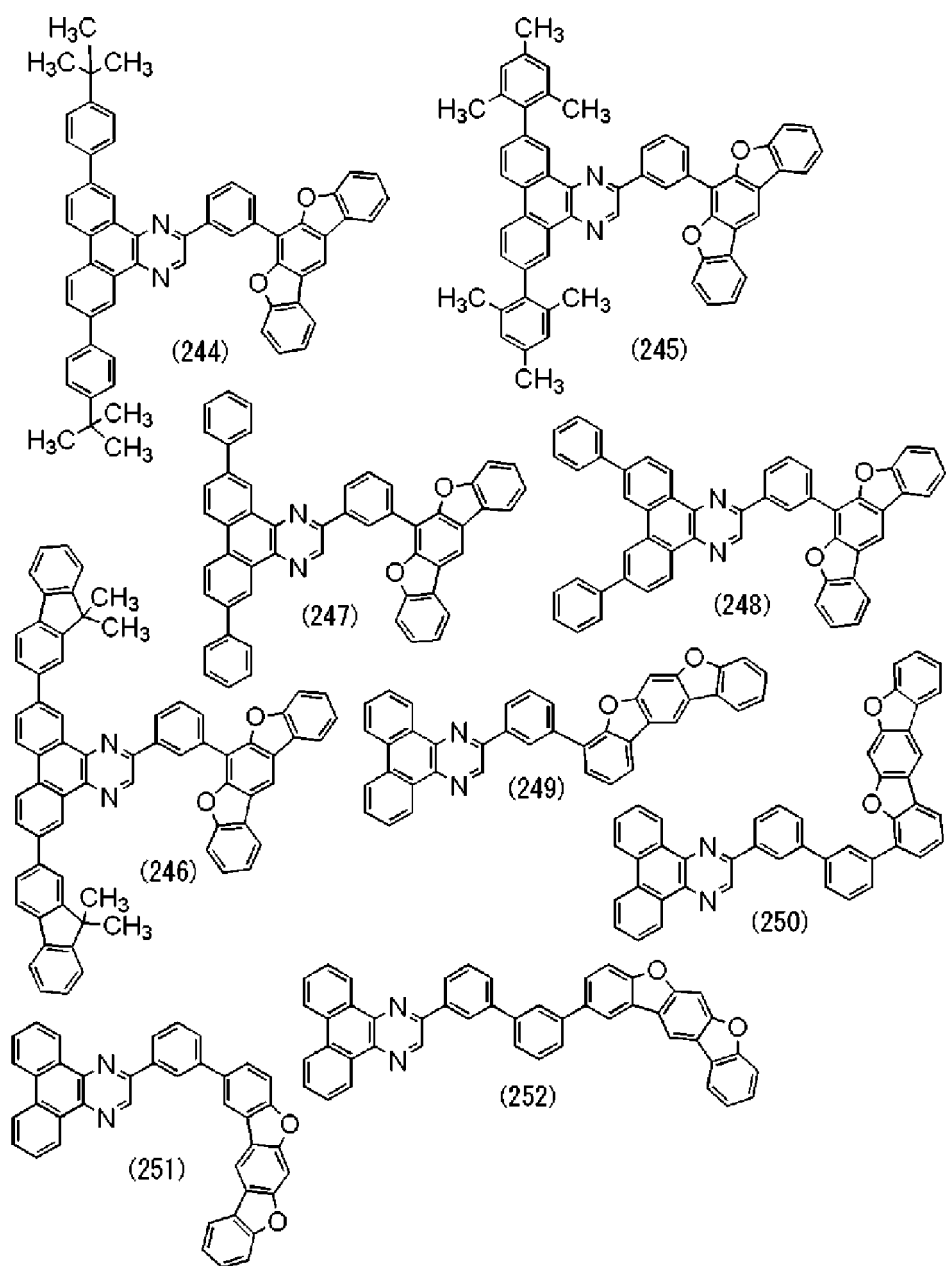
[Chemische Formeln 21]



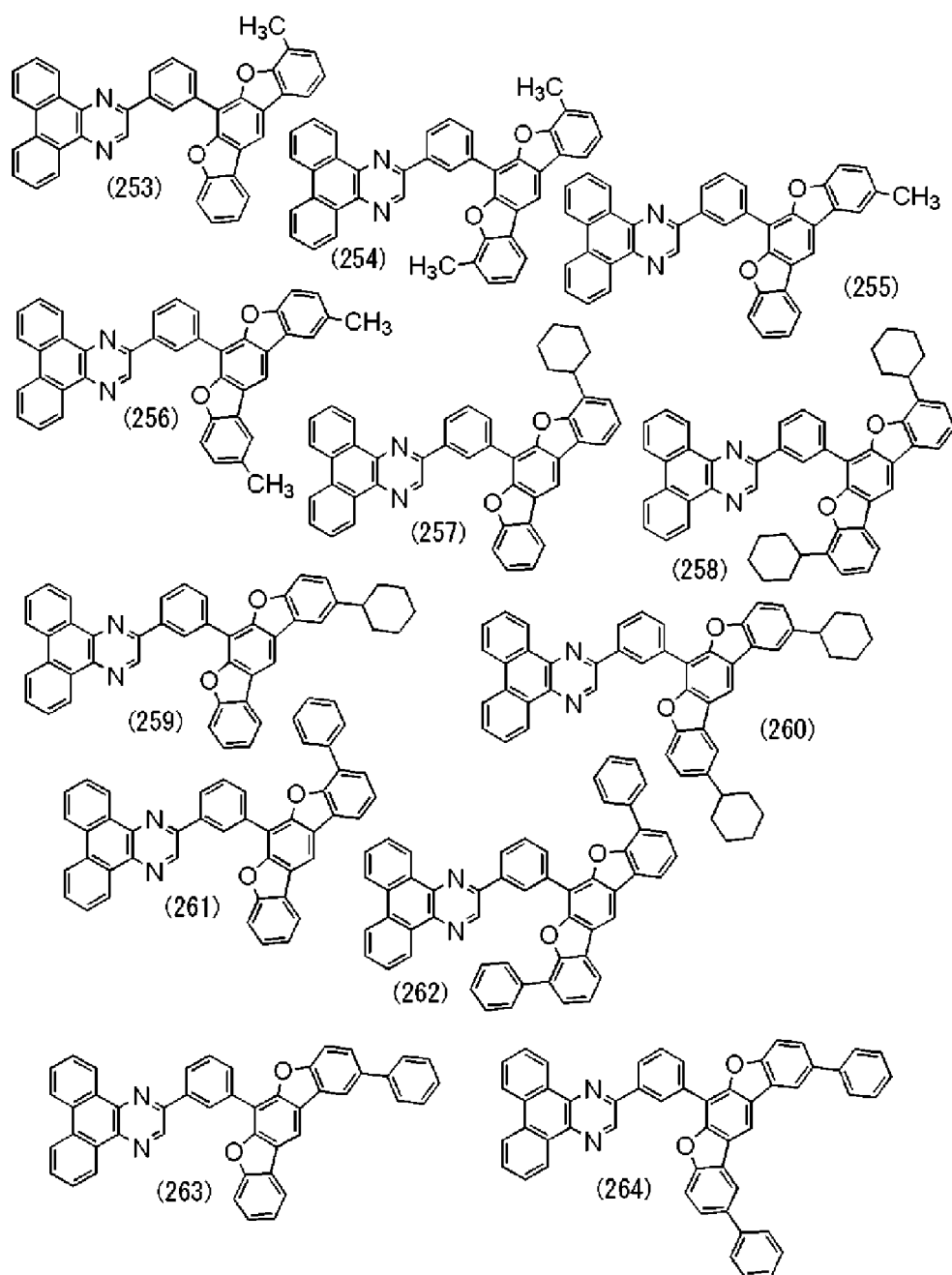
[Chemische Formeln 22]



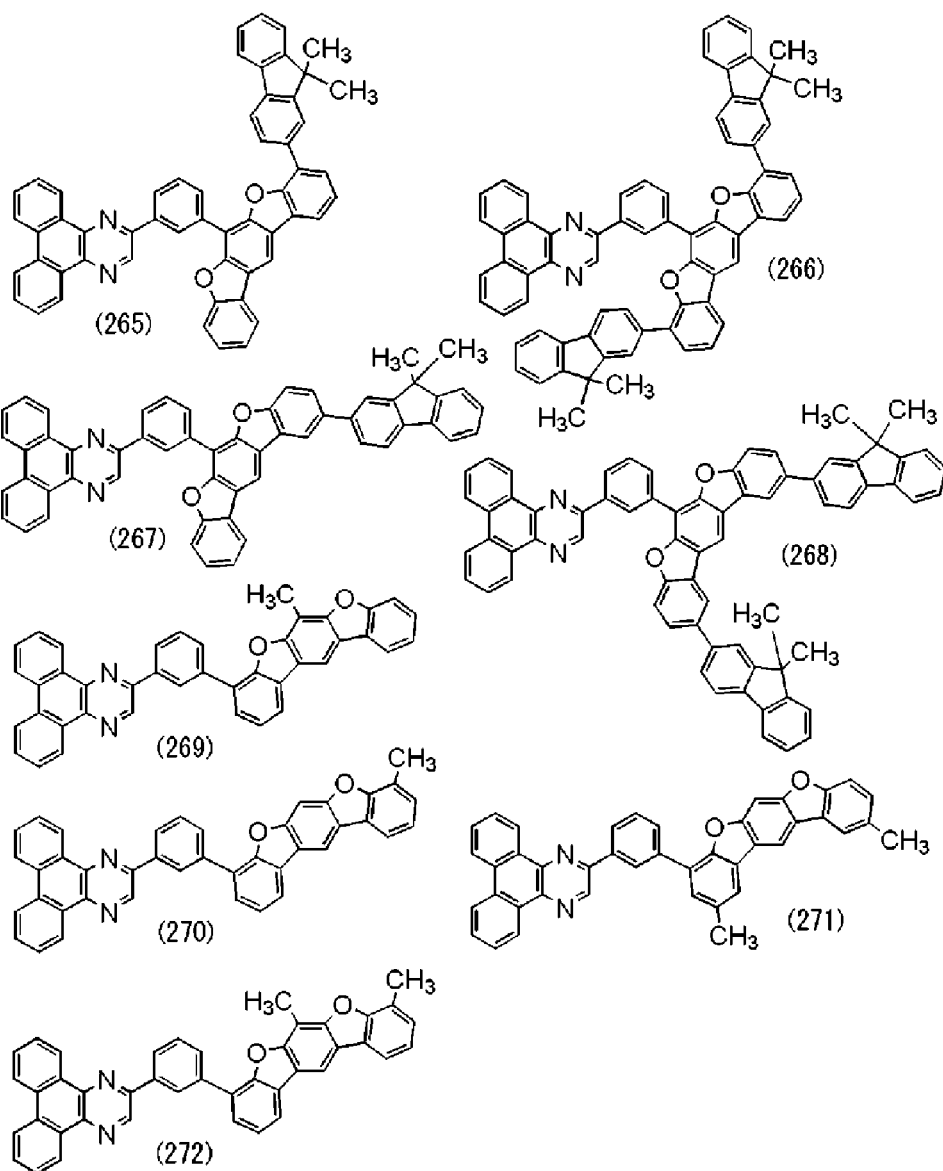
[Chemische Formeln 23]



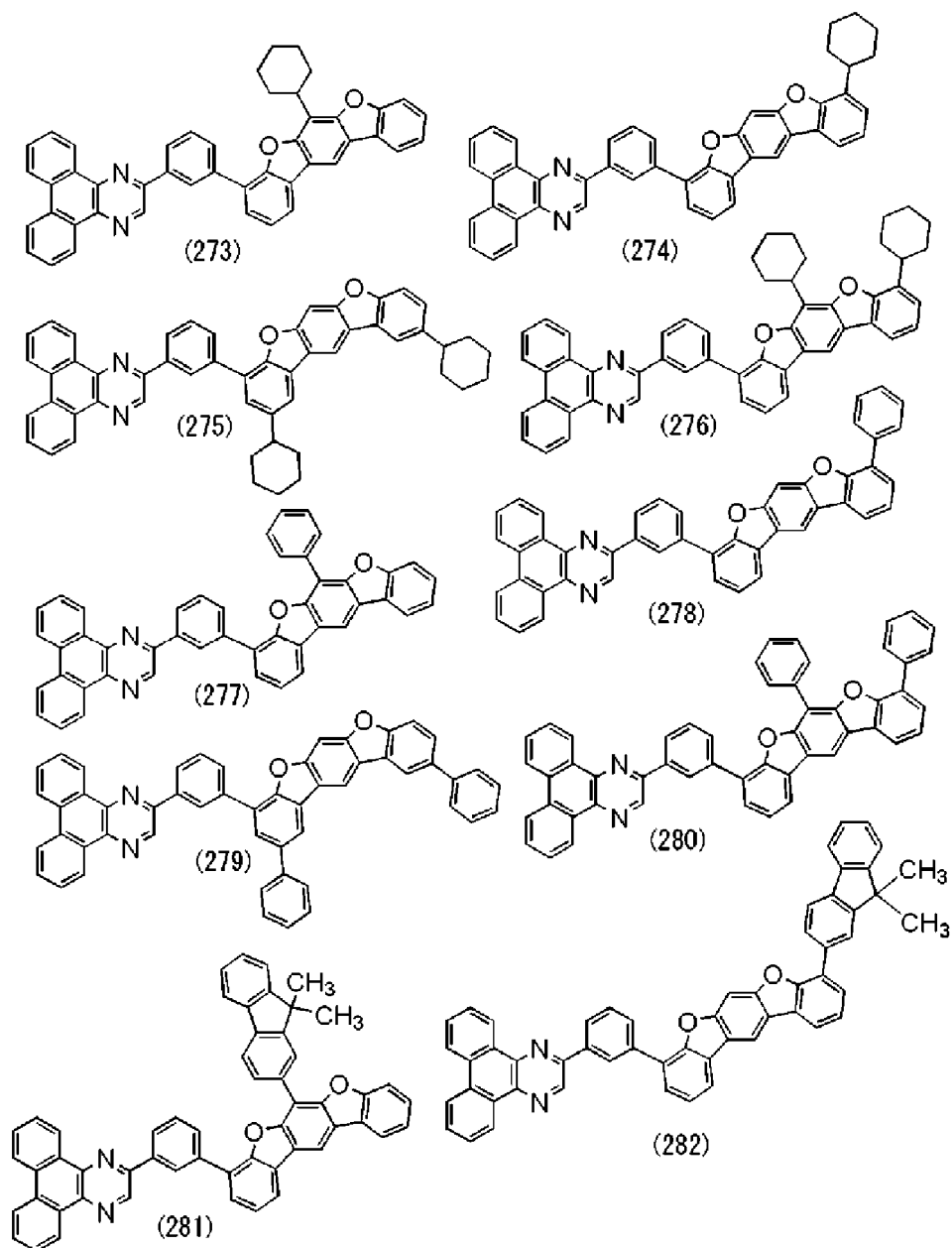
[Chemische Formeln 24]



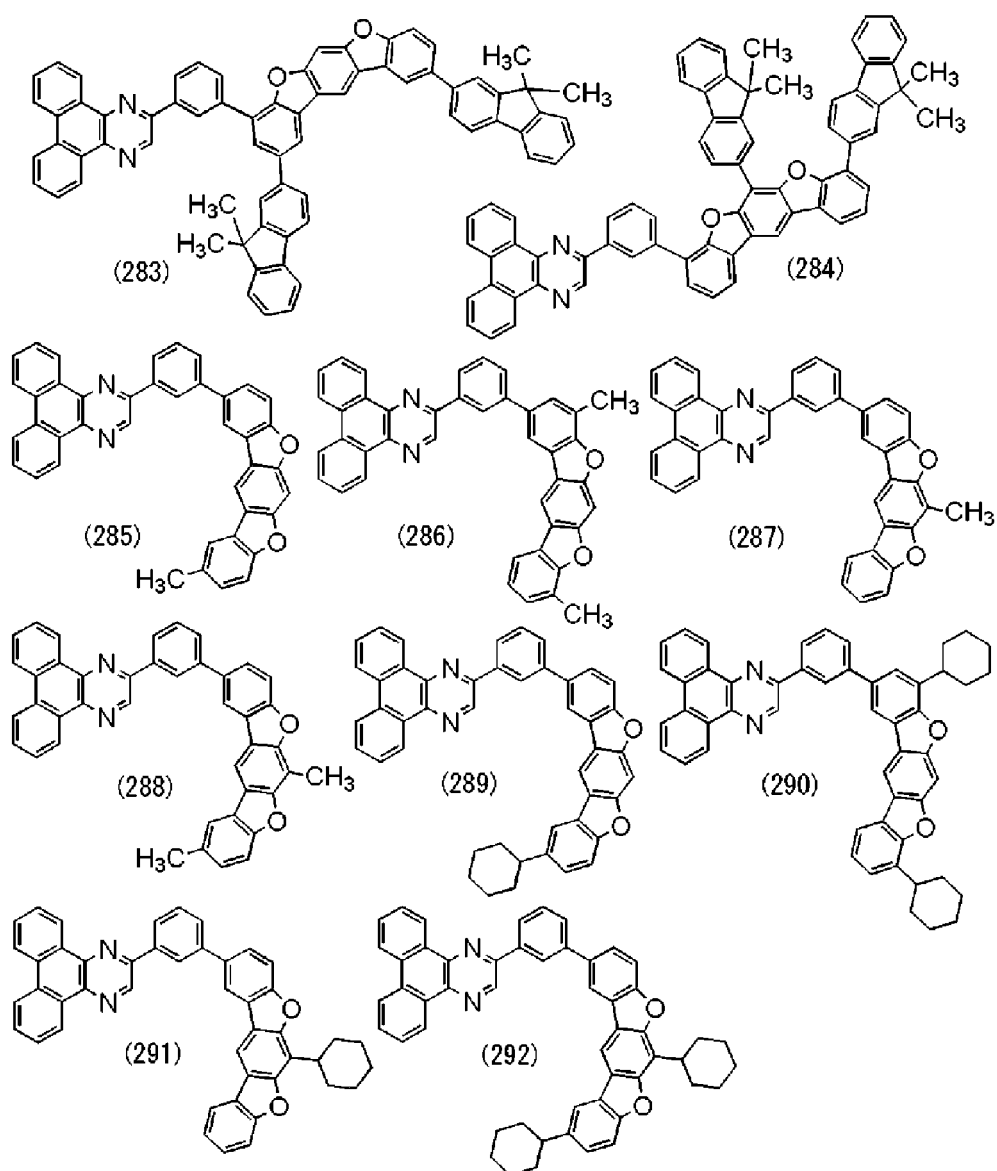
[Chemische Formeln 25]



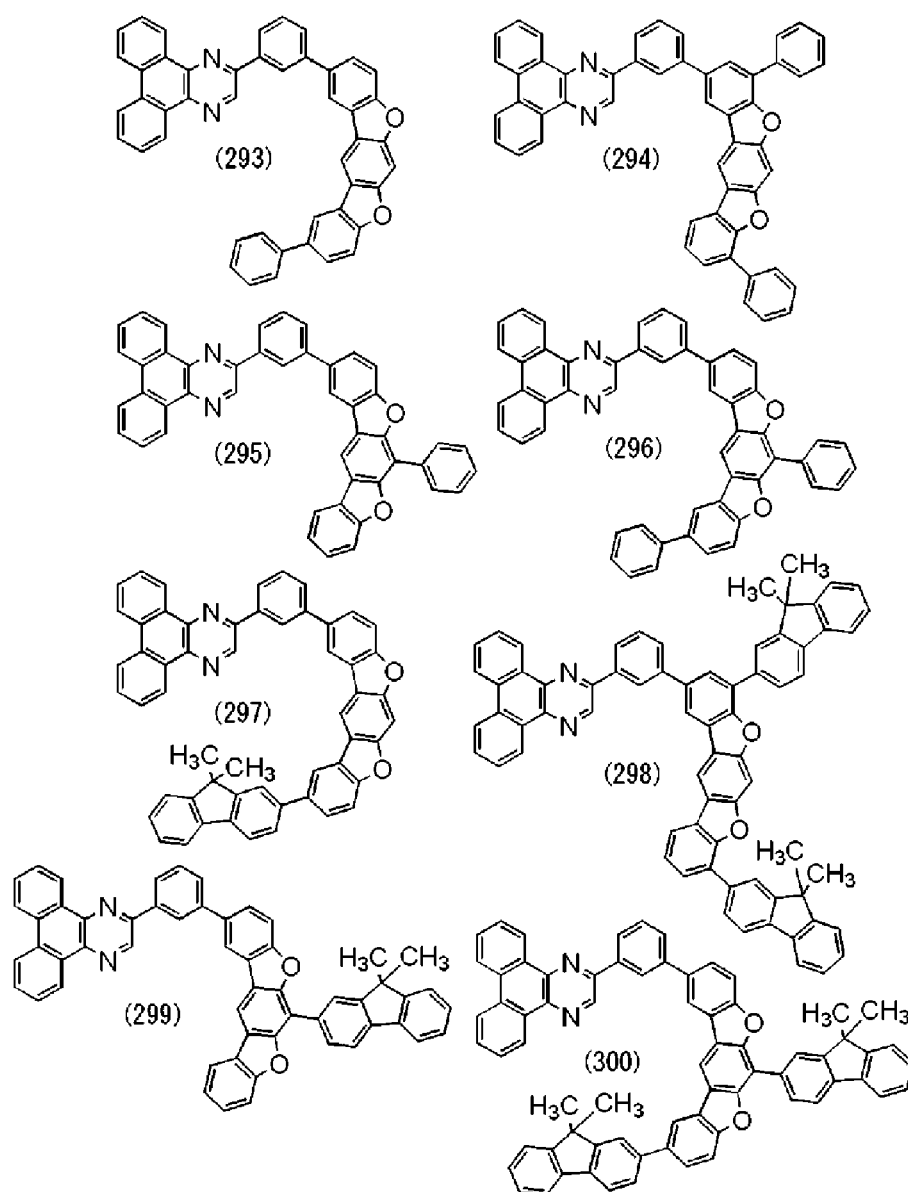
[Chemische Formeln 26]



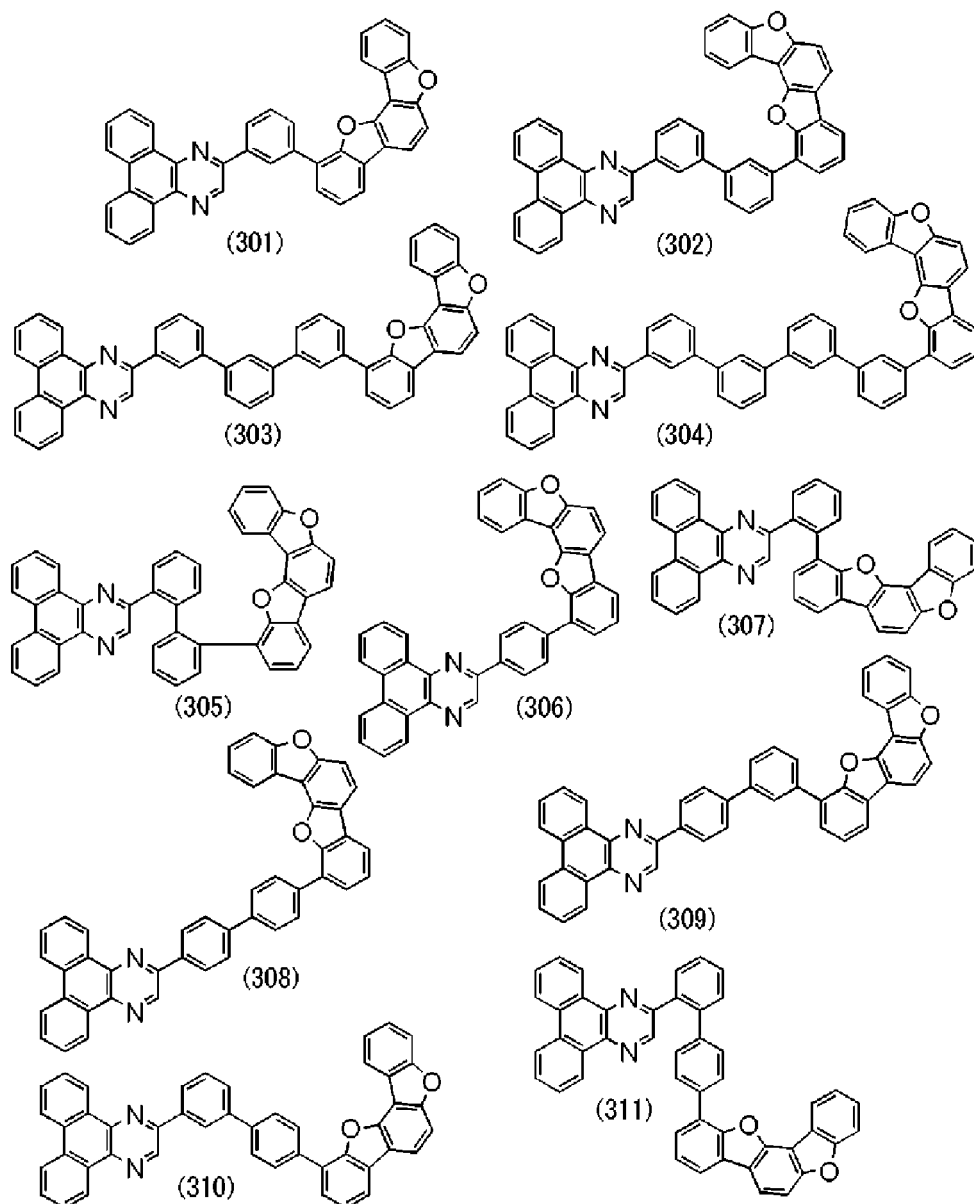
[Chemische Formeln 27]



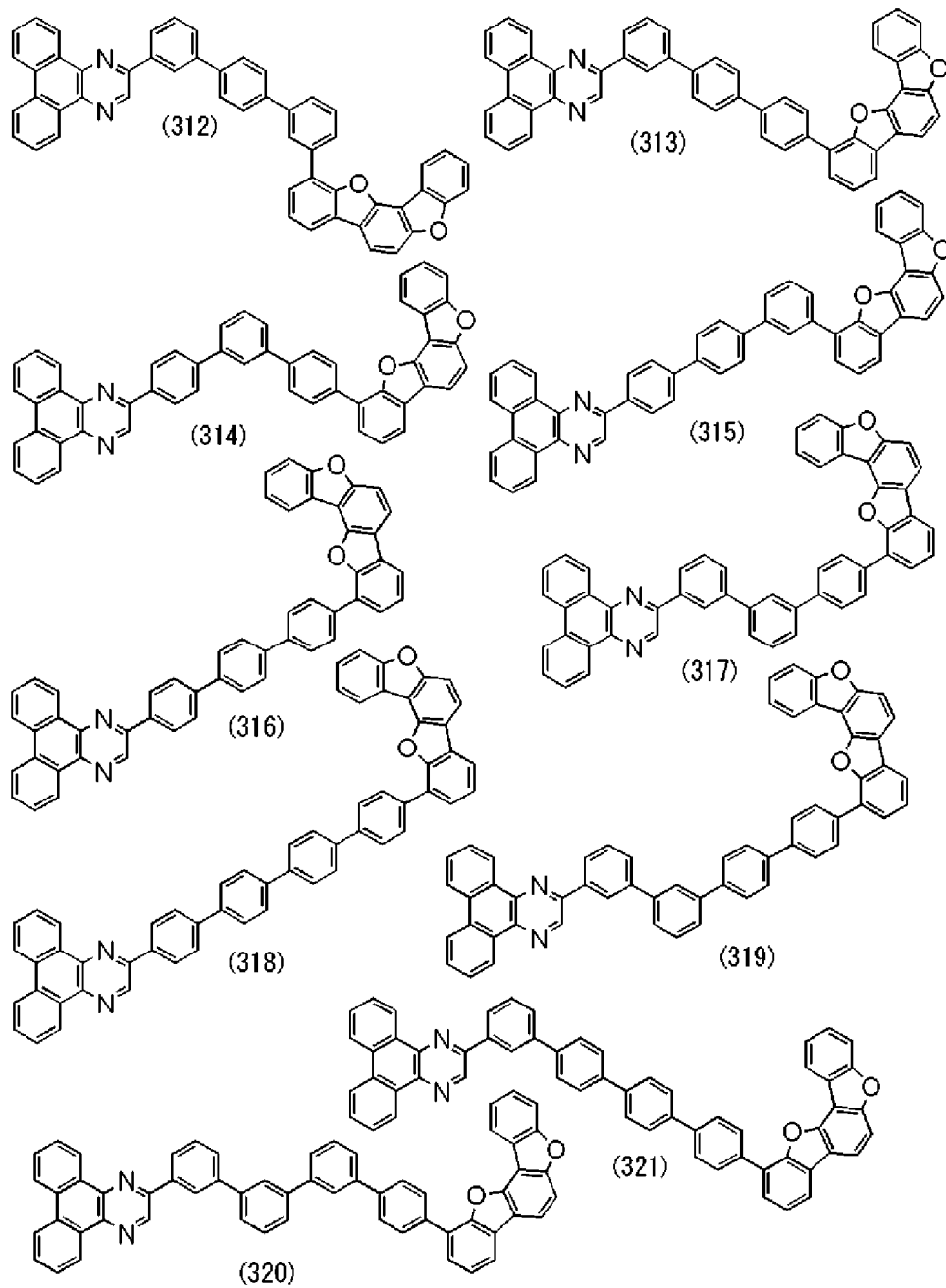
[Chemische Formeln 28]



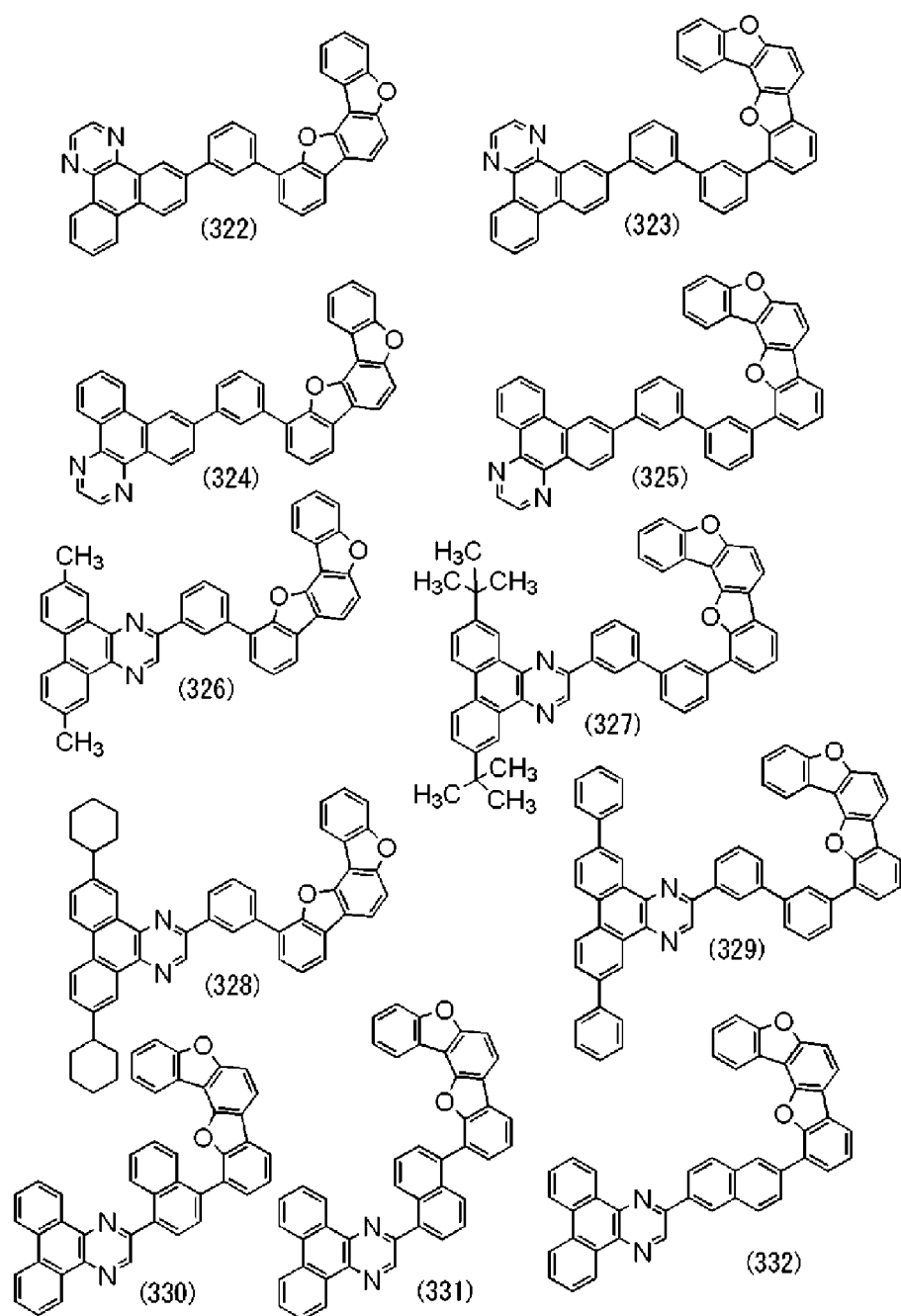
[Chemische Formeln 29]



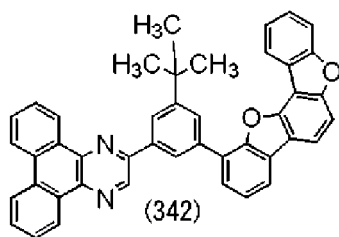
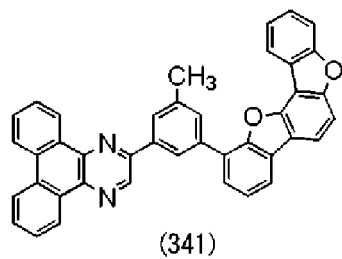
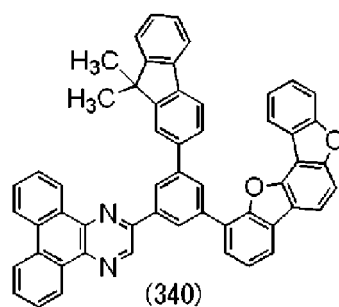
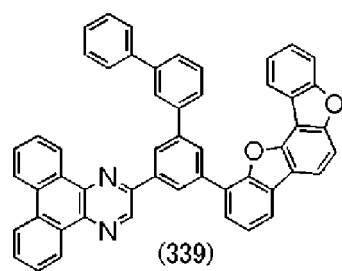
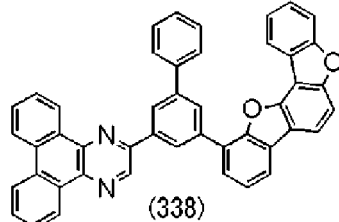
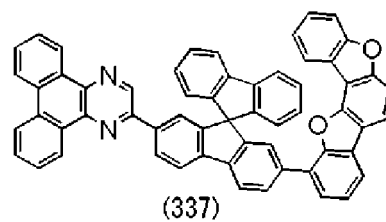
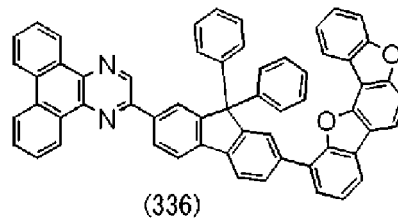
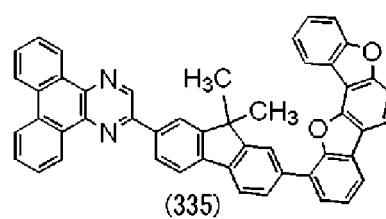
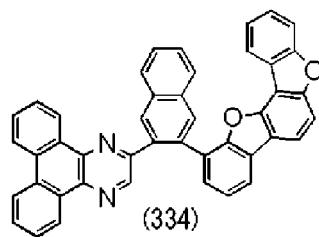
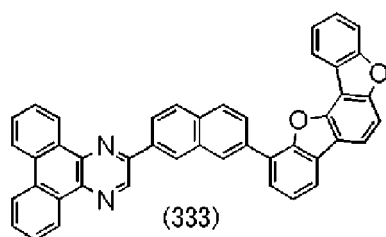
[Chemische Formeln 30]



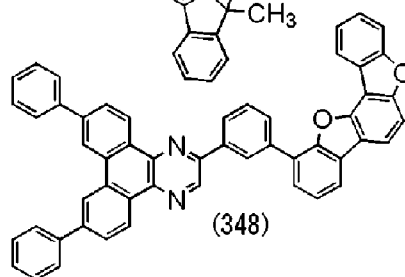
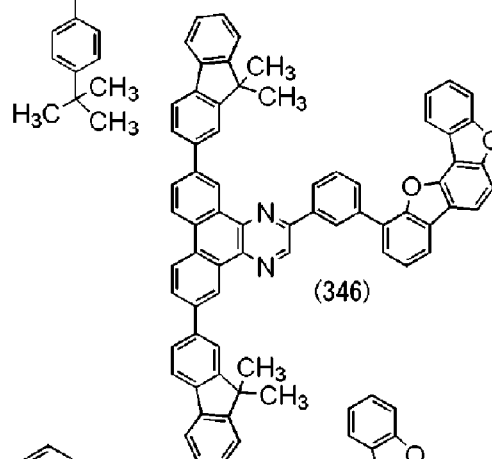
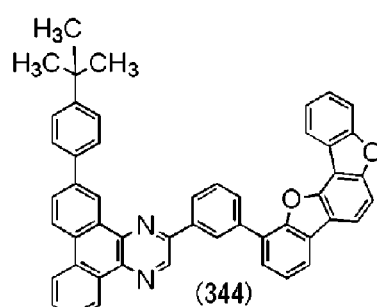
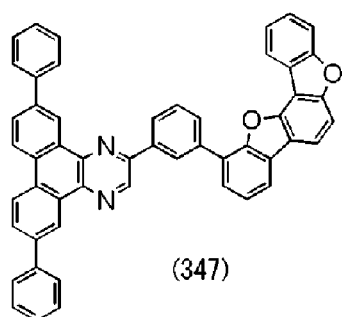
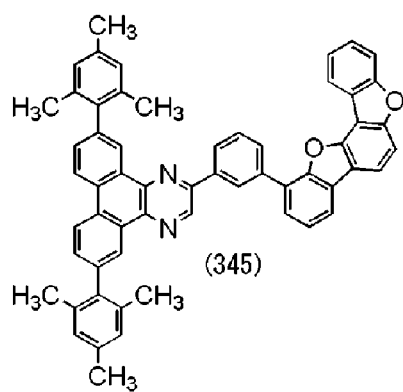
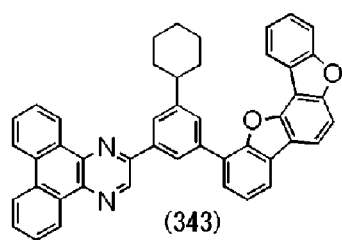
[Chemische Formeln 31]



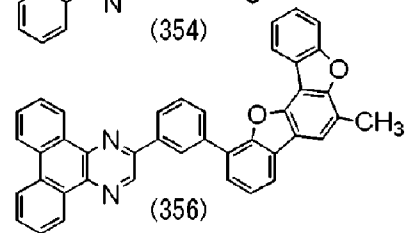
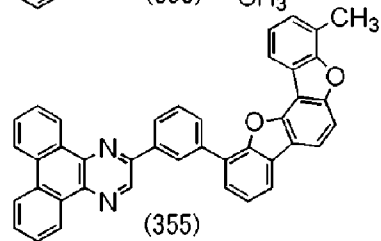
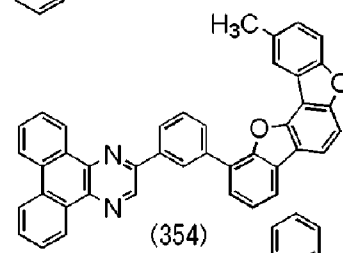
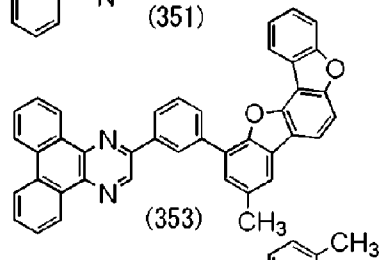
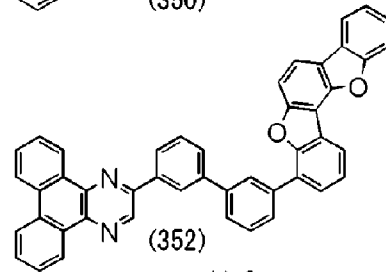
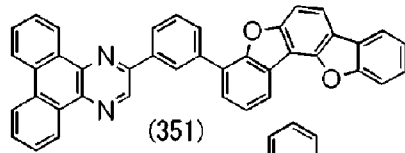
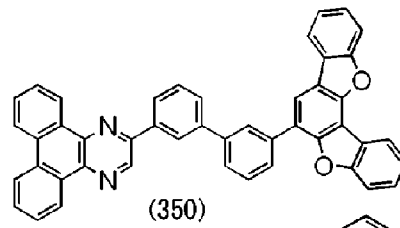
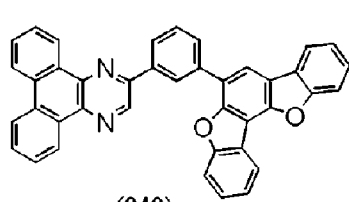
[Chemische Formeln 32]



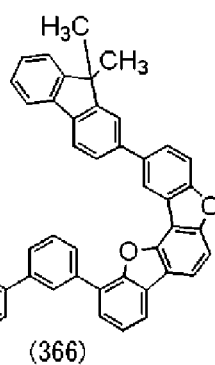
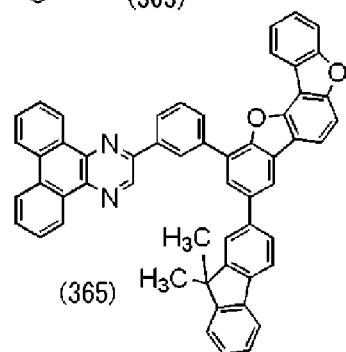
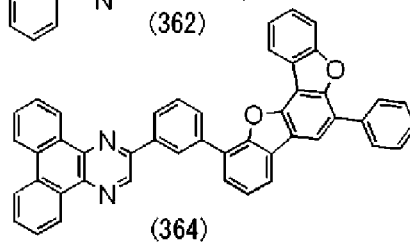
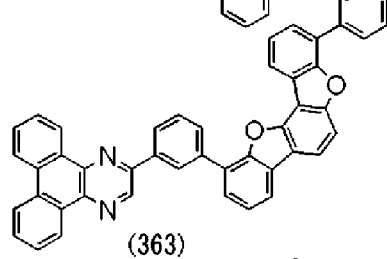
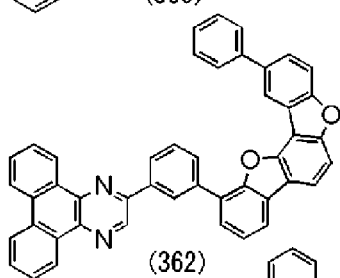
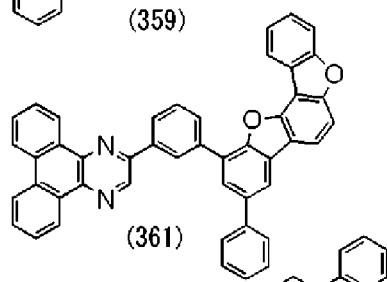
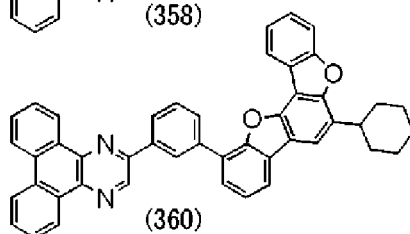
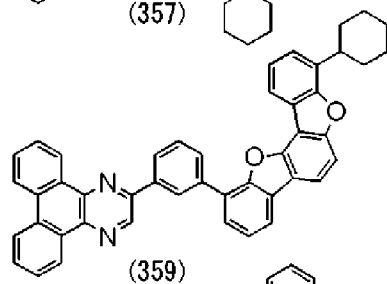
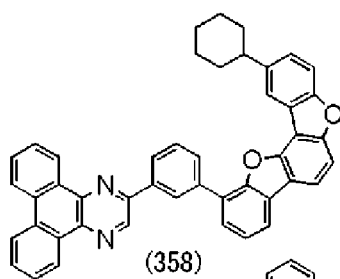
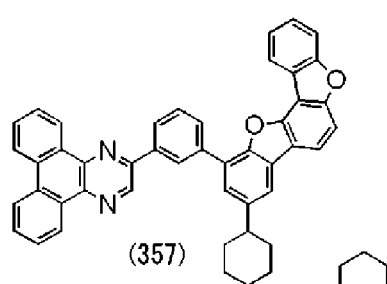
[Chemische Formeln 33]



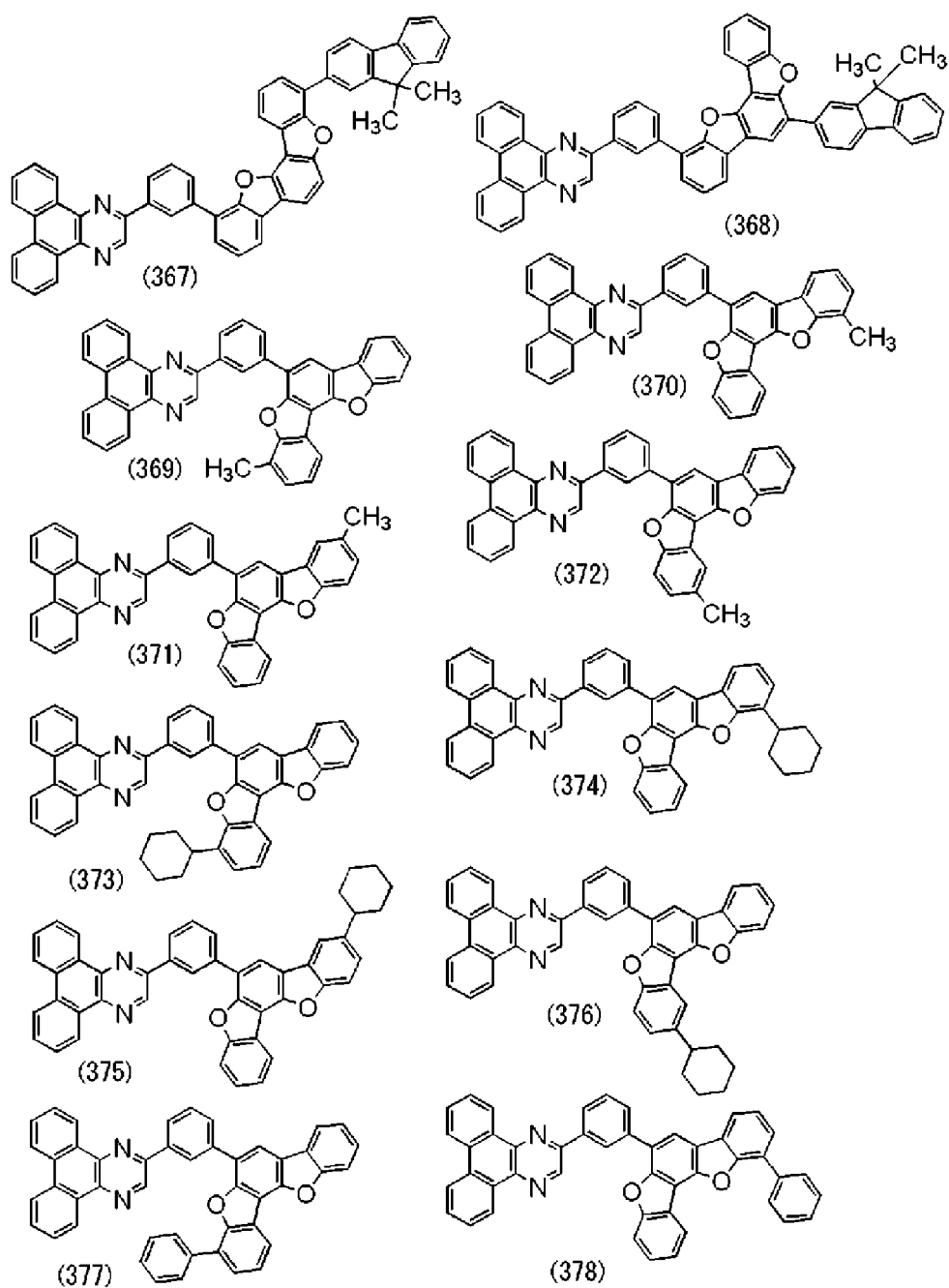
[Chemische Formeln 34]



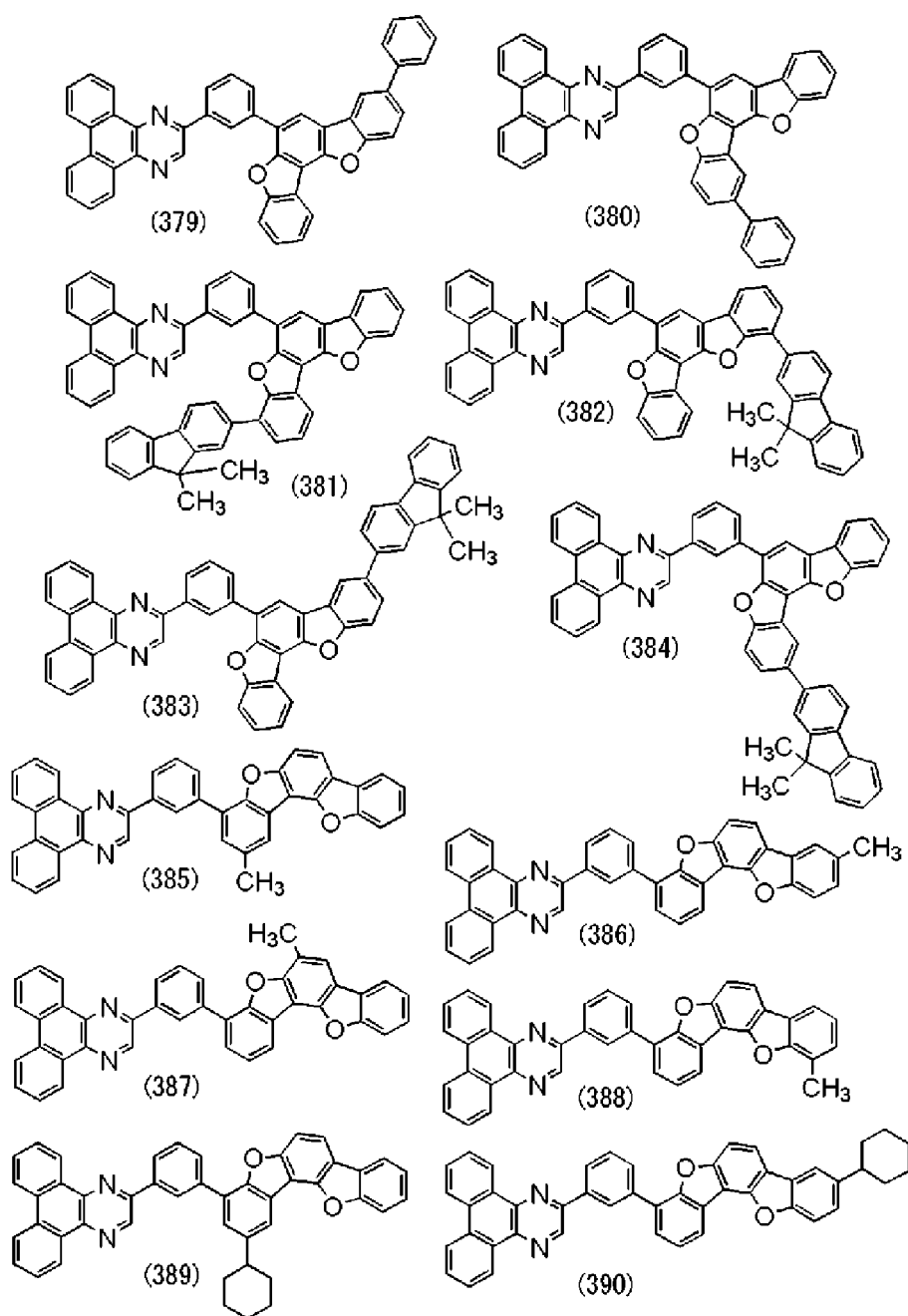
[Chemische Formeln 35]



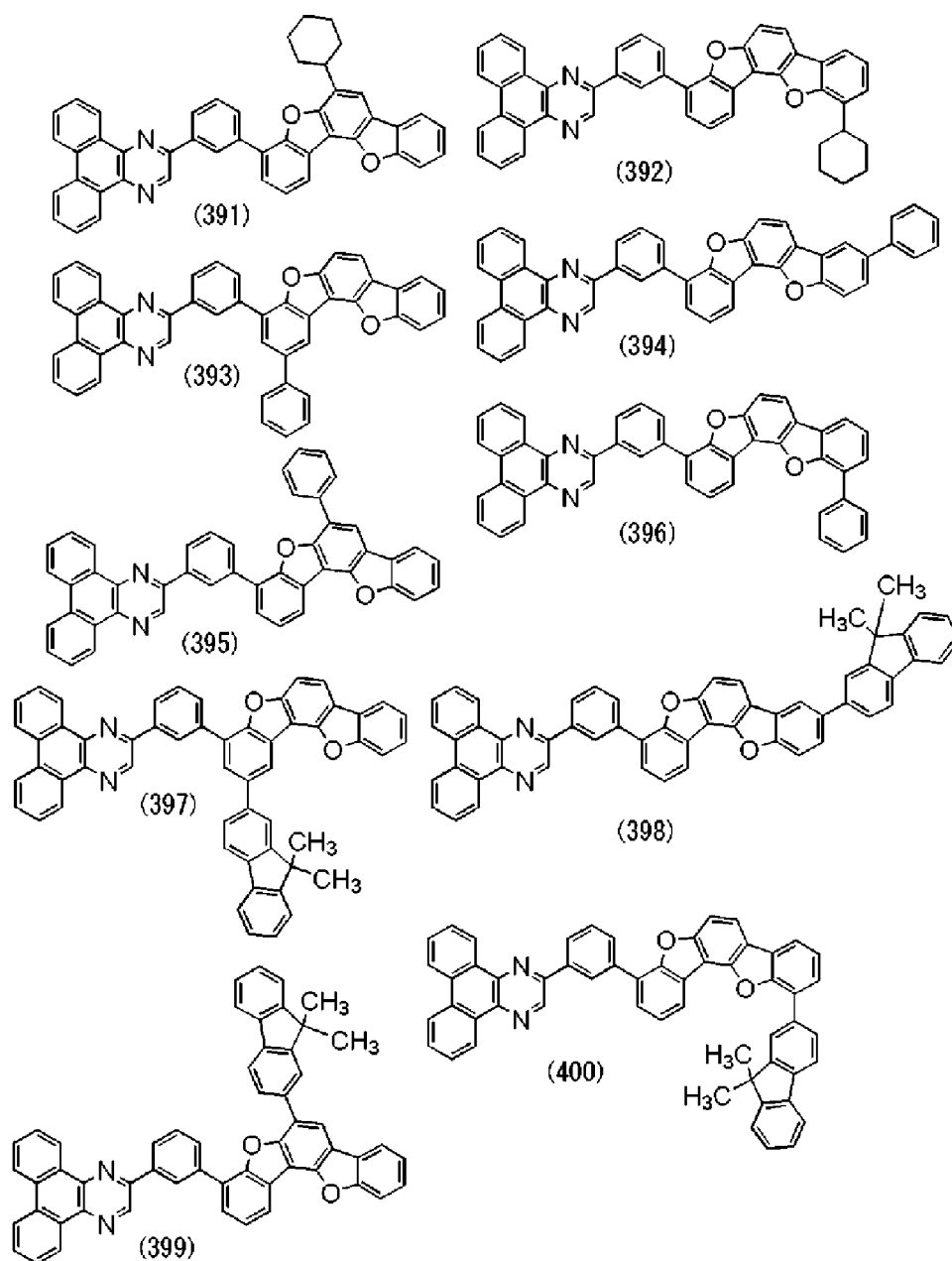
[Chemische Formeln 36]



[Chemische Formeln 37]



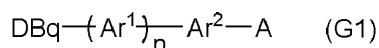
[Chemische Formeln 38]



[0050] Es sei angemerkt, dass die heterozyklischen Verbindungen, die durch die Strukturformeln (101) bis (184) und die Strukturformeln (201) bis (400) dargestellt werden, Beispiele für die heterozyklischen Verbindungen sind, die durch die allgemeinen Formeln (G1) und (G2) dargestellt werden, und die heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist nicht darauf beschränkt.

[0051] Als Nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Synthetisieren der heterozyklischen Verbindung beschrieben, bei der es sich um eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt und die durch die nachfolgende allgemeine Formel (G1) dargestellt wird. Es sei angemerkt, dass verschiedene Reaktionen bei dem Verfahren zum Synthetisieren der organischen Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, zum Einsatz kommen können, und die organische Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, kann beispielsweise durch das folgende Verfahren synthetisiert werden. Jedoch ist das Verfahren zum Synthetisieren der organischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, nicht auf das folgende Syntheseverfahren beschränkt.

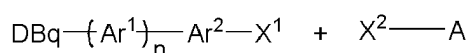
[Chemische Formel 39]



[0052] In der allgemeinen Formel (G1) stellt DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxalinyll-Gruppe dar, stellt Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar, stellt Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe dar. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar¹ und Ar² dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergebunden werden, um einen Ring zu bilden. Unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in der Benzobisbenzofuranyl-Gruppe bilden, ist ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an Ar² gebunden.

[0053] Ein Syntheschema (A) der heterozyklischen Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, wird nachstehend gezeigt. Wie bei dem Syntheschema (A) gezeigt, werden eine Dibenzo[f,h]chinoxalin-Verbindung (Verbindung 1) und eine Benzobisbenzofuran-Verbindung (Verbindung 2) gekuppelt, so dass die heterozyklische Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, synthetisiert werden kann.

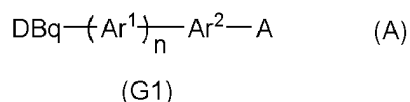
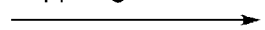
[Chemische Formeln 40]



Verbindung 1

Verbindung 2

Kupplungsreaktion



[0054] In dem Syntheschema (A) stellt DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxalinyll-Gruppe dar, stellt Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, stellt n 0 oder 1 dar, stellt Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und stellt A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe dar. Wenn die Arylen-Gruppe, die durch Ar¹ und Ar² dargestellt wird, Substituenten aufweist, können die Substituenten aneinandergebunden sein, um einen Ring zu bilden.

[0055] Wenn bei dem Syntheschema (A) eine Suzuki-Miyaura-Kupplungsreaktion unter Verwendung eines Palladiumkatalysators durchgeführt wird, stellen X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Halogen-Gruppe, eine Boronsäure-Gruppe, eine Organobor-Gruppe oder eine Triflat-Gruppe dar, und bei der Halogen-Gruppe handelt es sich vorzugsweise um Iod, Brom oder Chlor. Bei der Reaktion können eine Palladiumverbindung, wie z. B. Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0), Palladium(II)acetat, [1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocen]palladium(II)dichlorid oder Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0), und ein Ligand, wie z. B. Tri(tert-butyl)phosphin, Tri(n-hexyl)phosphin, Tricyclohexylphosphin, Di(1-adamantyl)-n-butylphosphin, 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl oder Tri(ortho-tolyl)phosphin, verwendet werden.

[0056] Außerdem kann bei der Reaktion, die in dem Syntheschema (A) gezeigt wird, eine organische Base, wie z. B. Natrium-tert-butoxid, eine anorganische Base, wie z. B. Kaliumkarbonat, Cäsiumkarbonat

oder Natriumkarbonat, oder dergleichen verwendet werden. Ferner kann Toluol, Xylen, Benzol, Tetrahydrofuran, Dioxan, Ethanol, Methanol, Wasser oder dergleichen als Lösungsmittel verwendet werden. Reagenzien, die verwendet werden können, sind nicht darauf beschränkt.

[0057] Die Reaktion in dem Syntheschema (A) ist nicht auf eine Suzuki-Miyaura-Kupplungsreaktion beschränkt, und eine Migita-Kosugi-Stille-Kupplungsreaktion unter Verwendung einer Organozinn-Verbindung, eine Kumada-Tamao-Corriu-Kupplungsreaktion unter Verwendung eines Grignard-Reagenzes, eine Negishi-Kupplungsreaktion unter Verwendung einer Organozink-Verbindung, eine Reaktion unter Verwendung von Kupfer oder einer Kupferverbindung oder dergleichen kann ebenfalls zur Anwendung kommen.

[0058] Im Falle der Verwendung der Migita-Kosugi-Stille-Kupplungsreaktion in dem Syntheschema (A) stellt entweder X¹ oder X² eine Organozinn-Gruppe dar und stellt die andere eine Halogen-Gruppe dar. Das heißt, dass eine der Verbindungen 1 und 2 eine Organozinn-Verbindung darstellt.

[0059] Im Falle der Verwendung der Kumada-Tamao-Corriu-Kupplungsreaktion in dem Syntheschema (A) stellt entweder X¹ oder X² eine Magnesiumhalogenid-Gruppe dar und stellt die andere eine Halogen-Gruppe dar. Das heißt, dass eine der Verbindungen 1 und 2 eine Grignard-Reagenz darstellt.

[0060] Im Falle der Verwendung der Negishi-Kupplungsreaktion in dem Syntheschema (A) stellt entweder X¹ oder X² eine Organozink-Gruppe dar und stellt die andere eine Halogen-Gruppe dar. Das heißt, dass eine der Verbindungen 1 und 2 eine Organozink-Verbindung darstellt.

[0061] Es sei angemerkt, dass bei der Synthese der organischen Verbindung (G1) der vorliegenden Erfindung, das Syntheseverfahren nicht auf das Syntheschema (A) beschränkt ist.

[0062] Bei dem Vorstehenden handelt es sich um die Beschreibung der Beispiele für ein Verfahren zum Synthetisieren der heterozyklischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt und ein anderes Syntheseverfahren kann zur Anwendung kommen.

[0063] Es sei angemerkt, dass die vorstehenden heterozyklischen Verbindungen, bei denen es sich um Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung handelt, jeweils eine Elektronentransporteigenschaft und eine Lochtransporteigenschaft aufweisen, und somit können sie als Wirtsmaterialien bei Licht emittierenden Schichten verwendet werden, oder sie können in Elektronentransportschichten und in Lochtransportschichten verwendet werden. Des Weiteren handelt es sich bei den vorstehenden heterozyklischen Verbindungen um Materialien mit einem hohen T1-Niveau, und somit werden sie vorzugsweise in Kombination mit einer Substanz, die Phosphoreszenz emittiert (ein phosphoreszierendes Material), als Wirtsmaterialien verwendet. Außerdem emittieren die vorstehenden heterozyklischen Verbindungen eine Fluoreszenz, und somit können sie als Licht emittierende Substanzen von Licht emittierenden Elementen verwendet werden. Demzufolge sind Licht emittierende Elemente, die diese heterozyklischen Verbindungen enthalten, ebenfalls als Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthalten.

[0064] Unter Verwendung der heterozyklischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Licht emittierendes Element, eine Licht emittierende Vorrichtung, ein elektronisches Gerät oder eine Beleuchtungsvorrichtung, die eine hohe Emissionseffizienz aufweisen, bereitgestellt werden. Es kann ebenfalls ein Licht emittierendes Element, eine Licht emittierende Vorrichtung, ein elektronisches Gerät oder eine Beleuchtungsvorrichtung mit einem niedrigen Stromverbrauch erhalten werden.

[0065] Es sei angemerkt, dass Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind. Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden bei den Ausführungsformen 2 bis 8 beschrieben. Jedoch sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt. Das heißt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf eine bestimmte Ausführungsform beschränkt ist, da verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in den Ausführungsformen 1 bis 8 offenbart werden. Obwohl ein Beispiel beschrieben wird, in dem eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei einem Licht emittierenden Element verwendet wird, ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt. Je nach Umständen oder Bedingungen kann eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei Gegenständen zum Einsatz kommen, die sich von einem Licht emittierenden Element unterscheiden. Des Weiteren muss je nach Umständen oder Bedingungen eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht bei einem Licht emittierenden Element zum Einsatz kommen.

[0066] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

(Ausführungsform 2)

[0067] Bei dieser Ausführungsform wird ein Licht emittierendes Element anhand von **Fig. 1A** und **Fig. 1B** beschrieben, bei dem es sich um eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt.

[0068] Bei dem Licht emittierenden Element, das bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, ist eine EL-Schicht 102, die eine Licht emittierende Schicht 113 umfasst, zwischen einem Paar von Elektroden (einer ersten Elektrode (Anode) 101 und einer zweiten Elektrode (Kathode) 103) angeordnet, und die EL-Schicht 102 umfasst neben der Licht emittierenden Schicht 113 eine Lochinjektionsschicht 111, eine Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 114, eine Elektroneninjektionsschicht 115 und dergleichen.

[0069] Wenn eine Spannung an das Licht emittierende Element angelegt wird, rekombinieren Löcher, die von der Seite der ersten Elektrode 101 injiziert werden, und Elektronen, die von der Seite der zweiten Elektrode 103 injiziert werden, in der Licht emittierenden Schicht 113; mit der durch die Rekombination erzeugten Energie emittiert eine Licht emittierende Substanz, wie z. B. ein metallorganischer Komplex, die in der Licht emittierenden Schicht 113 enthalten ist, Licht.

[0070] Die Lochinjektionsschicht 111 in der EL-Schicht 102 kann Löcher in die Lochtransportschicht 112 oder die Licht emittierende Schicht 113 injizieren und kann beispielsweise aus einer Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft und einer Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft ausgebildet werden, wobei in diesem Falle Elektronen durch die Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft aus der Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft extrahiert werden, um Löcher zu erzeugen. Demzufolge werden Löcher durch die Lochtransportschicht 112 von der Lochinjektionsschicht 111 in die Licht emittierende Schicht 113 injiziert. Für die Lochinjektionsschicht 111 kann auch eine Substanz mit einer hohen Lochinjektionseigenschaft verwendet werden. Beispielsweise können Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Rutheniumoxid, Wolframoxid, Manganoxid oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann die Lochinjektionsschicht 111 unter Verwendung einer auf Phthalocyanin basierenden Verbindung, wie z. B. Phthalocyanin (Abkürzung: H₂Pc) oder Kupferphthalocyanin (Abkürzung: CuPc), einer aromatischen Aminverbindung, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB) oder N,N'-Bis{4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl}-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin (Abkürzung: DNTPD), oder einer hochmolekularen Verbindung, wie z. B. Poly(3,4-ethyldioxythiophen)/Poly(styrolsulfonsäure) (Abkürzung: PEDOT/PSS) ausgebildet werden.

[0071] Ein konkretes Beispiel wird nachstehend beschrieben, in dem das bei dieser Ausführungsform beschriebene Licht emittierende Element hergestellt wird.

[0072] Für die erste Elektrode (Anode) 101 und die zweite Elektrode (Kathode) 103 können ein Metall, eine Legierung, eine elektrisch leitfähige Verbindung, ein Gemisch dieser und dergleichen verwendet werden. Konkrete Beispiele umfassen Indiumoxid-Zinnoxid (Indiumzinnoxid), Indiumoxid-Zinnoxid, das Silizium oder Siliziumoxid enthält, Indiumoxid-Zinkoxid (Indiumzinkoxid), Indiumoxid, das Wolframoxid und Zinkoxid enthält, Gold (Au), Platin (Pt), Nickel (Ni), Wolfram (W), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Palladium (Pd) und Titan (Ti). Weiterhin können ein Element, das zur Gruppe 1 oder 2 des Periodensystems gehört, beispielsweise ein Alkalimetall, wie z. B. Lithium (Li) oder Cäsium (Cs), ein Erdalkalimetall, wie z. B. Calcium (Ca) oder Strontium (Sr), Magnesium (Mg), und eine Legierung, die ein derartiges Element enthält (MgAg, AlLi), ein Seltenerdmetall, wie z. B. Europium (Eu) oder Ytterbium (Yb), und eine Legierung, die ein derartiges Element enthält, eine Graphenverbindung, wie z. B. Graphen oder Graphenoxid, und dergleichen verwendet werden. Die erste Elektrode (Anode) 101 und die zweite Elektrode (Kathode) 103 können beispielsweise durch ein Sputterverfahren oder ein Verdampfungsverfahren (einschließlich eines Vakuumverdampfungsverfahrens) ausgebildet werden.

[0073] Als Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft, die für die Lochinjektionsschicht 111 und die Lochtransportschicht 112 verwendet wird, können beliebige von verschiedenen organischen Verbindungen verwendet werden, wie z. B. aromatische Aminverbindungen, Carbazolderivate, aromatische Kohlenwasserstoffe und hochmolekulare Verbindungen (z. B. Oligomere, Dendrimere oder Polymere). Insbesondere wird vorzugsweise eine Substanz mit einer Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher verwendet. Die Schicht, die unter Verwendung der Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft ausgebildet wird, ist nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt und kann ausgebildet werden, indem zwei oder mehr Schichten

übereinander angeordnet werden. Organische Verbindungen, die als Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft verwendet werden können, werden eigens nachstehend angegeben.

[0074] Beispiele für die aromatischen Aminverbindungen umfassen N,N'-Di(p-tolyl)-N,N'-diphenyl-p-phenylendiamin (Abkürzung: DTDPPA), 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB), DNTPD, 1,3,5-Tris[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]benzol (Abkürzung: DPA3B), 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,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4''-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: MTDATA) und 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB) und dergleichen.

[0075] Konkrete Beispiele für die Carbazolderivate umfassen 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. Weitere Beispiele 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.

[0076] Beispiele für die aromatischen Kohlenwasserstoffe 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-9,10-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, Anthracen, Tetracen, Rubren, Perylen und 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylen und dergleichen. Ferner können Pentacen, Coronen oder dergleichen ebenfalls verwendet werden. Der aromatische Kohlenwasserstoff, der eine Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher aufweist und 14 bis 42 Kohlenstoffatome hat, wird besonders bevorzugt. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe können ein Vinylgerüst 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.

[0077] Eine hochmolekulare Verbindung, 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)methacrylamid] (Abkürzung: PTPDMA) oder Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD) kann ebenfalls verwendet werden.

[0078] Beispiele für die Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft, die für die Lochinjektionsschicht 111 und die Lochtransportschicht 112 verwendet wird, umfassen Verbindungen 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: F₄-TCNQ), Chloranil und 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaazatriphenylen (HAT-CN). Insbesondere ist eine Verbindung, in der elektronenziehende Gruppen an einen kondensierten aromatischen Ring mit einer Vielzahl von Heteroatomen gebunden sind, wie z. B. HAT-CN, thermisch stabil und vorzuziehen. Oxide der Metalle, die zu den Gruppen 4 bis 8 des Periodensystems gehören, können angegeben werden. Insbesondere sind Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid und Rheniumoxid bevorzugt, da ihre elektronenaufnehmende Eigenschaft hoch ist. Unter diesen wird Molybdänoxid besonders bevorzugt, weil es an der Luft stabil ist, eine geringe hygroskopische Eigenschaft aufweist und leicht zu handhaben ist.

[0079] Die Licht emittierende Schicht 113 enthält eine Licht emittierende Substanz, bei der es sich um eine fluoreszierende Substanz oder eine phosphoreszierende Substanz handeln kann. Als phosphoreszierende Substanz wird insbesondere ein metallorganischer Komplex verwendet. In dem Fall, in dem ein metallorganischer Komplex (Gastmaterial) bei der Licht emittierenden Schicht 113 verwendet wird, ist vorzugsweise eine Substanz mit einer höheren Triplett-Anregungsenergie als diejenige dieses metallorganischen Komplexes als Wirtsmaterial enthalten. Alternativ kann die Licht emittierende Schicht 113 neben der Licht emittierenden Substanz zwei Arten von organischen Verbindungen enthalten, die einen angeregten Komplex (auch als Exciplex bezeichnet) bei der Rekombination von Ladungsträgern (Elektronen und Löchern) in der Licht emit-

tierenden Schicht 113 bilden können (die zwei Arten von organischen Verbindungen können, wie vorstehend beschrieben, beliebige der Wirtsmaterialien sein). Um einen Exciplex effizient zu bilden, wird insbesondere die Kombination einer Verbindung, die leicht Elektronen akzeptiert (ein Material mit einer Elektronentransporteigenschaft) und einer Verbindung, die leicht Löcher akzeptiert (ein Material mit einer Lochtransporteigenschaft) bevorzugt. In dem Fall, in dem die Kombination aus einem Material mit einer Elektronentransporteigenschaft und einem Material mit einer Lochtransporteigenschaft, die einen Exciplex bilden, als Wirtsmaterial verwendet wird, kann, wie vorstehend beschrieben, das Ladungsträgergleichgewicht zwischen Löchern und Elektronen in der Licht emittierenden Schicht leicht optimiert werden, indem das Mischverhältnis des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft und des Materials mit einer Lochtransporteigenschaft angepasst wird. Die Optimierung des Ladungsträgergleichgewichts zwischen Löchern und Elektronen in der Licht emittierenden Schicht kann verhindern, dass es auf einer Seite in der Licht emittierenden Schicht einen Bereich gibt, in dem Elektronen und Löcher rekombinieren. Indem verhindert wird, dass es den Bereich in dem Elektronen und Löcher rekombinieren, auf einer Seite gibt, kann die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements verbessert werden.

[0080] Als Verbindung, die vorzugsweise verwendet wird, um den vorstehenden Exciplex zu bilden, und leicht Elektronen akzeptiert (Material mit einer Elektronentransporteigenschaft), kann eine π -elektronenarme heteroaromatische Verbindung, wie z. B. eine Stickstoff enthaltende heteroaromatische Verbindung, ein Metallkomplex oder dergleichen verwendet werden. Konkrete Beispiele umfassen Metallkomplexe, wie z. B. Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato) (4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BA1q), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ); heterozyklische Verbindungen mit Polyazolgerüsten, wie z. B. 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 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), 2,2',2''-(1,3,5-Benzotriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI) und 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBI-II); heterozyklische Verbindungen mit Diazingerüsten, 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: 2mDBTPDBq-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), 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm), 4,6-Bis[3-(4-dibenzothiophenyl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II) und 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), eine heterozyklische Verbindung mit einem Triazingerüst, 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) und heterozyklische Verbindungen mit Pyridingerüsten, wie z. B. 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy) und 1,3,5-Tri[3-(3-pyridyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TmPyPB). Unter den vorstehenden Materialien sind die heterozyklischen Verbindungen mit Diazingerüsten, diejenigen mit Triazingerüsten und diejenigen mit Pyridingerüsten hochzuverlässig und bevorzugt. Insbesondere weisen die heterozyklischen Verbindungen mit Diazin- (Pyrimidin- oder Pyrazin-) Gerüsten und diejenigen mit Triazingerüsten eine hohe Elektronentransporteigenschaft auf und tragen zu einer Verringerung der Antriebsspannung bei.

[0081] Als Verbindung, die vorzugsweise verwendet wird, um den vorstehenden Exciplex zu bilden, und leicht Löcher akzeptiert (das Material mit einer Lochtransporteigenschaft), kann eine π -elektronenreiche heteroaromatische Verbindung (z. B. ein Carbazolderivat oder ein Indolderivat), eine aromatische Aminverbindung oder dergleichen vorteilhaft verwendet werden. Konkrete Beispiele umfassen Verbindungen mit aromatischen Amingerüsten, wie z. B. 2-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: PCASF), 4,4',4''-Tris[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: 1'-TNATA), 2,7-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: DPA2SF), N,N'-Bis(9-phenylcarbazol-3-yl)-N,N'-diphenylbenzol-1,3-diamin (Abkürzung: PCA2B), N-(9,9-Dimethyl-2-diphenylamino-9H-fluoren-7-yl)diphenylamin (Abkürzung: DPNF), N,N,N'-Triphenyl-N,N,N'-tris(9-phenylcarbazol-3-yl)benzol-1,3,5-triamin (Abkürzung: PCA3B), 2-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: DPASF), N,N'-Bis[4-(carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenyl-9,9-dimethylfluoren-2,7-diamin (Abkürzung: YGA2F), NPB, N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB), 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), PCzPCA1, 3-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-

phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA1), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA2), DNTPD, 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-(1-naphthyl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzTPN2), PCzPCA2, 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), 3-[N-(1-Naphthyl)-N-(9-phenylcarbazol-3-yl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCN1), 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), N-(4-Biphenyl)-N-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-9-phenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCBiF) und N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), Verbindungen mit Carbazolgerüsten, wie z. B. 1,3-Bis(N-carbazolyl)benzol (Abkürzung: mCP), CBP, 3,6-Bis(3,5-diphenylphenyl)-9-phenylcarbazol (Abkürzung: CzTP) und 9-Phenyl-9H-3-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)carbazol (Abkürzung: PCCP), Verbindungen mit Thiophengerüsten, wie z. B. 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothiophen) (Abkürzung: DBT3P-II), 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III) und 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV) und Verbindungen mit Furangerüsten, wie z. B. 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II) und 4-[3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl]dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLi-II). Unter den vorstehenden Materialien werden die Verbindungen mit aromatischen Amingerüsten und die Verbindungen mit Carbazolgerüsten bevorzugt, da diese Verbindungen hochzuverlässig sind, eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweisen und zu einer Verringerung der Antriebsspannung beitragen.

[0082] Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Licht emittierende Schicht 113 den vorstehend beschriebenen metallorganischen Komplex (Gastmaterial) und das Wirtsmaterial enthält, eine Phosphoreszenz mit einer hohen Emissionseffizienz von der Licht emittierenden Schicht 113 erhalten werden kann.

[0083] Bei dem Licht emittierenden Element weist die Licht emittierende Schicht 113 nicht notwendigerweise die in **Fig. 1A** dargestellte einschichtige Struktur auf, und sie kann eine wie in **Fig. 1B** dargestellte mehrschichtige Struktur aufweisen, die zwei oder mehr Schichten umfasst. In diesem Fall emittiert jede Schicht der mehrschichtigen Struktur Licht. Beispielsweise wird eine Fluoreszenz von einer ersten Licht emittierenden Schicht 113(a1) erhalten, und eine Phosphoreszenz wird von einer zweiten Licht emittierenden Schicht 113(a2) erhalten, die über der ersten Licht emittierenden Schicht angeordnet ist. Es sei angemerkt, dass die Reihenfolge der angeordneten Schichten umgekehrt sein kann. Vorzugsweise wird eine Lichtemission infolge der Energieübertragung von einem Exciplex auf einen Dotierstoff von der Schicht erhalten, die eine Phosphoreszenz emittiert. Die Emissionsfarbe der einen Schicht und diejenige der anderen Schicht können gleich oder unterschiedlich sein. In dem Fall, in dem die Emissionsfarben unterschiedlich sind, kann eine Struktur ausgebildet werden, bei der beispielsweise blaues Licht von einer Schicht und oranges, gelbes Licht oder dergleichen von der anderen Schicht erhalten werden kann. Jede Schicht kann auch mehrere Arten von Dotierstoffen enthalten.

[0084] Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Licht emittierende Schicht 113 eine mehrschichtige Struktur aufweist, eine Licht emittierende Substanz, die die Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandelt, oder eine Licht emittierende Substanz, die die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandelt, eigenständig oder in Kombination verwendet werden können. In diesem Falle können die folgenden Substanzen verwendet werden.

[0085] Als Beispiel für die Licht emittierende Substanz, die die Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandelt, kann eine Substanz, die eine Fluoreszenz emittiert (eine fluoreszierende Verbindung), angegeben werden.

[0086] Beispiele für die Substanz, die eine Fluoreszenz emittiert, umfassen N,N'-Bis[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylstilben-4,4'-diamin (Abkürzung: YGA2S), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: YGAPA), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(9,10-diphenyl-2-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: 2YGAPPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), Perylen, 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylene (Abkürzung: TBP), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), N,N''-(2-tert-Butylanthracen-9,10-diyl-di-4,1-phenylen)bis[N,N,N'-triphenyl-1,4-phenyldiamin] (Abkürzung: DPABPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(9,10-diphenyl-2-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-N,N,N-triphenyl-1,4-phenyldiamin (Abkürzung: 2DPAPPA), N,N,N',N',N'',N'',N'',N''-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysen-2,7,10,15-tetraamin (Abkürzung: DBC1), Cumarin 30, N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,9-diphenyl-9H-car-

bazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCABPhA), N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPABPhA), 9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-N-[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N-phenylantracen-2-amin (Abkürzung: 2YGABPhA), N,N,9-Triphenylantracen-9-amin (Abkürzung: DPhAPhA), Cumarin 545T, N,N-Diphenylchinacridon (Abkürzung: DPQd), Rubren, 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT), 2-(2-{2-[4-(Dimethylamino)phenyl]ethenyl}-6-methyl-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: DCM2), N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD), 7,14-Diphenyl-N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthren-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-{2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: DCJTl), 2-{2-tert-Butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: DCJTB), 2-(2,6-Bis{2-[4-(dimethylamino)phenyl]ethenyl}-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: BisDCM), 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: BisDCJTM) und dergleichen.

[0087] Beispiele für die Licht emittierende Substanz, die die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandelt, umfassen eine Substanz, die eine Phosphoreszenz emittiert (eine phosphoreszierende Verbindung), und ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (thermally activated delayed fluorescent, TADF-) Material, das eine thermisch aktivierte, verzögerte Fluoreszenz emittiert. Es sei angemerkt, dass sich eine „verzögerte Fluoreszenz“, die von dem TADF-Material emittiert wird, auf eine Lichtemission bezieht, die das gleiche Spektrum wie eine normale Fluoreszenz und eine sehr lange Lebensdauer aufweist. Die Lebensdauer ist 1×10^{-6} Sekunden oder länger, bevorzugt 1×10^{-3} Sekunden oder länger.

[0088] Beispiele für die Substanz, die eine Phosphoreszenz emittiert, umfassen Bis{2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C^{2'}}iridium(III)picolinat (Abkürzung: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(acac)), Tris(2-phenylpyridinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(ppy)₃]), Bis(2-phenylpyridinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(ppy)₂(acac)]), Tris(acetylacetonato) (monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: [Tb(acac)₃(Phen)]), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(bzq)₂(acac)]), 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)]), Bis(2-phenylbenzothiazolato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(bt)₂(acac)]), Bis[2-(2'-benzo[4,5-a]thienyl)pyridinato-N,C^{3'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(btp)₂(acac)]), Bis(1-phenylisochinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(piq)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorphenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Fdpq)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppr-Me)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tppr)₂(acac)]), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato) (dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tppr)₂(dpm)]), (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dpmm)₂(acac)]), 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrinplatin(II) (Abkürzung: PtOEP), Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(I II) (Abkürzung: [Eu(DBM)₃(Phen)]), Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato] (monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: [Eu(TTA)₃(Phen)]) und dergleichen.

[0089] Beispiele für das TADF-Material umfassen Fulleren, ein Derivat davon, ein Akridinderivat, wie z. B. Proflavin, und Eosin und dergleichen. Weitere Beispiele umfassen ein metallhaltiges Porphyrin, wie z. B. Porphyrin, das Magnesium (Mg), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Zinn (Sn), Platin (Pt), Indium (In) oder Palladium (Pd) enthält. Beispiele für das metallhaltige Porphyrin umfassen einen Protoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Proto IX)), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Meso IX)), einen Hämatoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Hämato IX)), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Copro III-4Me)), einen Oktaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(OEP)), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Etio I)), einen Oktaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (Abkürzung: PtCl₂OEP) und dergleichen. Alternativ kann eine heterozyklische Verbindung mit einem π -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und einem π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring verwendet werden, wie z. B. 2-(Biphenyl-4-yl)-4,6-bis(12-phenylindolo[2,3-a]carbazol-11-yl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: PIC-TRZ). Es sei angemerkt, dass ein Material, bei dem der π -elektronenreiche heteroaromatische Ring direkt an den π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring gebunden ist, besonders bevorzugt verwendet wird, da sowohl die Donatoreigenschaft des π -elektronenreichen heteroarom-

matischen Rings als auch die Akzeptoreigenschaft des π -elektronenarmen heteroaromatischen Rings erhöht werden und die Energiedifferenz zwischen dem S_1 -Niveau und dem T_1 -Niveau verringert wird.

[0090] Die Elektronentransportschicht 114 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft (auch als Elektronentransportverbindung bezeichnet) enthält. Für die Elektronentransportschicht 114 kann ein Metallkomplex, wie z. B. Tris(8-chinolinolato)aluminium (Abkürzung: Alq₃), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium (Abkürzung: Almq₃), BeBq₂, BAq, Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzoxazolato]zink (Abkürzung: Zn(BOX)₂) oder Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzothiazolato]zink (Abkürzung: Zn(BTZ)₂), verwendet werden. Alternativ kann eine heteroaromatische Verbindung, wie z. B. PBD, OXD-7, TAZ, 3-(4-tert-Butylphenyl)-4-(4-ethylphenyl)-5-(4-biphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: p-EtTAZ), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) oder 4,4'-Bis(5-methylbenzoxazol-2-yl)stilben (Abkürzung: BzOs), ebenfalls verwendet werden. Eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Poly(2,5-pyridindiy) (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 ebenfalls verwendet werden. Die hier genannten Substanzen sind hauptsächlich solche, die eine Elektronenbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm²/Vs oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass für die Elektronentransportschicht 114 eine Substanz verwendet werden kann, die sich von den hier genannten Substanzen unterscheidet, solange die Elektronentransporteigenschaft höher ist als die Lochtransporteigenschaft.

[0091] Die Elektronentransportschicht 114 ist nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt, sondern kann eine Mehrschicht sein, die zwei oder mehr Schichten umfasst, die jeweils eine beliebige der vorstehend genannten Substanzen enthalten.

[0092] Die Elektroneninjectionsschicht 115 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Elektroneninjectionseigenschaft enthält. Für die Elektroneninjectionsschicht 115 kann ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, oder eine Verbindung dieser, wie z. B. Lithiumfluorid (LiF), Cäsiumfluorid (CsF), Calciumfluorid (CaF₂) oder Lithiumoxid (LiO_x), verwendet werden. Eine Seltenerdmetallverbindung, wie z. B. Erbiumfluorid (ErF₃), kann ebenfalls verwendet werden. Ein Elektrid kann ebenfalls für die Elektroneninjectionsschicht 115 verwendet werden. Beispiele für das Elektrid umfassen eine Substanz, in der Elektronen in einer hohen Konzentration zu Calciumoxid-Aluminiumoxid hinzugefügt worden sind. Beliebige der Substanzen zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 114, die vorstehend angegeben worden sind, können verwendet werden.

[0093] Ein Verbundmaterial, bei dem eine organische Verbindung und ein Elektronendonator (Donator) vermischt sind, kann ebenfalls für die Elektroneninjectionsschicht 115 verwendet werden. Ein derartiges Verbundmaterial weist eine ausgezeichnete Elektroneninjectionseigenschaft 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 ausgezeichnet transportieren kann. Insbesondere können beispielsweise die Substanzen zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 (z. B. ein Metallkomplex oder eine heteroaromatische Verbindung) verwendet werden, die vorstehend angegeben worden sind. 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, Cäsium, Magnesium, Calcium, Erbium, Ytterbium und dergleichen 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 ebenfalls verwendet werden. Eine organische Verbindung, wie z. B. Tetrathiafulvalen (Abkürzung: TTF), kann ebenfalls verwendet werden.

[0094] Es sei angemerkt, dass die Lochinjectionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Licht emittierende Schicht 113, die Elektronentransportschicht 114 und die Elektroneninjectionsschicht 115 jeweils durch ein beliebiges der folgenden Verfahren oder durch eine beliebige Kombination der folgenden Verfahren ausgebildet werden können: ein Verdampfungsverfahren (einschließlich eines Vakuumverdampfungsverfahrens), ein Druckverfahren (wie z. B. Hochdruck, Tiefdruck, Kupfertiefdruck, Flachdruck und Schablonendruck), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren und dergleichen. 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), für die Lochinjectionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Licht emittierende Schicht 113, die Elektronentransportschicht 114 und die Elektroneninjectionsschicht 115 verwendet werden, die vorstehend beschrieben worden sind.

[0095] Auf die vorstehend beschriebene Art und Weise kann ein Licht emittierendes Element, bei dem eine EL-Schicht zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet ist, hergestellt werden.

[0096] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

(Ausführungsform 3)

[0097] Bei dieser Ausführungsform wird ein Licht emittierendes Element (nachstehend als Licht emittierendes Tandemelement bezeichnet) beschrieben, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist und eine Vielzahl von EL-Schichten umfasst.

[0098] Ein Licht emittierendes Element, das bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, ist ein Licht emittierendes Tandemelement, das, wie in **Fig. 2A** dargestellt, eine Vielzahl von EL-Schichten (eine erste EL-Schicht 202(1) und eine zweite EL-Schicht 202(2)) und eine dazwischen bereitgestellte Ladungserzeugungsschicht 205 zwischen einem Paar von Elektroden (einer ersten Elektrode 201 und einer zweiten Elektrode 204) umfasst.

[0099] Bei dieser Ausführungsform dient die erste Elektrode 201 als Anode, und die zweite Elektrode 204 dient als Kathode. Es sei angemerkt, dass die erste Elektrode 201 und die zweite Elektrode 204 Strukturen aufweisen können, die denjenigen ähnlich sind, die bei der Ausführungsform 2 beschrieben worden sind. Außerdem können beide oder eine beliebige der EL-Schichten (der ersten EL-Schicht 202(1) und der zweiten EL-Schicht 202(2)) Strukturen aufweisen, die denjenigen ähnlich sind, die bei der Ausführungsform 2 beschrieben worden sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der ersten EL-Schicht 202(1) und der zweiten EL-Schicht 202(2) können gleich sein oder sich voneinander unterscheiden. Wenn sich die Strukturen gleichen, kann auf die Ausführungsform 2 verwiesen werden.

[0100] Die Ladungserzeugungsschicht 205, die zwischen der Vielzahl von EL-Schichten (der ersten EL-Schicht 202(1) und der zweiten EL-Schicht 202(2)) bereitgestellt ist, weist eine Funktion zum Injizieren von Elektronen in eine der EL-Schichten und Injizieren von Löchern in die andere der EL-Schichten auf, wenn eine Spannung zwischen der ersten Elektrode 201 und der zweiten Elektrode 204 angelegt wird. Wenn bei dieser Ausführungsform eine Spannung derart angelegt wird, dass das Potential der ersten Elektrode 201 höher ist als dasjenige der zweiten Elektrode 204, injiziert die Ladungserzeugungsschicht 205 Elektronen in die erste EL-Schicht 202(1) und Löcher in die zweite EL-Schicht 202(2).

[0101] Es sei angemerkt, dass die Ladungserzeugungsschicht 205, in Bezug auf die Lichtextraktionseffizienz, vorzugsweise eine Eigenschaft zum Durchlassen von sichtbarem Licht aufweist (im Besonderen weist die Ladungserzeugungsschicht 205 eine Durchlässigkeit für sichtbares Licht von 40 % oder mehr auf). Die Ladungserzeugungsschicht 205 arbeitet selbst dann, wenn sie eine geringere Leitfähigkeit aufweist als die erste Elektrode 201 oder die zweite Elektrode 204.

[0102] Die Ladungserzeugungsschicht 205 kann entweder eine Struktur, bei der ein Elektronenakzeptor (Akzeptor) einer organischen Verbindung, die eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweist, zugesetzt ist, oder eine Struktur aufweisen, bei der ein Elektronendonator (Donator) einer organischen Verbindung, die eine hohe Elektronentransporteigenschaft aufweist, zugesetzt ist. Alternativ können beide dieser Strukturen übereinander angeordnet sein.

[0103] Im Falle der Struktur, bei der ein Elektronenakzeptor einer organischen Verbindung, die eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweist, zugesetzt ist, können als organische Verbindung, die eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweist, die Substanzen verwendet werden, die eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweisen und bei der Ausführungsform 2 als Substanzen angegeben worden sind, die für die Lochinjektionsschicht 111 und die Lochtransportschicht 112 verwendet werden. Beispielsweise kann eine aromatische Aminverbindung, wie z. B. NPB, TPD, TDATA, MTDATA, BSPB, oder dergleichen verwendet werden. Die hier genannten Substanzen sind hauptsächlich solche, die eine Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass jede organische Verbindung, die sich von den hier genannten Verbindungen unterscheidet, verwendet werden kann, solange die Lochtransporteigenschaft höher ist als die Elektronentransporteigenschaft.

[0104] Als Elektronenakzeptor können 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (Abkürzung: F₄-TCNQ), Chloranil und dergleichen angegeben werden. Ferner können Oxide der Metalle, die zu den Gruppen

4 bis 8 des Periodensystems gehören, angegeben werden. Insbesondere werden Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid und Rheniumoxid auf Grund ihrer hohen Elektronenakzeptoreigenschaften bevorzugt. Unter diesen wird Molybdänoxid besonders bevorzugt, weil es an der Luft stabil ist, eine geringe hygroskopische Eigenschaft aufweist und leicht zu handhaben ist.

[0105] Im Falle der Struktur, bei der ein Elektronendonator einer organischen Verbindung, die eine hohe Elektronentransporteigenschaft aufweist, zugesetzt ist, können als organische Verbindung, die eine hohe Elektronentransporteigenschaft aufweist, die Substanzen verwendet werden, die eine hohe Elektronentransporteigenschaft aufweisen und bei der Ausführungsform 2 als Substanzen angegeben worden sind, die für die Elektronentransportschicht 114 verwendet werden. Beispielsweise kann ein Metallkomplex mit einem Chinolingerüst oder einem Benzochinolingerüst, wie z. B. Alq, Almq₃, BeBq₂ oder BAlq, oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann ein Metallkomplex mit einem Liganden auf Oxazol-Basis oder einem Liganden auf Thiazol-Basis verwendet werden, wie z. B. Zn(BOX)₂ oder Zn(BTZ)₂. Alternativ kann, zusätzlich zu einem derartigen Metallkomplex, PBD, OXD-7, TAZ, Bphen, BCP oder dergleichen verwendet werden. Die hier genannten Substanzen sind hauptsächlich solche, die eine Elektronenbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass jede organische Verbindung, die sich von den hier genannten Verbindungen unterscheidet, verwendet werden kann, solange die Elektronentransporteigenschaft höher ist als die Lochtransporteigenschaft.

[0106] Als Elektronendonator kann ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall, Metalle, die zu den Gruppen 2 und 13 des Periodensystems gehören, oder ein Oxid oder Karbonat dieser verwendet werden. Insbesondere wird vorzugsweise Lithium (Li), Cäsium (Cs), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Ytterbium (Yb), Indium (In), Lithiumoxid, Cäsiumkarbonat oder dergleichen verwendet. Alternativ kann eine organische Verbindung, wie z. B. Tetrathianaphthacen, als Elektronendonator verwendet werden.

[0107] Es sei angemerkt, dass das Ausbilden der Ladungserzeugungsschicht 205 unter Verwendung eines der vorstehenden Materialien einen durch die Schichtanordnung der EL-Schichten verursachten Anstieg der Antriebsspannung unterdrücken kann. Die Ladungserzeugungsschicht 205 kann durch ein beliebiges Verfahren der folgenden Verfahren oder durch eine beliebige Kombination dieser ausgebildet werden: ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Druckverfahren (wie z. B. Hochdruck, Tiefdruck, Kupfertiefdruck, Flachdruck und Schablonendruck), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren und dergleichen.

[0108] Obwohl bei dieser Ausführungsform das Licht emittierende Element mit zwei EL-Schichten beschrieben wird, kann die vorliegende Erfindung in ähnlicher Weise auf ein Licht emittierendes Element angewendet werden, bei dem, wie in **Fig. 2B** dargestellt, n EL-Schichten (202(1) bis 202(n)) (n ist drei oder mehr) übereinander angeordnet sind. In dem Fall, in dem, wie bei dem Licht emittierenden Element dieser Ausführungsform, eine Vielzahl von EL-Schichten zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet ist, kann durch das Bereitstellen von Ladungserzeugungsschichten (205(1) bis 205(n-1)) zwischen den EL-Schichten eine Lichtemission in einem hohen Leuchtdichtebereich erhalten werden, wobei die Stromdichte niedrig gehalten wird. Da die Stromdichte niedrig gehalten werden kann, kann das Element eine lange Lebensdauer aufweisen.

[0109] Wenn die EL-Schichten unterschiedliche Emissionsfarben aufweisen, kann von dem Licht emittierenden Element als Ganzes eine gewünschte Emissionsfarbe erhalten werden. Wenn es sich beispielsweise bei einem Licht emittierenden Element mit zwei EL-Schichten bei einer Emissionsfarbe der ersten EL-Schicht und einer Emissionsfarbe der zweiten EL-Schicht um Komplementärfarben handelt, kann das Licht emittierende Element als Ganzes weißes Licht emittieren. Es sei angemerkt, dass „Komplementärfarben“ Farben meinen, bei denen eine achromatische Farbe erhalten wird, wenn sie gemischt werden. Mit anderen Worten: Wenn Licht von Komplementärfarben gemischt wird, kann eine weiße Lichtemission erhalten werden. Als Beispiel wird im Besonderen eine Kombination angegeben, bei der eine blaue Lichtemission von der ersten EL-Schicht erhalten wird und eine gelbe oder orange Lichtemission von der zweiten EL-Schicht erhalten wird. In diesem Fall ist es unnötig, dass es sich sowohl bei der blauen Lichtemission als auch bei der gelben (oder orangen) Lichtemission um Fluoreszenzen bzw. Phosphoreszenzen handelt. Beispielsweise kann eine Kombination, bei der es sich bei einer blauen Lichtemission um eine Fluoreszenz handelt und bei einer gelben (orangen) Lichtemission um eine Phosphoreszenz handelt, oder eine Kombination zum Einsatz kommen, bei der es sich bei einer blauen Lichtemission um eine Phosphoreszenz handelt und bei einer gelben (orangen) Lichtemission um eine Fluoreszenz handelt.

[0110] Das Gleiche kann auf ein Licht emittierendes Element mit drei EL-Schichten angewendet werden. Beispielsweise kann das Licht emittierende Element als Ganzes eine weiße Lichtemission bereitstellen,

wenn die Emissionsfarbe der ersten EL-Schicht rot ist, die Emissionsfarbe der zweiten EL-Schicht grün ist und die Emissionsfarbe der dritten EL-Schicht blau ist.

[0111] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

(Ausführungsform 4)

[0112] Bei dieser Ausführungsform wird die Verwendung eines Licht emittierenden Elements in einer Licht emittierenden Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0113] Die Licht emittierende Vorrichtung kann entweder eine Licht emittierende Vorrichtung mit Passivmatrix oder eine Licht emittierende Vorrichtung mit Aktivmatrix sein. Eines der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Licht emittierenden Elemente kann bei der bei dieser Ausführungsform beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung verwendet werden.

[0114] Bei dieser Ausführungsform wird zunächst eine Licht emittierende Vorrichtung mit Aktivmatrix anhand von **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** beschrieben.

[0115] Es sei angemerkt, dass **Fig. 3A** eine Draufsicht ist, die eine Licht emittierende Vorrichtung darstellt, und **Fig. 3B** eine Querschnittsansicht ist, die entlang der Strichpunktlinie A-A' in **Fig. 3A** entnommen wurde. Die Licht emittierende Vorrichtung mit Aktivmatrix umfasst einen Pixelabschnitt 302, der über einem Elementsubstrat 301 bereitgestellt ist, einen Treiberschaltungsabschnitt (eine Sourceleitungs-Treiberschaltung) 303 und Treiberschaltungsabschnitte (Gateleitungs-Treiberschaltungen) 304a und 304b. Der Pixelabschnitt 302, der Treiberschaltungsabschnitt 303 und die Treiberschaltungsabschnitte 304a und 304b sind mit einem Dichtungsmittel 305 zwischen dem Elementsubstrat 301 und einem Dichtungssubstrat 306 abgedichtet.

[0116] Darüber hinaus ist über dem Elementsubstrat 301 eine Anschlussleitung 307 zum Verbinden eines externen Eingangsanschlusses bereitgestellt, durch die ein Signal (z. B. ein Videosignal, ein Taktsignal, ein Startsignal oder ein Rücksetzsignal) oder ein Potential von außen auf den Treiberschaltungsabschnitt 303 und die Treiberschaltungsabschnitte 304a und 304b übertragen wird. Hier wird ein Beispiel beschrieben, in dem eine flexible gedruckte Schaltung (FPC) 308 als externer Eingangsanschluss bereitgestellt ist. Obwohl hier nur die FPC dargestellt wird, kann die FPC mit einer gedruckten Leiterplatte (printed wiring board, PWB) versehen sein. Die Licht emittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung umfasst in ihrer Kategorie nicht nur die Licht emittierende Vorrichtung als solche, sondern auch die Licht emittierende Vorrichtung, die mit der FPC oder der PWB versehen ist.

[0117] Als Nächstes wird eine Querschnittsstruktur anhand von **Fig. 3B** beschrieben. Die Treiberschaltungsabschnitte und der Pixelabschnitt sind über dem Elementsubstrat 301 ausgebildet; hier werden der Treiberschaltungsabschnitt 303, der die Sourceleitungs-Treiberschaltung ist, und der Pixelabschnitt 302 dargestellt.

[0118] Der Treiberschaltungsabschnitt 303 stellt ein Beispiel dar, in dem FETs 309 und 310 kombiniert sind. Es sei angemerkt, dass der Treiberschaltungsabschnitt 303 mit einer Schaltung, die Transistoren mit dem gleichen Leitungstyp (entweder n-Kanal-Transistoren oder p-Kanal-Transistoren) umfasst, oder mit einer CMOS-Schaltung ausgebildet werden kann, die einen n-Kanal-Transistor sowie einen p-Kanal-Transistor umfasst. Obwohl diese Ausführungsform einen treiberintegrierten Typ zeigt, bei dem die Treiberschaltung über dem Substrat ausgebildet ist, muss die Treiberschaltung nicht notwendigerweise über dem Substrat ausgebildet sein, und sie kann außerhalb des Substrats ausgebildet werden.

[0119] Der Pixelabschnitt 302 umfasst einen Schalt-FET (nicht dargestellt) und einen Stromsteuerungs-FET 312, und eine Leitung des Stromsteuerungs-FETs 312 (eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode) ist elektrisch mit einer ersten Elektrode (Anode) (313a oder 313b) eines Licht emittierenden Elements 317a oder 317b verbunden. Obwohl bei dieser Ausführungsform der Pixelabschnitt 302 zwei Arten von FETs umfasst (den Schalt-FET und die Stromsteuerungs-FETs 312) ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung jedoch nicht darauf beschränkt. Der Pixelabschnitt 302 kann beispielsweise drei oder mehr Arten von FETs in Kombination mit einem Kondensator umfassen.

[0120] Beispielsweise kann für die FETs 309, 310 und 312 ein Staggered-Transistor oder ein Inverted-Staggered-Transistor verwendet werden. Beispiele für ein Halbleitermaterial, das für die FETs 309, 310 und 312 verwendet werden kann, umfassen einen Halbleiter der Gruppe 13, einen Halbleiter der Gruppe 14 (z. B. Sili-

zium), einen Verbundhalbleiter, einen Oxidhalbleiter sowie einen organischen Halbleiter. Des Weiteren gibt es keine besondere Einschränkung bezüglich der Kristallinität des Halbleitermaterials, und es kann ein amorpher Halbleiterfilm oder ein kristalliner Halbleiterfilm verwendet werden. Insbesondere wird vorzugsweise ein Oxidhalbleiter für die FETs 309, 310 und 312 verwendet. Beispiele für den Oxidhalbleiter umfassen In-Ga-Oxide und In-M-Zn-Oxide (M stellt Al, Ga, Y, Zr, La, Ce, Hf oder Nd dar) und dergleichen. Beispielsweise wird ein Oxidhalbleitermaterial, das eine Energielücke von 2 eV oder mehr, bevorzugt 2,5 eV oder mehr, stärker bevorzugt 3 eV oder mehr aufweist, verwendet, so dass der Sperrstrom der Transistoren verringert werden kann.

[0121] Außerdem werden leitfähige Filme (320a und 320b) für die optische Anpassung über den ersten Elektroden 313a und 313b angeordnet. In dem Fall, in dem sich beispielsweise die Wellenlängen des Lichts voneinander unterscheiden, das von den Licht emittierenden Elementen 317a und 317b entnommen wird, unterscheiden sich, wie in **Fig. 3B** dargestellt, die Dicken der leitfähigen Filme 320a und 320b voneinander. Außerdem wird ein Isolator 314 ausgebildet, um Endabschnitte der ersten Elektroden (313a und 313b) zu bedecken. Bei dieser Ausführungsform wird der Isolator 314 unter Verwendung eines positiven lichtempfindlichen Acrylharzes ausgebildet. Die ersten Elektroden (313a und 313b) werden als Anoden bei dieser Ausführungsform verwendet.

[0122] Der Isolator 314 weist vorzugsweise eine gekrümmte Oberfläche mit einer Krümmung an seinem oberen Endabschnitt oder unteren Endabschnitt auf. Dies ermöglicht eine gute Abdeckung mit einem Film, der über dem Isolator 314 angeordnet werden soll. Der Isolator 314 kann beispielsweise entweder unter Verwendung eines negativen lichtempfindlichen Harzes oder eines positiven lichtempfindlichen Harzes ausgebildet werden. Das Material für den Isolator 314 ist nicht auf eine organische Verbindung beschränkt, und eine anorganische Verbindung, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid oder Siliziumnitrid, kann ebenfalls verwendet werden.

[0123] Eine EL-Schicht 315 und eine zweite Elektrode 316 sind über den ersten Elektroden (313a und 313b) angeordnet. In der EL-Schicht 315 ist mindestens eine Licht emittierende Schicht bereitgestellt. In den Licht emittierenden Elementen (317a und 317b), die die ersten Elektroden (313a und 313b), die EL-Schicht 315 und die zweite Elektrode 316 umfassen, ist ein Endabschnitt der EL-Schicht 315 mit der zweiten Elektrode 316 bedeckt. Die Struktur der EL-Schicht 315 kann entweder der einschichtigen Struktur oder der mehrschichtigen Struktur, die in den Ausführungsformen 2 und 3 beschrieben worden sind, gleichen oder sich von ihnen unterscheiden. Des Weiteren kann sich die Struktur zwischen den Licht emittierenden Elementen unterscheiden.

[0124] Für die erste Elektrode 313, die EL-Schicht 315 und die zweite Elektrode 316 können beliebige der bei der Ausführungsform 2 angegebenen Materialien verwendet werden. Die ersten Elektroden (313a und 313b) der Licht emittierenden Elemente (317a und 317b) sind elektrisch mit der Anschlussleitung 307 in einem Bereich 321 verbunden, so dass ein externes Signal über die FPC 308 eingegeben wird. Die zweite Elektrode 316 der Licht emittierenden Elemente (317a und 317b) ist, obwohl nicht dargestellt, elektrisch mit einer Anschlussleitung 323 in einem Bereich 322 verbunden, so dass ein externes Signal über die FPC 308 eingegeben wird.

[0125] Obwohl die Querschnittsansicht in **Fig. 3B** lediglich die zwei Licht emittierenden Elemente 317 darstellt, ist eine Vielzahl von Licht emittierenden Elementen in einer Matrix in dem Pixelabschnitt 302 angeordnet. Insbesondere werden in dem Pixelabschnitt 302 Licht emittierende Elemente, die Licht von zwei Arten von Farben (z. B. B und Y) emittieren, Licht emittierende Elemente, die Licht von drei Arten von Farben (z. B. R, G und B) emittieren, Licht emittierende Elemente, die Licht von vier Arten von Farben (z. B. R, G, B und Y oder (R, G, B und W)) emittieren, oder dergleichen ausgebildet, so dass eine Licht emittierende Vorrichtung, die für eine Vollfarbanzeige geeignet ist, erhalten werden kann. In derartigen Fällen kann die Vollfarbanzeige auf die folgende Weise erhalten werden: Materialien, die sich je nach den Emissionsfarben oder dergleichen der Licht emittierenden Elemente voneinander unterscheiden, werden verwendet, um Licht emittierende Schichten auszubilden (eine sogenannte Ausbildung mit separater Farbgebung); alternativ teilen sich die Vielzahl von Licht emittierenden Elementen eine Licht emittierende Schicht, die unter Verwendung des gleichen Materials ausgebildet wird, und sie umfassen ferner Farbfiler. Demzufolge werden die Licht emittierenden Elemente, die Licht einer Vielzahl von Arten von Farben emittieren, in Kombination verwendet, so dass Effekte, wie z. B. eine Verbesserung der Farbreinheit und eine Verringerung des Stromverbrauchs, erhalten werden können. Des Weiteren kann die Licht emittierende Vorrichtung durch eine Kombination mit Quantenpunkten eine verbesserte Emissionseffizienz sowie einen verringerten Stromverbrauch aufweisen.

[0126] Das Dichtungssubstrat 306 ist mit dem Dichtungsmittel 305 an dem Elementsubstrat 301 angebracht, wodurch die Licht emittierenden Elemente 317a und 317b in einem Raum 318 bereitgestellt sind, der durch das Elementsubstrat 301, das Dichtungssubstrat 306 und das Dichtungsmittel 305 umschlossen ist.

[0127] Das Dichtungssubstrat 306 ist mit Farbschichten (Farbfiltern) 324 bereitgestellt, und eine Schwarzschiicht (Schwarzmatrix) 325 ist zwischen benachbarten Farbschichten bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass eine oder beide der benachbarten Farbschichten (Farbfilter) 324 derart bereitgestellt sein kann/können, dass sie sich teilweise mit der Schwarzschiicht (Schwarzmatrix) 325 überlappt/überlappen. Lichtemission, die von den Licht emittierenden Elementen 317a und 317b erhalten wird, wird über die Farbschichten (Farbfilter) 324 entnommen.

[0128] Es sei angemerkt, dass der Raum 318 mit einem Inertgas (wie z. B. Stickstoff oder Argon) oder dem Dichtungsmittel 305 gefüllt sein kann. In dem Fall, in dem das Dichtungsmittel zur Befestigung der Substrate verwendet wird, wird vorzugsweise eines oder mehrere von einer UV-Behandlung, einer Wärmebehandlung und dergleichen durchgeführt.

[0129] Für das Dichtungsmittel 305 wird vorzugsweise ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte verwendet. Das Material lässt vorzugsweise möglichst wenig Feuchtigkeit und Sauerstoff durch. Als Dichtungssubstrat 306 kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat, das aus einem faserverstärkten Kunststoff (fiber reinforced plastic, FRP), Poly(vinylfluorid) (PVF), Polyester, Acryl oder dergleichen ausgebildet ist, verwendet werden. In dem Fall, in dem eine Glasfritte als Dichtungsmittel verwendet wird, sind das Elementsubstrat 301 und das Dichtungssubstrat 306 vorzugsweise Glassubstrate für eine hohe Adhäsion.

[0130] Die Strukturen der FETs, die elektrisch mit den Licht emittierenden Elementen verbunden sind, können sich von denjenigen in **Fig. 3B** in der Position einer Gate-Elektrode unterscheiden, das heißt, dass die in **Fig. 3C** beschriebenen Strukturen der FETs 326, 327 und 328 zum Einsatz kommen können. Die Farbschicht (Farbfilter) 324, mit der das Dichtungssubstrat 306 bereitgestellt ist, kann, wie in **Fig. 3C** dargestellt, derart bereitgestellt werden, dass sich die Farbschicht (Farbfilter) 324 an einer Position, an der sich die Farbschicht (Farbfilter) 324 mit der Schwarzschiicht (Schwarzmatrix) 325 überlappt, ferner mit einer benachbarten Farbschicht (Farbfilter) 324 überlappt.

[0131] Die Licht emittierende Vorrichtung mit Aktivmatrix kann, wie vorstehend beschrieben, erhalten werden.

[0132] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann es sich entweder um einen Passivmatrix-Typ handeln oder um den Aktivmatrix-Typ, der vorstehend beschrieben worden ist.

[0133] **Fig. 4A** und **Fig. 4B** stellen eine Licht emittierende Vorrichtung mit Passivmatrix dar. **Fig. 4A** ist eine Draufsicht auf die Licht emittierende Vorrichtung mit Passivmatrix, und **Fig. 4B** ist eine Querschnittsansicht davon.

[0134] Wie in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** dargestellt, werden Licht emittierende Elemente 405, die eine erste Elektrode 402, EL-Schichten (403a, 403b und 403c) und zweite Elektroden 404 umfassen, über einem Substrat 401 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die erste Elektrode 402 eine inselähnliche Form aufweist, und eine Vielzahl der ersten Elektroden 402 wird in einer Richtung (der Querrichtung in **Fig. 4A**) ausgebildet, wodurch ein Streifenmuster gebildet wird. Ein Isolierfilm 406 wird über einem Teil der ersten Elektrode 402 ausgebildet. Eine Trennwand 407, die unter Verwendung eines isolierenden Materials ausgebildet wird, wird über dem Isolierfilm 406 bereitgestellt. Die Seitenwände der Trennwand 407 sind, wie in **Fig. 4B** dargestellt, geneigt, so dass sich der Abstand zwischen einer Seitenwand und der anderen Seitenwand allmählich in Richtung der Oberfläche des Substrats verringert.

[0135] Da der Isolierfilm 406 Öffnungen in einem Teil der ersten Elektrode 402 aufweist, können die EL-Schichten (403a, 403b und 403c) und zweite Elektroden 404, die nach Belieben geteilt sein können, über der ersten Elektrode 402 ausgebildet werden. In dem Beispiel in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** werden eine Maske, wie z. B. eine Metallmaske, und die Trennwand 407 über dem Isolierfilm 406 bereitgestellt, um die EL-Schichten (403a, 403b und 403c) und die zweiten Elektroden 404 auszubilden. In diesem Beispiel emittieren die EL-Schichten 403a, 403b und 403c Licht unterschiedlicher Farben (z. B. Rot, Grün, Blau, Gelb, Orange und Weiß).

[0136] Nach der Ausbildung der EL-Schichten (403a, 403b und 403c) werden die zweiten Elektroden 404 ausgebildet. Demzufolge wird die zweite Elektrode 404 ohne Kontakt mit der ersten Elektrode 402 über den EL-Schichten (403a, 403b und 403c) ausgebildet.

[0137] Es sei angemerkt, dass das Abdichten durch ein Verfahren durchgeführt werden kann, das demjenigen ähnlich ist, das für die Licht emittierende Vorrichtung mit Aktivmatrix verwendet wird, und eine Beschreibung dieses Verfahrens wird nicht vorgenommen.

[0138] Die Licht emittierende Vorrichtung mit Passivmatrix kann, wie vorstehend beschrieben, erhalten werden.

[0139] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen beispielsweise ein Transistor oder ein Licht emittierendes Element unter Verwendung eines beliebigen von verschiedenen Substraten ausgebildet werden kann. Der Typ eines Substrats ist nicht auf einen bestimmten Typ beschränkt. Beispielsweise kann als Substrat 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 umfasst, ein Wolframsubstrat, ein Substrat, das eine Wolframfolie umfasst, ein flexibles Substrat, ein Befestigungsfilm, Papier, das ein Fasermaterial enthält, ein Basismaterialfilm oder dergleichen verwendet werden. Beispiele für ein Glassubstrat umfassen ein Bariumborosilikatglas-Substrat, ein Aluminiumborosilikatglas-Substrat, ein Kalknatronglas-Substrat oder dergleichen. 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 synthetisches Harz, wie z. B. Acryl. Alternativ können Polypropylen, Polyester, Polyvinylfluorid und Polyvinylchlorid oder dergleichen verwendet werden. Alternativ können Polyamid, Polyimid, Aramid, Epoxid, ein durch Aufdampfung ausgebildeter anorganischer Film, Papier oder dergleichen verwendet werden. Insbesondere ermöglicht die Verwendung von Halbleitersubstraten, einkristallinen Substraten, SOI-Substraten oder dergleichen, die Herstellung von kleinen Transistoren mit geringen Schwankungen der Eigenschaften, der Größe, der Form oder dergleichen und mit einer hohen Stromversorgungsfähigkeit. Eine Schaltung, bei der derartige Transistoren verwendet werden, erzielt einen niedrigen Stromverbrauch der Schaltung oder eine höhere Integration der Schaltung.

[0140] Alternativ kann ein flexibles Substrat als Substrat verwendet werden, und ein Transistor oder ein Licht emittierendes Element kann direkt über dem flexiblen Substrat bereitgestellt werden. Als weitere Alternative kann eine Trennschicht zwischen dem Substrat und dem Transistor oder dem Licht emittierenden Element bereitgestellt werden. Die Trennschicht kann verwendet werden, wenn ein Teil einer Halbleitervorrichtung oder die gesamte Halbleitervorrichtung, die über der Trennschicht ausgebildet ist, von dem Substrat getrennt und auf ein anderes Substrat übertragen wird. In einem derartigen Fall kann der Transistor oder das Licht emittierende Element auf ein Substrat mit geringer Wärmebeständigkeit oder auf ein flexibles Substrat übertragen werden. Für die Trennschicht kann beispielsweise eine Schichtanordnung, die anorganische Filme, nämlich einen Wolframfilm und einen Siliziumoxidfilm, umfasst, oder ein organischer Harzfilm aus Polyimid oder dergleichen, der über einem Substrat ausgebildet ist, verwendet werden.

[0141] Mit anderen Worten: Ein Transistor oder ein Licht emittierendes Element kann unter Verwendung eines Substrats ausgebildet werden und dann auf ein anderes Substrat übertragen werden. Beispiele für ein Substrat, auf das ein Transistor oder ein Licht emittierendes Element übertragen wird, umfassen, zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Substraten, über denen ein Transistor oder ein Licht emittierendes Element ausgebildet werden können, ein Papiersubstrat, ein Zellglassubstrat, ein Aramidfilm-Substrat, ein Polyimidfilm-Substrat, 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) oder dergleichen), ein Ledersubstrat, ein Gummisubstrat und dergleichen. Wenn ein derartiges Substrat verwendet wird, kann ein Transistor mit ausgezeichneten Eigenschaften oder ein Transistor mit einem niedrigen Stromverbrauch ausgebildet werden, kann eine Vorrichtung mit hoher Beständigkeit oder hoher Wärmebeständigkeit bereitgestellt werden, oder kann eine Verringerung des Gewichts oder der Dicke erzielt werden.

[0142] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

[0143] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele verschiedener elektronischer Geräte und eines Fahrzeugs beschrieben, die unter Verwendung Licht emittierender Elemente gemäß Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer Licht emittierenden Vorrichtung hergestellt werden.

[0144] Beispiele für das elektronische Gerät, das die Licht emittierende Vorrichtung umfasst, umfassen Fernsehgeräte (auch als Fernseher oder Fernsehempfänger bezeichnet), Monitore für Computer und dergleichen, Digitalkameras, digitale Videokameras, digitale Fotorahmen, Mobiltelefone (auch als tragbare Telefongeräte bezeichnet), tragbare Spielekonsolen, tragbare Informationsendgeräte, Audiowiedergabegeräte, große Spielautomaten, wie z. B. Pachinko-Automaten, und dergleichen. Konkrete Beispiele für die elektronischen Geräte sind in **Fig. 5A1**, **Fig. 5A2**, **Fig. 5B**, **Fig. 5C**, **Fig. 5D1**, **Fig. 5D2** und **Fig. 5D3** dargestellt.

[0145] **Fig. 5A1** stellt ein Beispiel für ein Fernsehgerät dar. Bei dem Fernsehgerät 7100 ist ein Anzeigeabschnitt 7103 in einem Gehäuse 7101 eingebaut. Der Anzeigeabschnitt 7103 kann Bilder anzeigen, und er kann ein Touchscreen (eine Eingabe-Ausgabe-Vorrichtung) sein, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) umfasst. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, für den Anzeigeabschnitt 7103 verwendet werden kann. Zusätzlich wird hierbei das Gehäuse 7101 von einem Fuß 7105 getragen.

[0146] Das Fernsehgerät 7100 kann mittels eines Betriebsschalters des Gehäuses 7101 oder mittels einer separaten Fernbedienung 7110, wie in **Fig. 5A2** dargestellt, bedient werden. Durch Bedienungstasten 7109 der Fernbedienung 7110 können die Fernsehsender sowie die Lautstärke eingestellt werden, und Bilder, die auf dem Anzeigeabschnitt 7103 angezeigt werden, können gesteuert werden. Des Weiteren kann die Fernbedienung 7110 mit einem Anzeigeabschnitt 7107 versehen sein, um die Informationen, die von der Fernbedienung 7110 ausgegeben werden, anzuzeigen.

[0147] Es sei angemerkt, dass das Fernsehgerät 7100 mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen ausgestattet ist. Unter Verwendung des Empfängers kann allgemeiner Fernseh Rundfunk empfangen werden. Darüber hinaus kann dann, wenn das Fernsehgerät via Modem drahtlos oder nicht drahtlos mit einem Kommunikationsnetzwerk verbunden ist, eine unidirektionale (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine bidirektionale (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Informationskommunikation durchgeführt werden.

[0148] **Fig. 5B** stellt einen Computer dar, der einen Hauptkörper 7201, ein Gehäuse 7202, einen Anzeigeabschnitt 7203, eine Tastatur 7204, einen externen Verbindungsanschluss 7205, ein Zeigegerät 7206 und dergleichen umfasst. Es sei angemerkt, dass dieser Computer hergestellt werden kann, indem die Licht emittierende Vorrichtung, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, für den Anzeigeabschnitt 7203 verwendet wird. Der Anzeigeabschnitt 7203 kann ein Touchscreen (eine Eingabe-Ausgabe-Vorrichtung) sein, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) umfasst.

[0149] **Fig. 5C** stellt eine Smartwatch dar, die ein Gehäuse 7302, ein Anzeigefeld 7304, Bedienungsknöpfe 7311 und 7312, einen Verbindungsanschluss 7313, ein Band 7321, eine Schließe 7322 und dergleichen umfasst.

[0150] Das Anzeigefeld 7304, das in dem als Einfassung dienenden Gehäuse 7302 montiert ist, weist einen nicht rechteckigen Anzeigebereich auf. Das Anzeigefeld 7304 kann ein Icon 7305, das die Zeit anzeigt, ein weiteres Icon 7306 und dergleichen anzeigen. Das Anzeigefeld 7304 kann ein Touchscreen (eine Eingabe-Ausgabe-Vorrichtung) sein, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) umfasst.

[0151] Die Smartwatch, die in **Fig. 5C** dargestellt wird, kann verschiedene Funktionen aufweisen, wie z. B. eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Informationen (z. B. eines Standbildes, eines bewegten Bildes und eines Textbildes) auf einem Anzeigeabschnitt, eine Touchscreen-Funktion, eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, des Datums, der Zeit und dergleichen, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung mittels verschiedener Software (Programme), eine drahtlose Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Verbinden mit verschiedenen Computernetzwerken mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Senden und Empfangen verschiedener Daten mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion und eine Funktion zum Lesen eines Programms oder der Daten, das/die in einem Speichermedium gespeichert ist/sind, und zum Anzeigen des Programms oder der Daten auf einem Anzeigeabschnitt.

[0152] Das Gehäuse 7302 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. Es sei angemerkt, dass die Smartwatch hergestellt werden kann, indem die Licht emittierende Vorrichtung für das Anzeigefeld 7304 verwendet wird.

[0153] Fig. 5D1, Fig. 5D2 und Fig. 5D3 stellen ein Beispiel für ein Mobiltelefon (z. B. ein Smartphone) dar. Ein Mobiltelefon 7400 umfasst ein Gehäuse 7401, das mit einem Anzeigeabschnitt 7402 versehen ist, ein Mikrofon 7406, einen Lautsprecher 7405, eine Kamera 7407, einen externen Verbindungsanschluss 7404, einen Bedienungsknopf 7403 und dergleichen. In dem Fall, in dem eine Licht emittierende Vorrichtung durch Ausbildung eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung über einem flexiblen Substrat hergestellt wird, kann, wie in Fig. 5D1 dargestellt, das Licht emittierende Element für den Anzeigeabschnitt 7402 mit einer gekrümmten Oberfläche verwendet werden.

[0154] Wenn der Anzeigeabschnitt 7402 des Mobiltelefons 7400, das in Fig. 5D1 dargestellt wird, mit einem Finger oder dergleichen berührt wird, können Daten in das Mobiltelefon 7400 eingegeben werden. Des Weiteren können Tätigkeiten, wie z. B. das Tätigen eines Anrufs und das Erstellen einer E-Mail, durch Berührung des Anzeigeabschnitts 7402 mit einem Finger oder dergleichen durchgeführt werden.

[0155] Im Wesentlichen gibt es drei Bildschirmmodi für den Anzeigeabschnitt 7402. Der erste Modus ist ein Anzeigemodus, bei dem hauptsächlich Bilder angezeigt werden. Der zweite Modus ist ein Eingabemodus, bei dem hauptsächlich Daten, wie z. B. Schriftzeichen, eingegeben werden. Der dritte Modus ist ein Anzeige- und Eingabemodus, bei dem zwei Modi, der Anzeigemodus und der Eingabemodus, kombiniert sind.

[0156] Beispielsweise wird in dem Fall, in dem ein Anruf getätigt oder eine E-Mail erstellt wird, ein Texteingabemodus, bei dem hauptsächlich Schriftzeichen eingegeben werden, für den Anzeigeabschnitt 7402 gewählt, so dass Schriftzeichen, die auf dem Bildschirm angezeigt werden, eingegeben werden können. In diesem Fall wird es bevorzugt, dass eine Tastatur oder Zahlentasten auf fast dem gesamten Bildschirm des Anzeigeabschnitts 7402 angezeigt werden.

[0157] Wenn eine Detektorvorrichtung, wie z. B. ein Gyroskop oder ein Beschleunigungssensor, in dem Mobiltelefon 7400 bereitgestellt ist, kann die Anzeige auf dem Bildschirm des Anzeigeabschnitts 7402 durch Bestimmung der Ausrichtung des Mobiltelefons 7400 (je nachdem, ob das Mobiltelefon für ein Querformat oder ein Hochformat horizontal oder vertikal gestellt ist) automatisch umgeschaltet werden.

[0158] Die Bildschirmmodi werden durch Berührung des Anzeigeabschnitts 7402 oder durch Bedienung mit dem Bedienungsknopf 7403 des Gehäuses 7401 umgeschaltet. Die Bildschirmmodi können auch je nach Art der auf dem Anzeigeabschnitt 7402 angezeigten Bilder umgeschaltet werden. Wenn z. B. ein Signal eines auf dem Anzeigeabschnitt angezeigten Bildes ein Signal von Daten eines bewegten Bildes ist, wird der Bildschirmmodus in den Anzeigemodus umgeschaltet. Wenn das Signal ein Signal von Daten eines Texts ist, wird der Bildschirmmodus in den Eingabemodus umgeschaltet.

[0159] Darüber hinaus kann in dem Eingabemodus, wenn ein Signal, das durch einen optischen Sensor in dem Anzeigeabschnitt 7402 erfasst wird, erfasst wird und die Eingabe durch Berühren des Anzeigeabschnitts 7402 nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums durchgeführt wird, der Bildschirmmodus derart gesteuert werden, dass er von dem Eingabemodus in den Anzeigemodus umgeschaltet wird.

[0160] Der Anzeigeabschnitt 7402 kann als Bildsensor dienen. Zum Beispiel kann ein Bild eines Handabdrucks, eines Fingerabdrucks oder dergleichen durch Berührung des Anzeigeabschnitts 7402 mit der Handfläche oder dem Finger aufgenommen werden, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt werden kann. Ferner kann dann, wenn eine Hintergrundbeleuchtung oder eine Abtast-Lichtquelle, die Nah-Infrarotlicht emittiert, in dem Anzeigeabschnitt bereitgestellt ist, ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden.

[0161] Die Licht emittierende Vorrichtung kann auch für ein Mobiltelefon verwendet werden, das eine Struktur aufweist, die in Fig. 5D2 oder Fig. 5D3 dargestellt wird, welche eine weitere Struktur des Mobiltelefons (z. B. Smartphones) ist.

[0162] Es sei angemerkt, dass im Falle der Struktur, die in **Fig. 5D2** oder **Fig. 5D3** dargestellt wird, Textdaten, Bilddaten oder dergleichen auf zweiten Bildschirmen 7502(1) und 7502(2) von Gehäusen 7500(1) und 7500(2) sowie auf ersten Bildschirmen 7501(1) und 7501(2) angezeigt werden können. Eine derartige Struktur erlaubt es einem Benutzer, Textdaten, Bilddaten oder dergleichen, die auf den zweiten Bildschirmen 7502(1) und 7502(2) angezeigt werden, leicht zu sehen, während das Mobiltelefon in einer Brusttasche des Benutzers platziert ist.

[0163] Bei einem weiteren elektronischen Gerät, das eine Licht emittierende Vorrichtung enthält, handelt es sich um ein klappbares, tragbares Informationsendgerät, das in **Fig. 6A** bis **Fig. 6C** dargestellt wird. **Fig. 6A** stellt ein tragbares Informationsendgerät 9310 dar, das aufgeklappt ist. **Fig. 6B** stellt das tragbare Informationsendgerät 9310 dar, das aufgeklappt oder zugeklappt wird. **Fig. 6C** stellt das tragbare Informationsendgerät 9310 dar, das zugeklappt ist. Das tragbare Informationsendgerät 9310 ist im zugeklappten Zustand sehr gut tragbar. Das tragbare Informationsendgerät 9310 ist im aufgeklappten Zustand auf Grund eines übergangslosen großen Anzeigebereichs in hohem Maße durchsuchbar.

[0164] Ein Anzeigeabschnitt 9311 wird von drei Gehäusen 9315 getragen, die durch Gelenke 9313 miteinander verbunden sind. Es sei angemerkt, dass der Anzeigeabschnitt 9311 ein Touchscreen (eine Eingabe-Ausgabe-Vorrichtung) sein kann, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) umfasst. Das tragbare Informationsendgerät 9310 kann in seiner Form reversibel von einem aufgeklappten Zustand in einen zugeklappten Zustand geändert werden, indem der Anzeigeabschnitt 9311 unter Verwendung der Gelenke 9313 an einer Verbindungsstelle zwischen zwei Gehäusen 9315 gebogen wird. Eine Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigeabschnitt 9311 verwendet werden. Ein Anzeigebereich 9312 in dem Anzeigeabschnitt 9311 umfasst einen Anzeigebereich, der an einer Seitenfläche des zugeklappten tragbaren Informationsendgeräts 9310 positioniert ist. Auf dem Anzeigebereich 9312 können Informations-Icons, Verknüpfungen von häufig verwendeten Applikationen oder Programmen und dergleichen angezeigt werden, und eine Bestätigung von Informationen sowie das Starten von Applikationen können problemlos durchgeführt werden.

[0165] **Fig. 7A** und **Fig. 7B** stellen ein Fahrzeug dar, das eine Licht emittierende Vorrichtung umfasst. Die Licht emittierende Vorrichtung kann in dem Fahrzeug eingebaut sein, und insbesondere kann sie in Scheinwerfern 5101 (einschließlich Scheinwerfern des Hecks des Autos), einer Radkappe 5102 eines Reifens, einem Teil einer Tür oder der gesamten Tür 5013 oder dergleichen auf der Außenseite des Fahrzeugs, das in **Fig. 7A** dargestellt wird, enthalten sein. Die Licht emittierende Vorrichtung kann ebenfalls in einem Anzeigeabschnitt 5104, einem Lenkrad 5105, einem Schaltknüppel 5106, einem Sitz 5107, einem inneren Rückspiegel 5108 oder dergleichen auf der Innenseite des Fahrzeugs, das in **Fig. 7B** dargestellt wird, oder in einem Teil eines Glasfensters enthalten sein.

[0166] Die elektronischen Geräte und Fahrzeuge können, wie vorstehend beschrieben, unter Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung für elektronische Geräte und Fahrzeuge auf verschiedenen Gebieten verwendet werden kann, ohne dabei auf die elektronischen Geräte beschränkt zu sein, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind.

[0167] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

(Ausführungsform 6)

[0168] Bei dieser Ausführungsform wird eine Struktur einer Beleuchtungsvorrichtung anhand von **Fig. 8A** bis **Fig. 8D** beschrieben, die unter Verwendung des Licht emittierenden Elements hergestellt wird, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0169] **Fig. 8A** bis **Fig. 8D** sind Beispiele von Querschnittsansichten der Beleuchtungsvorrichtungen. **Fig. 8A** und **Fig. 8B** stellen Beleuchtungsvorrichtungen mit Bottom-Emission dar, bei denen Licht von der Seite des Substrats entnommen wird, und **Fig. 8C** und **Fig. 8D** stellen Beleuchtungsvorrichtungen mit Top-Emission dar, bei denen Licht von der Seite des Dichtungssubstrats entnommen wird.

[0170] Eine Beleuchtungsvorrichtung 4000, die in **Fig. 8A** dargestellt wird, umfasst ein Licht emittierendes Element 4002 über einem Substrat 4001. Außerdem umfasst die Beleuchtungsvorrichtung 4000 ein Substrat

4003 mit Unebenheit auf der Außenseite des Substrats 4001. Das Licht emittierende Element 4002 umfasst eine erste Elektrode 4004, eine EL-Schicht 4005 und eine zweite Elektrode 4006.

[0171] Die erste Elektrode 4004 ist elektrisch mit einer Elektrode 4007 verbunden, und die zweite Elektrode 4006 ist elektrisch mit einer Elektrode 4008 verbunden. Außerdem kann eine Hilfsleitung 4009, die elektrisch mit der ersten Elektrode 4004 verbunden ist, bereitgestellt werden. Es sei angemerkt, dass eine Isolierschicht 4010 über der Hilfsleitung 4009 ausgebildet wird.

[0172] Das Substrat 4001 und ein Dichtungssubstrat 4011 sind durch ein Dichtungsmittel 4012 aneinander befestigt. Ein Trocknungsmittel 4013 wird vorzugsweise zwischen dem Dichtungssubstrat 4011 und dem Licht emittierenden Element 4002 bereitgestellt. Das Substrat 4003 weist die Unebenheit, die in **Fig. 8A** dargestellt wird, auf, wodurch die Extraktionseffizienz des Lichts, das von dem Licht emittierenden Element 4002 emittiert wird, erhöht werden kann.

[0173] Anstelle des Substrats 4003 kann, wie bei einer Beleuchtungsvorrichtung 4100, die in **Fig. 8B** dargestellt wird, eine Diffusions-Platte 4015 auf der Außenseite des Substrats 4001 bereitgestellt werden.

[0174] Eine Beleuchtungsvorrichtung 4200, die in **Fig. 8C** dargestellt wird, umfasst ein Licht emittierendes Element 4202 über einem Substrat 4201. Das Licht emittierende Element 4202 umfasst eine erste Elektrode 4204, eine EL-Schicht 4205 und eine zweite Elektrode 4206.

[0175] Die erste Elektrode 4204 ist elektrisch mit einer Elektrode 4207 verbunden, und die zweite Elektrode 4206 ist elektrisch mit einer Elektrode 4208 verbunden. Eine Hilfsleitung 4209, die elektrisch mit der zweiten Elektrode 4206 verbunden ist, kann bereitgestellt werden. Eine Isolierschicht 4210 kann unter der Hilfsleitung 4209 ausgebildet werden.

[0176] Das Substrat 4201 und ein Dichtungssubstrat 4211 mit Unebenheit sind durch ein Dichtungsmittel 4212 aneinander befestigt. Ein Barrierefilm 4213 und ein Planarisierungsfilm 4214 können zwischen dem Dichtungssubstrat 4211 und dem Licht emittierenden Element 4202 bereitgestellt werden. Das Dichtungssubstrat 4211 weist die Unebenheit, die in **Fig. 8C** dargestellt wird, auf, wodurch die Extraktionseffizienz des Lichts, das von dem Licht emittierenden Element 4202 emittiert wird, erhöht werden kann.

[0177] Anstelle des Dichtungssubstrats 4211 kann, wie bei einer Beleuchtungsvorrichtung 4300, die in **Fig. 8D** dargestellt wird, eine Diffusions-Platte 4215 über dem Licht emittierenden Element 4202 bereitgestellt werden.

[0178] Es sei angemerkt, dass die EL-Schichten 4005 und 4205 bei dieser Ausführungsform den metallorganischen Komplex der eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, enthalten können. In diesem Fall kann eine Beleuchtungsvorrichtung mit einem niedrigen Stromverbrauch bereitgestellt werden.

[0179] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

(Ausführungsform 7)

[0180] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für eine Beleuchtungsvorrichtung, auf die die vorstehend beschriebene Licht emittierende Vorrichtung angewendet wird, anhand von **Fig. 9** beschrieben.

[0181] **Fig. 9** stellt ein Beispiel dar, in dem die Licht emittierende Vorrichtung bei einer Innenraumbeleuchtungsvorrichtung 8001 verwendet wird. Da die Licht emittierende Vorrichtung eine große Fläche aufweisen kann, kann sie für eine Beleuchtungsvorrichtung verwendet werden, die eine große Fläche aufweist. Indem ein Gehäuse mit einer gekrümmten Oberfläche verwendet wird, kann zudem eine Beleuchtungsvorrichtung 8002, bei der ein Licht emittierender Bereich eine gekrümmte Oberfläche aufweist, erhalten werden. Ein Licht emittierendes Element, das in der bei dieser Ausführungsform beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, weist die Form eines dünnen Films auf, was es ermöglicht, das Gehäuse freier zu gestalten. Folglich kann die Beleuchtungsvorrichtung auf verschiedene Weise kunstvoll gestaltet werden. Darüber hinaus kann eine Wand des Zimmers mit einer großen Beleuchtungsvorrichtung 8003 versehen sein.

[0182] Neben den vorstehenden Beispielen kann dann, wenn die Licht emittierende Vorrichtung als Teil eines Möbelstücks in einem Zimmer verwendet wird, eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Funktion als betreffendes Möbelstück erhalten werden.

[0183] Wie vorstehend beschrieben, können verschiedene Beleuchtungsvorrichtungen, die die Licht emittierende Vorrichtung umfassen, erhalten werden. Es sei angemerkt, dass es sich bei diesen Beleuchtungsvorrichtungen ebenfalls um Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung handelt.

[0184] Die Struktur, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann je nach Bedarf mit einer der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

(Ausführungsform 8)

[0185] Bei dieser Ausführungsform werden Touchscreens, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen, anhand von **Fig. 10A** und **Fig. 10B**, **Fig. 11A** und **Fig. 11B**, **Fig. 12A** und **Fig. 12B**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** sowie **Fig. 14** beschrieben.

[0186] **Fig. 10A** und **Fig. 10B** sind perspektivische Ansichten eines Touchscreens 2000. Es sei angemerkt, dass **Fig. 10A** und **Fig. 10B** der Einfachheit halber nur typische Bestandteile des Touchscreens 2000 darstellen.

[0187] Der Touchscreen 2000 umfasst ein Anzeigefeld 2501 und einen Berührungssensor 2595 (siehe **Fig. 10B**). Des Weiteren umfasst der Touchscreen 2000 die Substrate 2510, 2570 und 2590.

[0188] Das Anzeigefeld 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 ein Teil der Vielzahl von Leitungen 2511 bildet einen Anschluss 2519. Der Anschluss 2519 ist elektrisch mit einer FPC 2509(1) verbunden.

[0189] 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 ein Teil der Vielzahl von Leitungen 2598 bildet einen Anschluss 2599. Der Anschluss 2599 ist elektrisch mit einer FPC 2509(2) verbunden. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 10B** Elektroden, Leitungen und dergleichen des Berührungssensors 2595, der auf der Rückseite des Substrats 2590 (der Seite, die dem Substrat 2510 zugewandt ist) bereitgestellt ist, der Deutlichkeit halber durch durchgezogene Linien dargestellt werden.

[0190] Als Berührungssensor 2595 kann beispielsweise ein kapazitiver Berührungssensor verwendet werden. Beispiele für den kapazitiven Berührungssensor sind ein oberflächenkapazitiver Berührungssensor, ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor und dergleichen.

[0191] Beispiele für den projiziert-kapazitiven Berührungssensor umfassen einen eigenkapazitiven (self-capacitive) Berührungssensor, einen gegenseitig kapazitiven (mutual capacitive) Berührungssensor und dergleichen, welche sich hauptsächlich durch das Antriebsverfahren voneinander unterscheiden. Die Verwendung eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors wird bevorzugt, weil mehrere Punkte gleichzeitig erkannt werden können.

[0192] Ein Beispiel für die Verwendung eines projiziert-kapazitiven Berührungssensors wird zunächst anhand von **Fig. 10B** beschrieben. Es sei angemerkt, dass im Falle eines projiziert-kapazitiven Berührungssensors verschiedene Sensoren, welche die Nähe oder den Kontakt eines Erfassungsobjekts, wie z. B. eines Fingers, erkennen können, verwendet werden können.

[0193] Der projiziert-kapazitive Berührungssensor 2595 umfasst Elektroden 2591 und 2592. Die Elektroden 2591 sind elektrisch mit einer beliebigen der Vielzahl von Leitungen 2598 verbunden, und die Elektroden 2592 sind elektrisch mit einer beliebigen der anderen Leitungen 2598 verbunden. 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 mit einer Leitung 2594 in einer Richtung verbunden ist, wie in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** dargestellt. Die Elektroden 2591 weisen in gleicher Weise jeweils eine Form einer Vielzahl von Vierecken auf, wobei eine Ecke eines Vierecks mit einer Ecke eines anderen Vierecks verbunden ist; jedoch handelt es sich bei der Richtung, in der die Elektroden 2591 verbunden sind, um

eine Richtung, die die Richtung, in der die Elektroden 2592 verbunden sind, schneidet. Es sei angemerkt, dass die Richtung, in der die Elektroden 2591 verbunden sind, und die Richtung, in der die Elektroden 2592 verbunden sind, nicht notwendigerweise senkrecht zueinander sind, und die Elektroden 2591 können derart angeordnet sein, dass sie sich mit den Elektroden 2592 in einem Winkel von größer als 0° und kleiner als 90° kreuzen.

[0194] Die Schnittfläche der Leitung 2594 und einer der Elektroden 2592 ist vorzugsweise so klein wie möglich. Eine derartige Struktur ermöglicht eine Verringerung der Fläche eines Bereichs, in dem die Elektroden nicht bereitgestellt sind, so dass eine Ungleichmäßigkeit der Lichtdurchlässigkeit verringert wird. Das hat zur Folge, dass die Ungleichmäßigkeit der Leuchtdichte von Licht von dem Berührungssensor 2595 verringert werden kann.

[0195] Es sei angemerkt, dass die Formen der Elektroden 2591 und 2592 nicht auf die vorstehend beschriebenen Formen beschränkt sind und sie beliebige von verschiedenen Formen aufweisen können. Beispielsweise kann die Vielzahl von Elektroden 2591 derart bereitgestellt sein, dass der Abstand zwischen den Elektroden 2591 möglichst verringert wird, und eine Vielzahl von Elektroden 2592 kann mit einer Isolierschicht bereitgestellt sein, die zwischen den Elektroden 2591 und 2592 angeordnet ist. In diesem Fall wird bevorzugt, dass zwischen zwei benachbarten Elektroden 2592 eine Dummy-Elektrode bereitgestellt wird, die elektrisch von diesen Elektroden isoliert ist, da dadurch die Fläche eines Bereichs, der eine unterschiedliche Lichtdurchlässigkeit aufweist, verringert werden kann.

[0196] Als Nächstes wird der Touchscreen 2000 im Detail anhand von **Fig. 11A** und **Fig. 11B** beschrieben. **Fig. 11A** und **Fig. 11B** sind Querschnittsansichten, die entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 10A** entnommen wurden.

[0197] Der Touchscreen 2000 umfasst den Berührungssensor 2595 und das Anzeigefeld 2501.

[0198] Der Berührungssensor 2595 umfasst die Elektroden 2591 und 2592, welche in einer versetzten Anordnung und in Kontakt mit dem Substrat 2590 angeordnet sind, eine Isolierschicht 2593, die die Elektroden 2591 und 2592 bedeckt, und die Leitung 2594, die die benachbarten Elektroden 2591 elektrisch miteinander verbindet. Zwischen den benachbarten Elektroden 2591 ist die Elektrode 2592 bereitgestellt.

[0199] Die Elektroden 2591 und 2592 können unter Verwendung eines lichtdurchlässigen leitfähigen Materials ausgebildet werden. Als lichtdurchlässiges leitfähiges Material kann ein leitfähiges Oxid, wie z. B. Indiumoxid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Zinkoxid oder Zinkoxid, dem Gallium zugesetzt ist, verwendet werden. Eine Graphen-Verbindung kann ebenfalls verwendet werden. Wenn eine Graphen-Verbindung verwendet wird, kann diese beispielsweise durch Reduzierung eines Graphenoxidfilms gebildet werden. Als Reduzierverfahren kann ein Verfahren, bei dem Wärme verwendet wird, ein Verfahren mit Laserbestrahlung oder dergleichen zum Einsatz kommen.

[0200] Die Elektroden 2591 und 2592 können beispielsweise ausgebildet werden, indem ein lichtdurchlässiges leitfähiges Material durch ein Sputterverfahren auf dem Substrat 2590 abgeschieden wird und dann ein unnötiger Teil durch eine beliebige von verschiedenen Strukturierungstechniken, wie z. B. Fotolithografie, entfernt wird.

[0201] Beispiele für ein Material für die Isolierschicht 2593 umfassen ein Harz, wie z. B. ein Acryl- oder Epoxidharz, ein Harz mit einer Siloxanbindung und ein anorganisches isolierendes Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid oder Aluminiumoxid.

[0202] Die benachbarten Elektroden 2591 sind elektrisch miteinander verbunden, wobei die Leitung 2594 in einem Teil der Isolierschicht 2593 ausgebildet wird. Es sei angemerkt, dass ein Material für die Leitung 2594 vorzugsweise eine höhere Leitfähigkeit aufweist als Materialien für die Elektroden 2591 und 2592, um den elektrischen Widerstand zu verringern.

[0203] Eine 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.

[0204] Über den Anschluss 2599 sind die Leitung 2598 und die FPC 2509(2) elektrisch miteinander verbunden. Der Anschluss 2599 kann unter Verwendung eines beliebigen von verschiedenen anisotropen leitfähigen Filmen (anisotropic conductive film, ACF), anisotropen leitfähigen Pasten (anisotropic conductive paste, ACP) und dergleichen ausgebildet werden.

[0205] Eine Klebeschicht 2597 wird in Kontakt mit der Leitung 2594 bereitgestellt. Das heißt, dass der Berührungssensor 2595 an dem Anzeigefeld 2501 befestigt ist, so dass sie einander überlappen, wobei die Klebeschicht 2597 dazwischen bereitgestellt ist. Es sei angemerkt, dass das Substrat 2570, wie in **Fig. 11A** dargestellt, über der Oberfläche des Anzeigefelds 2501 bereitgestellt sein kann, das in Kontakt mit der Klebeschicht 2597 ist, jedoch ist das Substrat 2570 nicht immer von Nöten.

[0206] Die Klebeschicht 2597 weist eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft auf. Zum Beispiel kann ein wärmehärtendes Harz oder ein UV-härtendes Harz verwendet werden; insbesondere kann ein Harz, wie z. B. ein Harz auf Acryl-Basis, ein Harz auf Urethan-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis oder ein Harz auf Siloxan-Basis, verwendet werden.

[0207] Das Anzeigefeld 2501 in **Fig. 11A** umfasst zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2570 eine Vielzahl von Pixeln, die in einer Matrix angeordnet sind, und eine Treiberschaltung. Jedes Pixel umfasst ein Licht emittierendes Element und eine Pixelschaltung, die das Licht emittierende Element antreibt.

[0208] In **Fig. 11A** wird ein Pixel 2502R als Beispiel für das Pixel des Anzeigefelds 2501 gezeigt, und eine Abtastleitungstreiberschaltung 2503g wird als Beispiel für die Treiberschaltung gezeigt.

[0209] Das Pixel 2502R umfasst ein Licht emittierendes Element 2550R und einen Transistor 2502t, der dem Licht emittierenden Element 2550R elektrische Energie zuführen kann.

[0210] Der Transistor 2502t ist mit einer Isolierschicht 2521 bedeckt. Die Isolierschicht 2521 bedeckt eine Unebenheit, die durch den Transistor und dergleichen verursacht wird, die bereits ausgebildet worden sind, um eine ebene Oberfläche bereitzustellen. Die Isolierschicht 2521 kann ebenfalls als Schicht zur Verhinderung einer Diffusion von Verunreinigungen dienen. Dies wird bevorzugt, da eine Verringerung der Zuverlässigkeit des Transistors oder dergleichen auf Grund einer Diffusion von Verunreinigungen verhindert werden kann.

[0211] Das Licht emittierende Element 2550R ist elektrisch mit dem Transistor 2502t über eine Leitung verbunden. Es ist eine Elektrode des Licht emittierenden Elements 2550R, die direkt mit der Leitung verbunden ist. Ein Endabschnitt der einen Elektrode des Licht emittierenden Elements 2550R ist mit einem Isolator 2528 bedeckt.

[0212] Das Licht emittierende Element 2550R umfasst eine EL-Schicht zwischen einem Paar von Elektroden. Eine Farbschicht 2567R ist bereitgestellt, um sich mit dem Licht emittierenden Element 2550R zu überlappen, und ein Teil des Lichts, das von dem Licht emittierenden Element 2550R emittiert wird, wird über die Farbschicht 2567R übertragen und in der Richtung entnommen, die durch einen Pfeil in der Zeichnung gekennzeichnet ist. Eine lichtundurchlässige Schicht 2567BM ist an einem Endabschnitt der Farbschicht bereitgestellt, und eine Dichtungsschicht 2560 ist zwischen dem Licht emittierenden Element 2550R und der Farbschicht 2567R bereitgestellt.

[0213] Es sei angemerkt, dass dann, wenn die Dichtungsschicht 2560 auf der Seite, von der Licht von dem Licht emittierenden Element 2550R entnommen wird, bereitgestellt wird, die Dichtungsschicht 2560 vorzugsweise eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft aufweist. Die Dichtungsschicht 2560 weist vorzugsweise einen höheren Brechungsindex auf als Luft.

[0214] Die Abtastleitungstreiberschaltung 2503g umfasst einen Transistor 2503t und einen Kondensator 2503c. Es sei angemerkt, dass die Treiberschaltung und die Pixelschaltungen im gleichen Prozess über dem gleichen Substrat ausgebildet werden können. Somit ist der Transistor 2503t in der Treiberschaltung (Abtastleitungstreiberschaltung 2503g) in ähnlicher Weise wie der Transistor 2502t in der Pixelschaltung ebenfalls mit der Isolierschicht 2521 bedeckt.

[0215] Die Leitungen 2511, über die dem Transistor 2503t ein Signal zugeführt werden kann, sind bereitgestellt. Der Anschluss 2519 ist in Kontakt mit der Leitung 2511 bereitgestellt. Der Anschluss 2519 ist elektrisch mit der FPC 2509(1) verbunden, und die FPC 2509(1) weist eine Funktion zum Zuführen von Signalen, wie z.

B. einem Bildsignal und einem Synchronisationssignal, auf. Es sei angemerkt, dass eine gedruckte Leiterplatte (PWB) an der FPC 2509(1) befestigt werden kann.

[0216] Obwohl der Fall beschrieben wird, in dem das Anzeigefeld 2501, das in **Fig. 11A** dargestellt wird, einen Bottom-Gate-Transistor umfasst, ist die Struktur des Transistors nicht darauf beschränkt, und beliebige Transistoren mit unterschiedlichen Strukturen können verwendet werden. Bei jedem der Transistoren 2502t und 2503t, die in **Fig. 11A** dargestellt werden, kann eine Halbleiterschicht, die einen Oxidhalbleiter enthält, für einen Kanalbereich verwendet werden. Alternativ kann eine Halbleiterschicht, die amorphes Silizium enthält, oder eine Halbleiterschicht, die polykristallines Silizium enthält und durch einen Kristallisationsprozess, wie z. B. Laserglühen (laser annealing), erhalten wird, für einen Kanalbereich verwendet werden.

[0217] **Fig. 11B** stellt die Struktur des Anzeigefelds 2501 dar, das einen Top-Gate-Transistor anstelle des Bottom-Gate-Transistors umfasst, der in **Fig. 11A** dargestellt wird. Die Art der Halbleiterschicht, die für den Kanalbereich verwendet werden kann, hängt nicht von der Struktur des Transistors ab.

[0218] In dem Touchscreen 2000, der in **Fig. 11A** dargestellt wird, wird eine Antireflexionsschicht 2567p, die sich mit mindestens dem Pixel überlappt, vorzugsweise auf einer Oberfläche des Touchscreens auf der Seite, von der Licht von dem Pixel entnommen wird, bereitgestellt, wie in **Fig. 11A** dargestellt. Als Antireflexionsschicht 2567p kann eine zirkular polarisierende Platte oder dergleichen verwendet werden.

[0219] Für die Substrate 2510, 2570 und 2590 in **Fig. 11A** können beispielsweise flexible Materialien mit einer Wasserdampfdurchlässigkeit von 1×10^{-5} g/(m²·Tag) oder weniger, bevorzugt 1×10^{-6} g/(m²·Tag) oder weniger, vorteilhaft verwendet werden. Alternativ werden vorzugsweise Materialien verwendet, die dafür sorgen, dass diese Substrate im Wesentlichen den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Zum Beispiel sind die Längenausdehnungskoeffizienten der Materialien 1×10^{-3} /K oder weniger, bevorzugt 5×10^{-5} /K oder weniger, stärker bevorzugt 1×10^{-5} /K oder weniger.

[0220] Als Nächstes wird ein Touchscreen 2000' mit einer Struktur, die sich von derjenigen des Touchscreens 2000, der in **Fig. 11A** und **Fig. 11B** dargestellt wird, unterscheidet, anhand von **Fig. 12A** und **Fig. 12B** beschrieben. Er kann als Touchscreen ebenso gut wie der Touchscreen 2000 verwendet werden.

[0221] **Fig. 12A** und **Fig. 12B** sind Querschnittsansichten des Touchscreens 2000'. In dem Touchscreen 2000', der in **Fig. 12A** und **Fig. 12B** dargestellt wird, unterscheidet sich die relative Position des Berührungssensors 2595 gegenüber dem Anzeigefeld 2501 von derjenigen in dem Touchscreen 2000, der in **Fig. 11A** und **Fig. 11B** dargestellt wird. Im Folgenden werden lediglich unterschiedliche Strukturen beschrieben, und es kann für die anderen, ähnlichen Strukturen auf die vorstehende Beschreibung des Touchscreens 2000 verwiesen werden.

[0222] Die Farbschicht 2567R überlappt sich mit dem Licht emittierenden Element 2550R. Licht von dem Licht emittierenden Element 2550R, das in **Fig. 12A** dargestellt wird, wird zu der Seite emittiert, auf der der Transistor 2502t bereitgestellt ist. Das heißt, dass (ein Teil von) Licht, das von dem Licht emittierenden Element 2550R emittiert wird, die Farbschicht 2567R passiert und in der Richtung, die durch einen Pfeil in **Fig. 12A** gekennzeichnet wird, entnommen wird. Es sei angemerkt, dass die lichtundurchlässige Schicht 2567BM an einem Endabschnitt der Farbschicht 2567R bereitgestellt ist.

[0223] Der Berührungssensor 2595 wird auf der Seite des Transistors 2502t (der von dem Licht emittierenden Element 2550R weiter entfernt liegenden Seite) des Anzeigefelds 2501 bereitgestellt (siehe **Fig. 12A**).

[0224] Die Klebeschicht 2597 ist bei der Struktur, die in **Fig. 12A** dargestellt wird, in Kontakt mit dem Substrat 2510 des Anzeigefelds 2501 und befestigt das Anzeigefeld 2501 und den Berührungssensor 2595 aneinander. Das Substrat 2510 wird nicht notwendigerweise zwischen dem Anzeigefeld 2501 und dem Berührungssensor 2595 bereitgestellt, die durch die Klebeschicht 2597 aneinander befestigt sind.

[0225] Wie bei dem Touchscreen 2000 können Transistoren mit verschiedenen Strukturen für das Anzeigefeld 2501 in dem Touchscreen 2000' verwendet werden. Obwohl in **Fig. 12A** ein Bottom-Gate-Transistor verwendet wird, kann, wie in **Fig. 12B** dargestellt, ein Top-Gate-Transistor verwendet werden.

[0226] Ein Beispiel für ein Antriebsverfahren des Touchscreens wird anhand von **Fig. 13A** und **Fig. 13B** beschrieben.

[0227] Fig. 13A ist ein Blockdiagramm, das die Struktur eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors darstellt. Fig. 13A stellt eine Impulsspannungsausgabeschaltung 2601 und eine Stromerfassungsschaltung 2602 dar. Es sei angemerkt, dass in dem Beispiel von Fig. 13A sechs Leitungen X1 bis X6 Elektroden 2621 repräsentieren, an die eine Impulsspannung angelegt wird, und sechs Leitungen Y1 bis Y6 Elektroden 2622 repräsentieren, die die Veränderungen des Stroms erfassen. Fig. 13A stellt auch einen Kondensator 2603 dar, der in einem Bereich ausgebildet ist, an dem die Elektroden 2621 und 2622 einander überlappen. Es sei angemerkt, dass ein funktioneller Tausch zwischen den Elektroden 2621 und 2622 möglich ist.

[0228] 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 (der gegenseitigen Kapazität) in dem Kondensator 2603 auf. Die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts kann durch Ausnutzung dieser Veränderung erfasst werden.

[0229] 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 zu einem Erfassungsobjekt gibt, während eine Abnahme des Stromwertes erfasst wird, wenn die gegenseitige Kapazität durch die Annäherung oder den Kontakt zu einem Erfassungsobjekt verringert wird. Es sei angemerkt, dass eine Integratorschaltung oder dergleichen verwendet wird, um den Strom zu erfassen.

[0230] Fig. 13B ist ein Ablaufplan, der Eingangs- und Ausgangswellenformen des in Fig. 13A dargestellten gegenseitig kapazitiven Berührungssensors zeigt. In Fig. 13B wird in einer Bildperiode (frame period) eine Erfassung eines Erfassungsobjekts in sämtlichen Zeilen und Spalten durchgeführt. Fig. 13B 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 als Wellenformen der Spannungswerte gezeigt.

[0231] 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 der 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 dementsprechend verändert sich die Wellenform des Spannungswertes. Indem eine Veränderung der gegenseitigen Kapazität auf diese Weise erfasst wird, kann die Annäherung oder der Kontakt zu einem Erfassungsobjekt erfasst werden.

[0232] Obwohl Fig. 13A einen passiven Berührungssensor zeigt, bei dem nur der Kondensator 2603 als Berührungssensor am Kreuzungspunkt der Leitungen bereitgestellt ist, kann auch ein aktiver Berührungssensor verwendet werden, der einen Transistor und einen Kondensator umfasst. Fig. 14 ist eine Sensorschaltung, die in einem aktiven Berührungssensor enthalten ist.

[0233] Die Sensorschaltung, die in Fig. 14 dargestellt wird, umfasst den Kondensator 2603 sowie Transistoren 2611, 2612 und 2613.

[0234] Ein Signal G2 wird in ein Gate des Transistors 2613 eingegeben. Eine Spannung VRES wird an einen Anschluss von einer Source und einem Drain des Transistors 2613 angelegt, und eine Elektrode des Kondensators 2603 und ein Gate des Transistors 2611 werden mit dem anderen Anschluss von der Source und dem Drain des Transistors 2613 elektrisch verbunden. Ein Anschluss von einer Source und einem Drain des Transistors 2611 wird mit einem Anschluss von einer Source und einem Drain des Transistors 2612 elektrisch verbunden, und eine Spannung VSS wird an den anderen Anschluss von der Source und dem 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 der Source und dem Drain des Transistors 2612 elektrisch verbunden. Die Spannung VSS wird an die andere Elektrode des Kondensators 2603 angelegt.

[0235] Als Nächstes wird die Arbeitsweise der Sensorschaltung, die in Fig. 14 dargestellt wird, 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 einen 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. 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.

[0236] 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 zu einem Erfassungsobjekt erfasst werden.

[0237] 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 und die Häufigkeit eines Vorgangs zum nochmaligen Zuführen von VRES zu dem Knoten n (Aktualisierungsvorgangs) verringert werden kann.

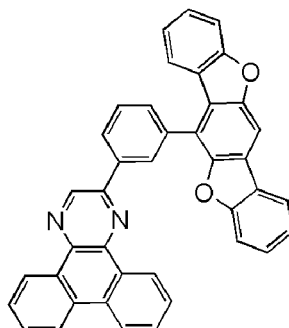
[0238] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann in angemessener Weise in Kombination mit einer der anderen Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

[Beispiel 1]

<<Synthesebeispiel 1>>

[0239] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von 2-[3-(Benzo[1,2-b:4,5-b'] bisbenzofuran-6-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbfPDBq) (die Strukturformel (101)) beschrieben, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Die Struktur von 2mBbfPDBq wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 41]



2mBbfPDBq
(101)

<Synthese von 2mBbfPDBq>

<Schritt 1>

[0240] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 8,9 g (30 mmol) 1,4-Dibrom-2,5-dimethoxybenzol, 10 g (72 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure, 15 ml Toluol, 15 ml Diethylen glycoldimethylether (Diglyme) und 60 ml einer wässrigen Natriumkarbonatlösung (2,0 mol/l) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde.

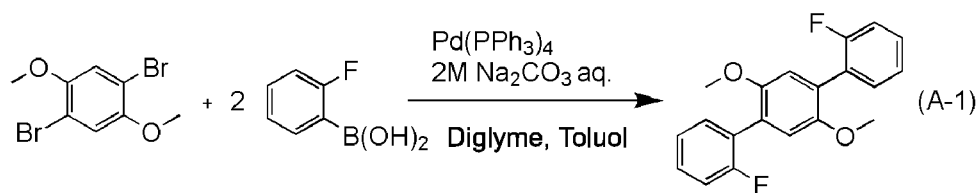
[0241] Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Zu dieser Mischung wurden 0,69 g (0,60 mmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) gegeben, und die Mischung wurde 2 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt. Die Mischung wurde auf Raumtemperatur abgekühlt und nochmals unter verringertem Druck entgast. Anschließend wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C

erwärmt. Nach dem Erwärmen wurden dieser Mischung 0,69 g (0,60 mmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) zugegeben, und die Mischung wurde 5 Stunden lang bei der gleichen Temperatur erwärmt.

[0242] Nach dem Erwärmen wurden dieser Mischung 2,0 g (14 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure zugegeben, und die Mischung wurde für weitere 3 Stunden bei der gleichen Temperatur gerührt. Nach dem Erwärmen wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt und unter verringertem Druck entgast. Anschließend wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt. Diese Mischung wurde auf 80 °C erwärmt, 0,64 g (0,55 mmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) und 3,0 g (21 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure wurden dieser Mischung zugegeben, und die Mischung wurde 2 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und die Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt.

[0243] Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen, die extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch eine Verbindung erhalten wurde. Die erhaltene Verbindung wurde mit Toluol umkristallisiert, wodurch 2,5 g einer Zielsubstanz erhalten wurden. Die Verbindung, die durch die Konzentration des Filtrats erhalten wurde, wurde durch eine Säulenchromatographie gereinigt (ein Laufmittel: ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 30:1), wodurch 0,3 g einer Zielsubstanz erhalten wurden. Die Gesamtmenge der Zielsubstanzen betrug 2,8 g, und die Ausbeute war 29 %. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (A-1) gezeigt.

[Chemische Formel 42]

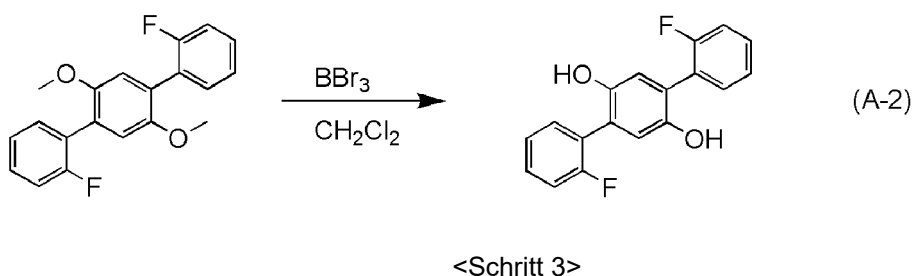


<Schritt 2>

[0244] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 2,8 g (8,7 mmol) 1,4-Bis(2-fluorphenyl)-2,5-dimethoxybenzol gegeben. Nachdem die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt worden ist, wurden 20 ml wasserfreies Dichlormethan zu der Lösung gegeben, wodurch eine Lösung erhalten wurde. Diese Lösung wurde in ein Eisbad gegeben und gerührt. Anschließend wurde eine Lösung, in der 21 ml (21 mmol) einer Bortribromidlösung (eine 1 mol/l Dichlormethanolösung) mit 22 ml wasserfreiem Dichlormethan verdünnt waren, in diese Lösung getropft, und die Lösung, die nach dem Tropfen erhalten worden ist, wurde zirka 15 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt.

[0245] Nach dem Rühren wurde die erhaltene Lösung in ein Eisbad gegeben und abgekühlt, und 10 ml Wasser und 5 ml Ethanol wurden hineingetropft. Nach dem Tropfen wurde ein ausgefallter Feststoff durch Saugfiltration eingesammelt, wodurch ein weißer Zielfeststoff erhalten wurde. Das erhaltene Filtrat wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt, und die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen. Die extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung und einer Natriumhydrogenkarbonatlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch ein weißer Zielfeststoff erhalten wurde. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (A-2) gezeigt.

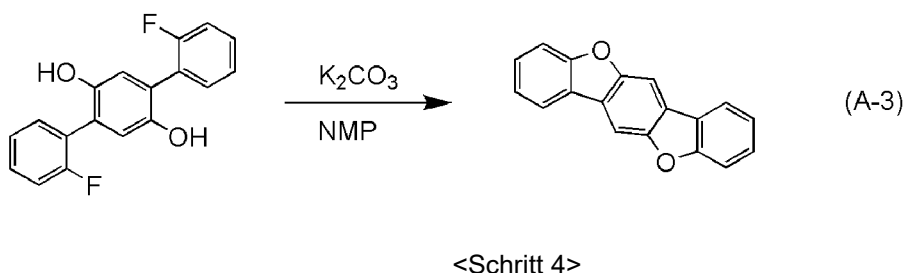
[Chemische Formel 43]



[0246] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 2,3 g (7,8 mmol) 1,4-Bis(2-fluorphenyl)-2,5-dihydroxybenzol, das in Schritt 2 erhalten wurde, 4,2 g (30 mmol) Kaliumkarbonat und 44 ml N-Methyl-2-pyrrolidinon gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde 4,5 Stunden lang bei 200 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden Toluol, Wasser und Chlorwasserstoffsäure der Mischung zugegeben, wurde die Mischung gerührt und wurde dann die Mischung in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt.

[0247] Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und ein Feststoff wurde ausgefällt, wodurch der ausgefällte Feststoff durch Saugfiltration eingesammelt wurde. Das erhaltene Filtrat wurde mit gesättigter Salzlösung und einer Natriumhydrogenkarbonatlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Ein Feststoff, der durch die Konzentration des erhaltenen Filtrats, das schwerkraftgefiltert wurde, erhalten worden ist, wurde mit Toluol umkristallisiert, wodurch 0,53 g eines Zielfeststoffes erhalten wurden. Der vorstehende ausgefällte Feststoff wurde mit Toluol umkristallisiert, wodurch 0,94 g eines weißen Zielfeststoffes erhalten wurden. Die Gesamtmenge der Zielfeststoffe betrug 1,5 g (5,7 mmol), und die Ausbeute war 73 %. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (A-3) gezeigt.

[Chemische Formel 44]



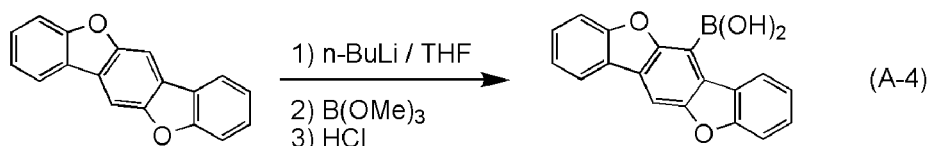
[0248] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,4 g (5,5 mmol) Benzo[1,2-b:4,5-b']bis benzofuran gegeben. Nachdem die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt worden ist, wurden 34 ml wasserfreies Tetrahydrofuran zugegeben, und die erhaltene Lösung wurde bei -78 °C gerührt. Zu dieser Lösung wurden 4,0 ml einer n-Butyllithium-Hexanlösung (1,6 mol/l, 6,3 mmol) getropft. Nach dem Tropfen wurde die Lösung 20 Minuten lang bei der gleichen Temperatur gerührt, und nachdem die Temperatur auf Raumtemperatur angestiegen war, wurde sie eine Stunde lang gerührt. Nach einer vorher festgelegten Zeitspanne wurde die erhaltene Lösung auf -78 °C abgekühlt, und nach dem Abkühlen wurden 1,5 ml (13 mmol) Trimethylborat bei der gleichen Temperatur hineingetropft.

[0249] Nachdem die Temperatur der erhaltenen Lösung auf Raumtemperatur angestiegen war, wurde die erhaltene Lösung 15 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt. Nach dem Rühren wurden 50 ml Chlorwasserstoffsäure (1 mol/l) zugegeben, und dann wurde diese Mischung eine Stunde lang gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt, und die erhaltene wässrige Schicht wurde zweimal einer Extraktion mit Ethylacetat unterzogen. Die erhaltene, extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung

und einer Natriumhydrogenkarbonatlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch ein Feststoff erhalten wurde.

[0250] Der erhaltene Feststoff wurde mit Chloroform gewaschen und einer Saugfiltration unterzogen, wodurch 0,53 g eines Zielfeststoffes erhalten wurden. Eine Verbindung, die durch Konzentration des Filtrats erhalten worden ist, wurde mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch 0,60 g eines Zielfeststoffes erhalten wurden. Die Gesamtmenge der Zielfeststoffe betrug 1,1 g (3,7 mmol), und die Ausbeute war 67 %. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (A-4) gezeigt.

[Chemische Formel 45]



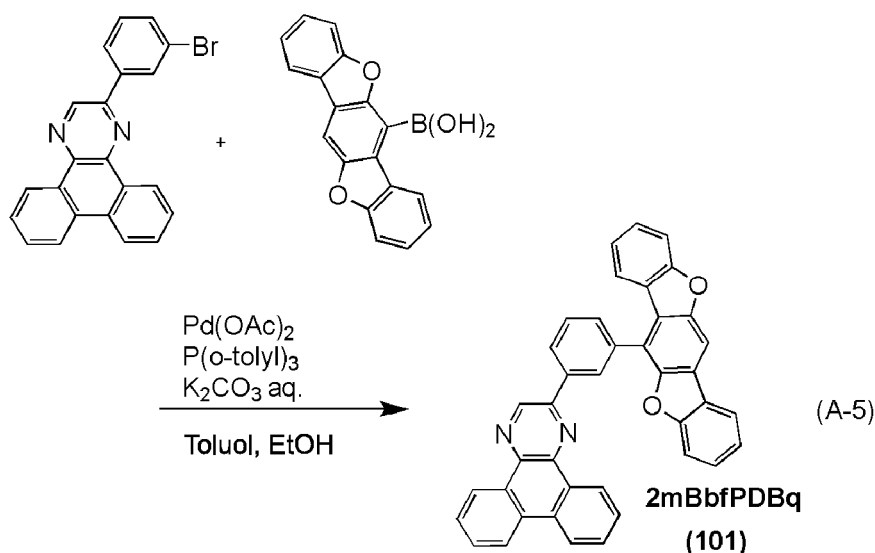
<Schritt 5>

[0251] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,2 g (3,1 mmol) 2-(3-Bromphenyl)dibenzo[f,h]chinoxalin, 1,1 g (3,6 mmol) Benzo[1,2-b:4,5-b'] bis benzofuran-6-boronsäure, 50 mg (0,16 mmol) Tris(2-methylphenyl)phosphin, 15 ml Toluol, 2 ml Ethanol und 5 ml einer wässrigen Kaliumkarbonatlösung (2,0 mol/l) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde.

[0252] Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Anschließend wurden dieser Mischung 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben, und es wurde 7 Stunden lang ein Rühren durchgeführt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und ein ausgefällter Feststoff wurde durch Saugfiltration eingesammelt. Der erhaltene Feststoff wurde mit Wasser und Ethanol gewaschen, wodurch ein Zielfeststoff erhalten wurde. Der erhaltene Feststoff wurde in Toluol durch Wärme aufgelöst, und die erhaltene Lösung wurde durch Celite und Aluminiumoxid gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, wodurch ein Feststoff erhalten wurde, und der Feststoff wurde mit Toluol umkristallisiert, wodurch 1,0 g (1,8 mmol) eines Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 58 % erhalten wurden.

[0253] Anschließend wurden 1,0 g des erhaltenen Feststoffes durch Train-Sublimation gereinigt. Bei der Reinigung durch Sublimation wurde der Feststoff unter einem Druck von 2,6 Pa mit einer Argon-Durchflussrate von 5 ml/min 16,5 Stunden lang bei 335 °C erwärmt. Nach der Reinigung durch Sublimation wurden 0,61 g eines blassgelben Zielfeststoffes bei einer Sammelquote von 59 % erhalten. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (A-5) gezeigt.

[Chemische Formel 46]



[0254] Analyseergebnisse durch Kernspinresonanz- (^1H NMR-) Spektroskopie des durch das vorstehend beschriebene Syntheseverfahren erhaltenen blassgelben Feststoffes werden nachfolgend beschrieben. **Fig. 15A** und **Fig. 15B** zeigen die ^1H -NMR-Spektren. Die Ergebnisse offenbarten, dass 2mBbfPDBq, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 1 erhalten worden ist.

[0255] ^1H -NMR (Tetrachlorethan- d_2 , 500 MHz): δ = 7,25 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 7,48 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 7,52-7,59 (m, 2H), 7,67 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 7,72 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 7,77 (t, J = 7,0 Hz, 2H), 7,82-7,89 (m, 3H), 7,98 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 8,09 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,16 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,22 (d, J = 1,0 Hz, 1H), 8,63 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,71 (d, J = 7,5 Hz, 2H), 8,88 (s, 1H), 9,34 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 9,43 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 9,57 (s, 1H).

[0256] Als Nächstes wurden UV/VIS-Absorptionsspektren (nachstehend einfach als „Absorptionsspektren“ bezeichnet) und Emissionsspektren von 2mBbfPDBq in einer Toluollösung von 2mBbfPDBq und einem festen Dünnschicht aus 2mBbfPDBq gemessen. Der feste Dünnschicht wurde über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Absorptionsspektren wurden mit einem UV/VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Die Emissionsspektren wurden mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FS920, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. **Fig. 16A** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren von 2mBbfPDBq in der Toluollösung. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar. **Fig. 16B** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren des festen Dünnschicht. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar.

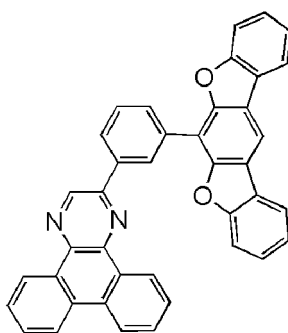
[0257] **Fig. 16A** zeigt, dass 2mBbfPDBq in der Toluollösung Absorptionspeaks bei etwa 282 nm und 333 nm sowie Emissionswellenlängenpeaks bei etwa 392 nm und 404 nm aufweist. **Fig. 16B** zeigt, dass 2mBbfPDBq in dem festen Dünnschicht Absorptionspeaks bei etwa 263 nm und 337 nm sowie einen Emissionswellenlängenpeak bei etwa 429 nm aufweist.

[Beispiel 2]

<<Synthesebeispiel 2>>

[0258] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von 2-[3-(Benzo[1,2-b:5,4-b'] bis benzofuran-6-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(II)PDBq) (die Strukturformel (107)) beschrieben, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Die Struktur von 2mBbf(II)PDBq wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 47]



2mBbf(II)PDBq
(107)

<Synthese von 2mBbf(II)PDBq>

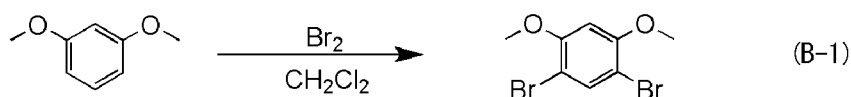
<Schritt 1>

[0259] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 5,0 g (36 mmol) 1,3-Dimethoxybenzol gegeben. Der Druck in dem Kolben wurde während des Rührens verringert, und ein Entgasen wurde durchgeführt. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, wurden 80 ml wasserfreies Dichlormethan zugegeben und wurde die Mischung gerührt. Eine Lösung, in der 12 g (75 mmol) Brom in 14 ml wasserfreiem Dichlormethan gelöst waren, wurde in den Kolben getropft, während die erhaltene Lösung in einem Eisbad abgekühlt wurde.

[0260] Nach dem Tropfen wurde die erhaltene Lösung 15 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt. Nach dem Rühren wurden eine Natriumhydrogencarbonatlösung und eine gesättigte wässrige Natriumthiosulfatlösung solange zu der erhaltenen Lösung gegeben, bis die Lösung einen pH-Wert von 8 erreichte, während die Lösung in einem Eisbad abgekühlt wurde. Die erhaltene Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt, und die wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen. Die erhaltene, extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung gewaschen. Die erhaltene organische Schicht wurde mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet, und diese Mischung wurde schwerkraftgefiltert, wodurch ein Filtrat erhalten wurde.

[0261] Hexan wurde einem Feststoff zugegeben, der durch Konzentration des erhaltenen Filtrats erhalten wurde, und die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt. Anschließend wurde diese Mischung einer Saugfiltration unterzogen, wodurch ein Feststoff erhalten wurde. Der erhaltene Feststoff wurde mit Hexan/Ethylacetat umkristallisiert, wodurch 7,2 g (24 mmol) eines Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 67 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (B-1) gezeigt.

[Chemische Formel 48]



<Schritt 2>

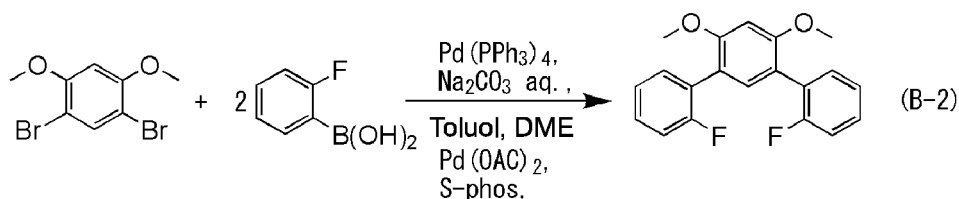
[0262] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 7,1 g (24 mmol) 1,5-Dibrom-2,4-dimethoxybenzol, 2,8 g (20 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure, 12 ml Toluol, 12 ml Diethylen glycoldimethylether und 50 ml einer wässrigen Natriumkarbonatlösung (2,0 mol/l) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, wäh-

rend der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt.

[0263] Zu dieser Mischung wurden 0,55 g (0,48 mmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) gegeben, und die Mischung wurde 3 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt. Nachdem die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt worden war, wurden 4,5 g (32 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure und 0,12 g (0,29 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl zu der Mischung gegeben, und dann wurde die Mischung unter verringertem Druck entgast. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde wieder auf 80 °C erwärmt. Anschließend wurden dieser Mischung 30 mg (0,13 mmol) Palladium(II)acetat zugegeben, und ein Rühren wurde 4 Stunden lang bei der gleichen Temperatur durchgeführt.

[0264] Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und die Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt. Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen, die extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch eine braune ölige Substanz erhalten wurde. Diese ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (ein Laufmittel wurde einem Gradienten ausgesetzt, um allmählich von Hexan zu Chloroform zu wechseln), wodurch 7,2 g (22 mmol) einer blassgelben öligen Zielsubstanz in einer Ausbeute von 92 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (B-2) gezeigt.

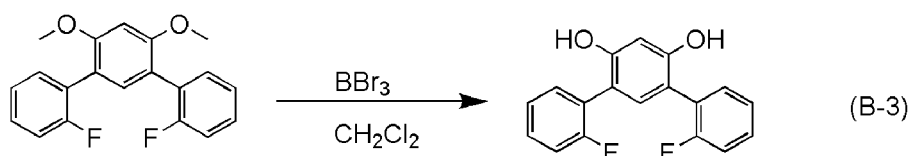
[Chemische Formel 49]



<Schritt 3>

[0265] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 7,2 g (22 mmol) 1,5-Bis(2-fluorophenyl)-2,4-dimethoxybenzol gegeben. Nachdem die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt worden war, wurden 60 ml wasserfreies Dichlormethan zugegeben, wodurch eine Lösung erhalten wurde. Die erhaltene Lösung wurde in ein Eisbad gegeben und gerührt. Anschließend wurde eine Lösung, in der 53 ml (53 mmol) einer Bortribromidlösung (eine 1 mol/l Dichlormethanolösung) mit 50 ml wasserfreiem Dichlormethan verdünnt waren, in diese Lösung getropft, und die Lösung, die nach dem Tropfen erhalten worden war, wurde 15 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt. Nach dem Rühren wurde die Lösung nochmals in ein Eisbad gegeben, wurden 40 ml Methanol und 40 ml Wasser hineingetropft und wurde die erhaltene Lösung in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt. Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen, die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit einer Natriumhydrogenkarbonatlösung und gesättigter Salzlösung gewaschen und dann mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch zirka 7 g einer blassgelben öligen Zielsubstanz erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (B-3) gezeigt.

[Chemische Formel 50]



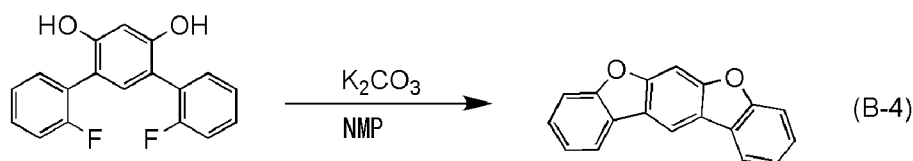
<Schritt 4>

[0266] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden zirka 7 g (zirka 22 mmol) 1,5-Bis(2-fluorphenyl)-2,4-dihydroxybenzol, das in Schritt 3 erhalten wurde, 13 g (96 mmol) Kaliumkarbonat und 140 ml N-Methyl-2-pyrrolidinon gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde 7 Stunden lang bei 200 °C gerührt.

[0267] Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden Toluol, Wasser und Chlorwasserstoffsäure der Mischung zugegeben, wurde die Mischung gerührt, wurde die erhaltene Mischung in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt und wurde dann die wässrige Schicht dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit einer Natriumhydrogenkarbonatlösung und gesättigter Salzlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch eine gelbe ölige Substanz erhalten wurde. Die erhaltene ölige Substanz wurde mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch ein weißer pulverartiger Zielfeststoff erhalten wurde.

[0268] Der erhaltene Feststoff wurde mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch ein Zielfeststoff erhalten wurde. Eine ölige Substanz, die durch Konzentration des umkristallisierten Filtrats erhalten worden ist, wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (ein Laufmittel: Hexan) und mit Hexan umkristallisiert, wodurch ein weißer pulverartiger Zielfeststoff erhalten wurde. Die Gesamtmenge der erhaltenen weißen pulverartigen Feststoffe betrug 2,2 g (8,5 mmol), und die Ausbeute war 39 % in Schritt 3 und Schritt 4. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (B-4) gezeigt.

[Chemische Formel 51]



<Schritt 5>

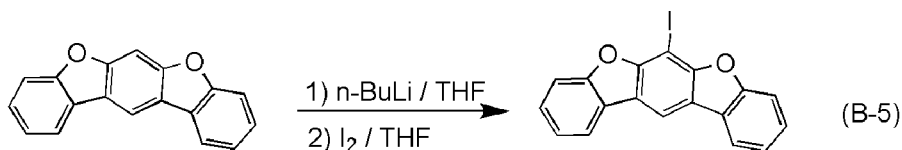
[0269] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 2,2 g (8,5 mmol) Benzo[1,2-b:5,4-b']bis benzofuran gegeben. Diese Verbindung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, wurden 40 ml wasserfreies Tetrahydrofuran zu der Mischung gegeben und wurde die erhaltene Lösung dann bei -78 °C gerührt.

[0270] Nach dem Rühren wurden 5,6 ml einer n-Butyllithium-Hexanlösung (1,60 mol/l, 9,0 mmol) bei der gleichen Temperatur hineingetropt. Nach dem Tropfen wurde die Lösung 30 Minuten lang gerührt, nachdem die Temperatur auf Raumtemperatur angestiegen war. Nach dem Rühren wurde die erhaltene Lösung auf -78 °C abgekühlt, und eine Lösung, in der 2,20 g (8,7 mmol) Iod in 10 ml wasserfreiem Tetrahydrofuran gelöst waren, wurde bei der gleichen Temperatur hineingetropt. Nach dem Tropfen erhöhte sich die Temperatur der erhaltenen Lösung auf Raumtemperatur, und dann wurde die erhaltene Lösung zirka 15 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt.

[0271] Nach dem Rühren wurde Wasser zu der erhaltenen Lösung gegeben, wurde die Mischung gerührt und wurde die erhaltene Mischung dann in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt. Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen, die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit einer Natriumhydrogenkarbonatlösung, einer wässrigen Natriumthiosulfatlösung und gesättigter Salzlösung gewaschen und dann mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch ein Feststoff erhalten wurde. Der Feststoff wurde mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch 2,5 g (6,5 mmol) eines blassbraunen Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 76 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in

(B-5) gezeigt.

[Chemische Formel 52]



<Schritt 6>

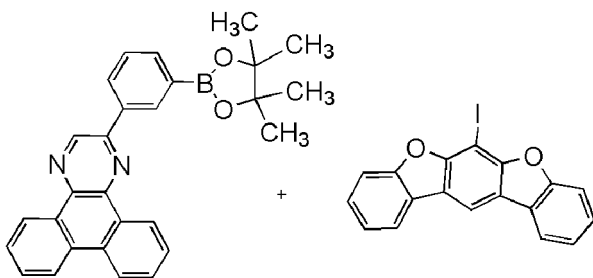
[0272] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 1,5 g (3,8 mmol) 6-Iod-benzo[1,2-b:5,4-b'] bis benzofuran, 1,8 g (4,2 mmol) 2-[3-(2-Dibenzo[f,h]chinoxaliny)phenyl]-4,4,5,5-tetramethyl-1,3,2-dioxaborolan, 70 mg (0,23 mmol) Tris(2-methylphenyl)phosphin, 20 ml Toluol, 2 ml Ethanol und 6 ml einer wässrigen Kaliumkarbonatlösung (2,0 mol/l) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde.

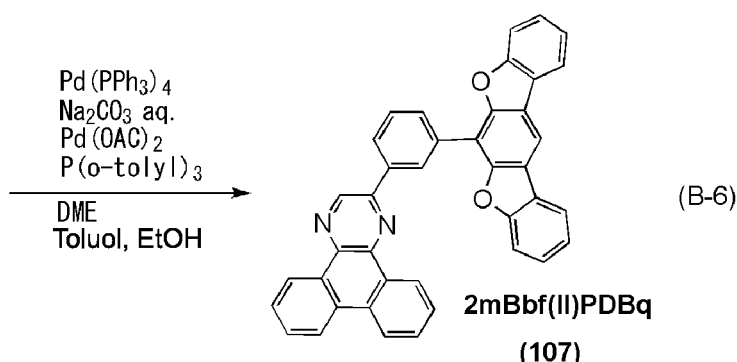
[0273] Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Nach dem Erwärmen wurden 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zu dieser Mischung gegeben, und diese Mischung wurde 2,5 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden nochmals 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben und wurde die Mischung 8 Stunden lang gerührt. Nachdem die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt worden war, wurde diese Mischung konzentriert, und 20 ml Ethylenglycoldimethylether und 6 ml einer wässrigen Natriumkarbonatlösung (2,0 mol/l) wurden der Mischung zugegeben. Die Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde.

[0274] Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Nach dem Erwärmen wurden 0,10 g (87 µmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) zu dieser Mischung gegeben, und die Mischung wurde 1,5 Stunden lang gerührt. Nach dem Rühren wurde die erhaltene Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und ein ausgefällter Feststoff wurde durch Saugfiltration eingesammelt. Der erhaltene Feststoff wurde mit Wasser und Ethanol gewaschen. Der erhaltene Feststoff wurde in Toluol aufgelöst, und die erhaltene Lösung wurde durch Celite und Aluminiumoxid gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, wodurch ein Feststoff erhalten wurde, und der Feststoff wurde mit Toluol umkristallisiert, wodurch 1,2 g (2,1 mmol) eines blassgelben Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 55 % erhalten wurden.

[0275] Der erhaltene Feststoff wurde durch Train-Sublimation gereinigt. Bei der Reinigung durch Sublimation wurde der Feststoff unter einem Druck von 2,5 Pa mit einer Argon-Durchflussrate von 5 ml/min 15,5 Stunden lang bei 310 °C erwärmt, wodurch 0,90 g eines blassgelben Zielfeststoffes bei einer Sammelquote von 75 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (B-6) gezeigt.

[Chemische Formel 53]





[0276] Analyseergebnisse durch Kernspinresonanz- (^1H NMR-) Spektroskopie des durch das vorstehend beschriebene Syntheseverfahren erhaltenen blassgelben Feststoffes werden nachfolgend beschrieben. **Fig. 17A** und **Fig. 17B** zeigen die ^1H -NMR-Spektren. Die Ergebnisse offenbaren, dass 2mBbf(II)PDBq, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (107) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 2 erhalten worden ist.

[0277] ^1H -NMR (Tetrachlorethan- d_2 , 500 MHz): δ = 7,49 (t, J = 8,0 Hz, 2H), 7,56 (t, J = 8,0 Hz, 2H), 7,74 (d, J = 8,0 Hz, 2H), 7,81-7,89 (m, 4H), 7,93 (t, J = 8,0 Hz, 1H), 8,18 (d, J = 7,5 Hz, 2H), 8,43 (d, J = 6,5 Hz, 1H), 8,53 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 8,56 (s, 1H), 8,71 (d, J = 8,0 Hz, 2H), 9,27 (s, 1H), 9,34 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 9,56 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 9,60 (s, 1H).

[0278] Als Nächstes wurden UV/VIS-Absorptionsspektren (nachstehend einfach als „Absorptionsspektren“ bezeichnet) und Emissionsspektren von 2mBbf(II)PDBq in einer Toluollösung von 2mBbf(II)PDBq und einem festen Dünnschicht aus 2mBbf(II)PDBq gemessen. Der feste Dünnschicht wurde über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Absorptionsspektren wurden mit einem UV/VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Die Emissionsspektren wurden mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FS920, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. **Fig. 18A** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren von 2mBbf(II)PDBq in der Toluollösung. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar. **Fig. 18B** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren des festen Dünnschicht. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar.

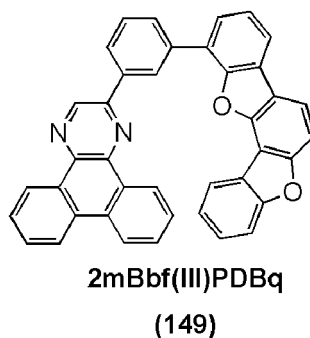
[0279] **Fig. 18A** zeigt, dass 2mBbf(II)PDBq in der Toluollösung Absorptionspeaks bei etwa 281 nm und 288 nm sowie Emissionswellenlängenpeaks bei etwa 393 nm und 404 nm aufweist. **Fig. 18B** zeigt, dass 2mBbf(II)PDBq in dem festen Dünnschicht Absorptionspeaks bei etwa 265 nm und 384 nm sowie einen Emissionswellenlängenpeak bei etwa 430 nm aufweist.

[Beispiel 3]

<<Synthesebeispiel 3>>

[0280] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von 2-[3-(Benzo[1,2-b:5,6-b']bisbenzofuran-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(III)PDBq) (die Strukturformel (149)) beschrieben, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Die Struktur von 2mBbf(III)PDBq wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 54]



<Synthese von 2mBbf(III)PDBq>

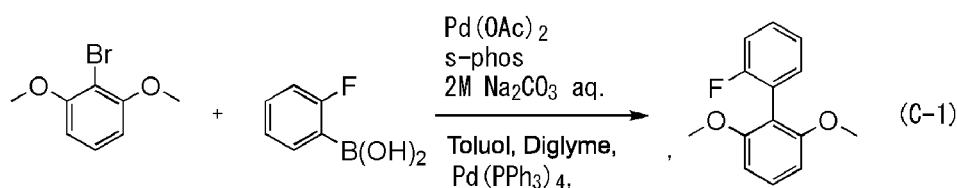
<Schritt 1>

[0281] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 10 g (46 mmol) 2-Brom-1,3-dimethoxybenzol, 7,2 g (51 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure, 66 ml Toluol, 66 ml Diethylenglycoldimethylether (Diglyme) und 76 ml einer wässrigen Natriumkarbonatlösung (2,0 mol/l) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Zu dieser Mischung wurden 1,1 g (0,95 mmol) Tetrakis(trimethylphenylphosphin)palladium(0) gegeben, und die Mischung wurde 5 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt.

[0282] Nach dem Rühren wurde die erhaltene Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt. Anschließend wurden 3,2 g (23 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure und 1,0 g (0,87 mmol) Tetrakis(trimethylphenylphosphin)palladium(0) zu der Mischung gegeben. Die Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde 8 Stunden lang bei 80 °C erwärmt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt. Anschließend wurden 5,2 g (37 mmol) 2-Fluorphenylboronsäure, 0,19 g (0,46 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl und 50 mg (0,22 mmol) Palladium(II)acetat zu der Mischung gegeben. Die Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde 4 Stunden lang bei 80 °C gerührt.

[0283] Nach dem Rühren wurde diese Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und die Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt. Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen, die extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch eine braune ölige Substanz erhalten wurde. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (ein Laufmittel wurde einem Gradienten ausgesetzt, um allmählich von Hexan zu Chloroform zu wechseln), und dann wurde sie mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch 8,4 g (36 mmol) eines Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 78 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (C-1) gezeigt.

[Chemische Formel 55]

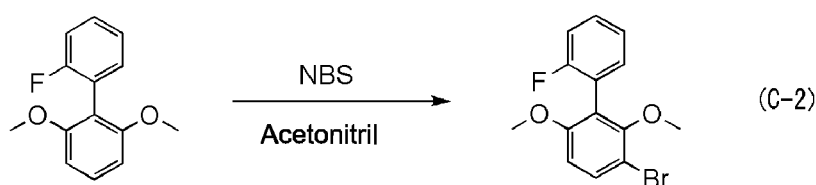


<Schritt 2>

[0284] In einen 300 ml Erlenmeierkolben wurden 8,4 g (36 mmol) 2'-Fluor-1,3-dimethoxy-2,1'-biphenyl und 130 ml Acetonitril gegeben. Anschließend wurden 6,4 g (36 mmol) N-Bromsuccinimid zu der erhaltenen Lösung gegeben, und die erhaltene Lösung wurde 23,5 Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt. Nach dem Rühren wurden Wasser und Dichlormethan zu dieser erhaltenen Lösung gegeben, und diese Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt.

[0285] Die wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen, die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit einer wässrigen gesättigten Natriumthiosulfatlösung und gesättigter Salzlösung gewaschen und dann mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch 11 g (35 mmol) einer gelben öligen Zielsubstanz in einer Ausbeute von 97 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (C-2) gezeigt.

[Chemische Formel 56]



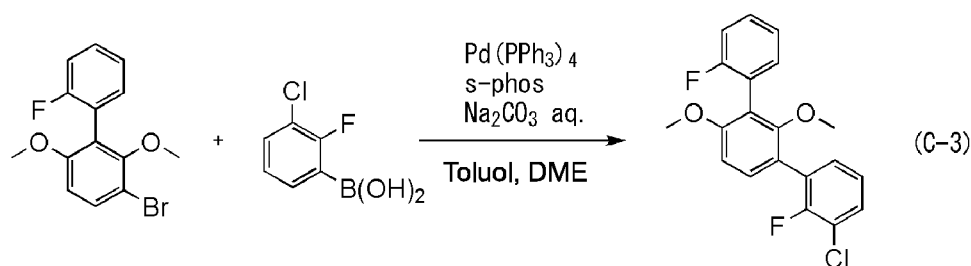
<Schritt 3>

[0286] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 11 g (35 mmol) 4-Brom-2'-fluor-1,3-dimethoxy-2,1'-biphenyl gegeben. Anschließend wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und es wurden 6,51 g (37 mmol) 3-Chlor-2-fluor-benzolboronsäure, 55 ml einer wässrigen Natriumkarbonatlösung (2,0 mol/l), 50 ml Toluol, 50 ml Ethylenglycoldimethylether und 0,16 g (0,39 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl zugegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Anschließend wurden der Mischung 40 mg (0,18 mmol) Palladium(II)acetat zugegeben, und ein Rühren wurde 2 Stunden lang bei der gleichen Temperatur durchgeführt.

[0287] Nach dem Rühren wurde die erhaltene Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt. Anschließend wurden 3,4 g (19 mmol) 3-Chlor-2-fluor-benzolboronsäure zugegeben und wurde die Mischung auf 80 °C erwärmt. Anschließend wurden dieser Mischung 40 mg (0,18 mmol) Palladium(II)acetat zugegeben, und ein Rühren wurde 3 Stunden lang bei der gleichen Temperatur durchgeführt. Nach dem Rühren wurden 0,90 g (5,2 mmol) 3-Chlor-2-fluor-benzolboronsäure und 40 mg (0,18 mmol) Palladium(II)acetat zugegeben und wurde die Mischung auf 80 °C erwärmt. Anschließend wurde diese Mischung 7 Stunden lang gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und die Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt. Die wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen, die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit gesättigter Salzlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch eine ölige Substanz erhalten wurde.

[0288] Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (ein Laufmittel: ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 10:1) und wurde dann mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch ein Zielfeststoff erhalten wurde. Die Mutterlauge, die durch die Umkristallisation erhalten wurde, wurde konzentriert, wodurch ein Feststoff erhalten wurde, und der Feststoff wurde durch Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (high performance liquid chromatography) gereinigt (ein Laufmittel war Chlorform) und mit Toluol /Hexan umkristallisiert, wodurch ein Zielfeststoff erhalten wurde. Die Gesamtmenge der Zielfeststoffe betrug 9,9 g (28 mmol), und die Ausbeute war 80 %. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (C-3) gezeigt.

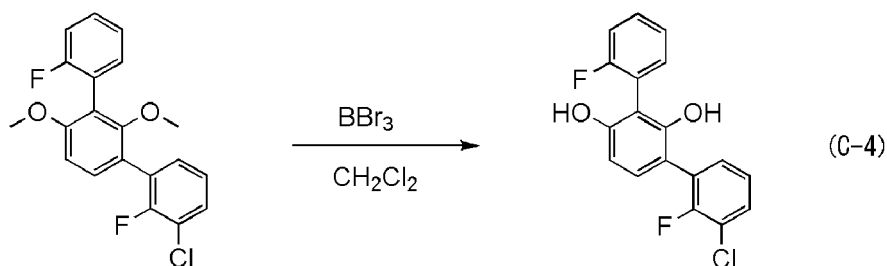
[Chemische Formel 57]



<Schritt 4>

[0289] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 9,8 g (27 mmol) 4-(3-Chlor-2-fluorphenyl)-2-(2-fluorphenyl)-1,3-dimethoxybenzol gegeben. Nachdem die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt worden war, wurden 150 ml wasserfreies Dichlormethan zugegeben. Die erhaltene Lösung wurde in ein Eisbad gegeben und gerührt. Anschließend wurde eine Lösung, in der 70 ml (70 mmol) einer Bortribromidlösung (eine 1 mol/l Dichlormethanolösung) mit 90 ml wasserfreiem Dichlormethan verdünnt wurden, in diese Lösung getropft. Nach dem Tropfen stieg die Temperatur der erhaltenen Lösung auf Raumtemperatur an, und dann wurde die erhaltene Lösung 15 Stunden lang gerührt. Nach dem Rühren wurde die Lösung in ein Eisbad gegeben und abgekühlt, und es wurden 20 ml Methanol hineingetropft und weitere 40 ml Wasser hineingetropft. Die erhaltene Mischung wurde in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt. Die erhaltene wässrige Schicht wurde dreimal einer Extraktion mit Dichlormethan unterzogen, die extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit einer Natriumhydrogenkarbonatlösung und gesättigter Salzlösung gewaschen und mit wasserfreiem Magnesiumsulfat getrocknet. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch eine braune ölige Substanz erhalten wurde. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (ein Laufmittel: ein gemischtes Lösungsmittel aus Hexan und Ethylacetat in einem Verhältnis von 8:1) und wurde dann mit Toluol/Chloroform umkristallisiert, wodurch 8,7 g (26 mmol) eines weißen Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 96 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (C-4) gezeigt.

[Chemische Formel 58]



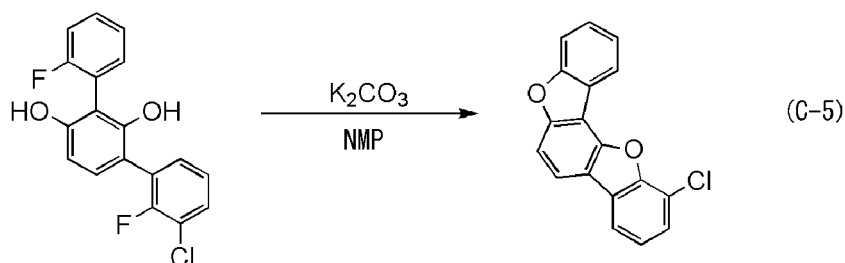
<Schritt 5>

[0290] In einen 500 ml Rückgewinnungskolben wurden 8,7 g (26 mmol) 4-(3-Chlor-2-fluorphenyl)-2-(2-fluorphenyl)-1,3-dihydroxybenzol, 14 g (0,10 mmol) Kaliumcarbonat und 150 ml N-Methyl-2-pyrrolidinon gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde 9 Stunden lang bei 200 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden Toluol, Wasser und Chlorwasserstoffsäure der Mischung zugegeben, wurde die Mischung gerührt und wurde dann die erhaltene Mischung in eine organische Schicht und eine wässrige Schicht geteilt.

[0291] Die erhaltene wässrige Lösung wurde dreimal einer Extraktion mit Toluol unterzogen, die erhaltene extrahierte Lösung und die organische Schicht wurden kombiniert, und diese Mischung wurde mit einer Natriumhydrogenkarbonatlösung und gesättigter Salzlösung gewaschen und dann mit wasserfreiem Magne-

siumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das erhaltene Filtrat konzentriert, wodurch ein brauner Feststoff erhalten wurde. Der erhaltene Feststoff wurde mit Toluol/Hexan umkristallisiert, wodurch 3,4 g (12 mmol) eines ersten Kristallprodukts und 1,6 g (5,4 mmol) eines zweiten Kristallprodukts in einer Ausbeute von zusammen 67 % erhalten wurden. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (C-5) gezeigt.

[Chemische Formel 59]



<Schritt 6>

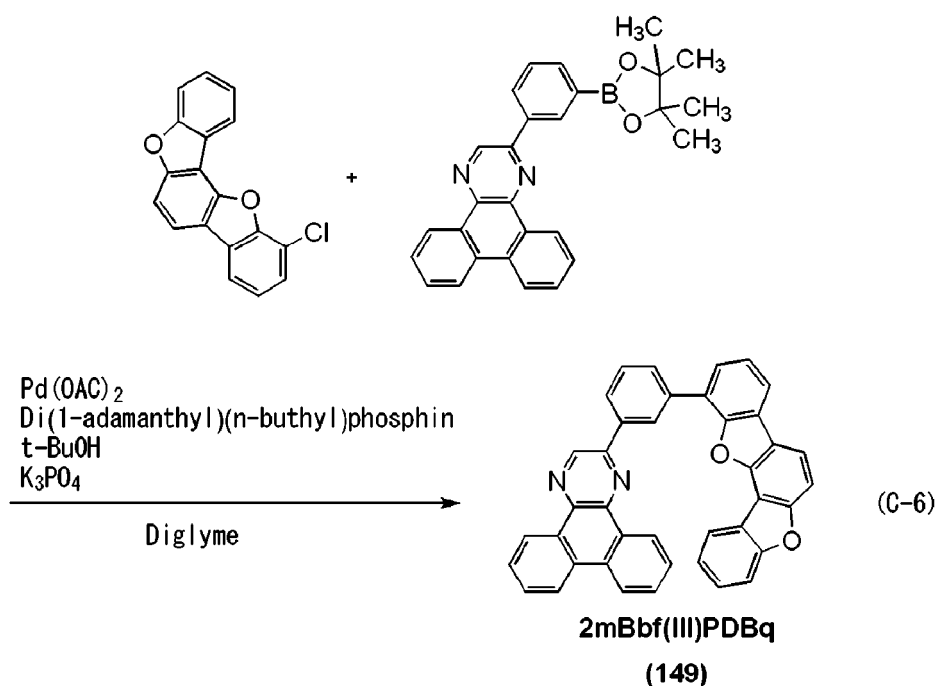
[0292] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,5 g (5,2 mmol) 4-Chlorbenzo[1,2-b;5,6-b'] bis benzofuran, 2,5 g (5,7 mmol) 2-[3-(2-Dibenzo[f,h]chinoxaliny)phenyl]-4,4,5,5-tetramethyl-1,3,2-dioxaborolan, 80 mg (0,22 mmol) Di(1-adamantyl)(n-butyl)phosphin, 1,5 ml (16 mmol) t-Butanol, 3,6 g (17 mmol) Kaliumphosphat und 26 ml Diethylen glycoldimethylether (Diglyme) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde. Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt.

[0293] Anschließend wurden 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben, und diese Mischung wurde 4 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben und wurde die Mischung 7 Stunden lang bei 100 °C gerührt. Anschließend wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden 20 mg (89 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben und wurde die Mischung 4,5 Stunden lang bei 120 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt und dann wurde eine Fällung durch Saugfiltration eingesammelt.

[0294] Der erhaltene Feststoff wurde mit Wasser und Ethanol gewaschen. Der erhaltene Feststoff wurde in Toluol durch Wärme aufgelöst, und die erhaltene Lösung wurde durch Celite und Aluminiumoxid gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, wodurch ein Feststoff erhalten wurde, und der Feststoff wurde mit Toluol umkristallisiert, wodurch 1,4 g (2,4 mmol) eines Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 46 % erhalten wurden.

[0295] Anschließend wurde der erhaltene Feststoff durch Train-Sublimation gereinigt. Bei der Reinigung durch Sublimation wurde der Feststoff unter einem Druck von 2,8 Pa mit einer Argon-Durchflussrate von 10 ml/min 20 Stunden lang bei 305 °C erwärmt. Nach der Reinigung durch Sublimation wurden 1,1 g eines blassgelben Zielfeststoffes bei einer Sammelquote von 77 % erhalten. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (C-6) gezeigt.

[Chemische Formel 60]



[0296] Analyseergebnisse durch Kernspinresonanz- (^1H NMR-) Spektroskopie des durch das vorstehend beschriebene Syntheseverfahren erhaltenen blassgelben Feststoffes werden nachfolgend beschrieben. **Fig. 19A** und **Fig. 19B** zeigen die ^1H -NMR-Spektren. Die Ergebnisse offenbarten, dass 2mBbf(III)PDBq, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (149) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 3 erhalten worden ist.

[0297] ^1H -NMR (Tetrachlorethan- d_2 , 500 MHz): δ = 7,29 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 7,50 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 7,62-7,73 (m, 4H), 7,80-7,89 (m, 4H), 7,92 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 8,12 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,15 (d, J = 8,5 Hz, 1H), 8,29 (d, J = 7,5 Hz, 2H), 8,54 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 8,70 (t, J = 8,0 Hz, 2H), 9,15 (s, 1H), 9,36 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 9,48 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 9,65 (s, 1H).

[0298] Als Nächstes wurden UV/VIS-Absorptionsspektren (nachstehend einfach als „Absorptionsspektren“ bezeichnet) und Emissionsspektren von 2mBbf(III)PDBq in einer Toluollösung von 2mBbf(III)PDBq und einem festen Dünnschicht aus 2mBbf(III)PDBq gemessen. Der feste Dünnschicht wurde über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Absorptionsspektren wurden mit einem UV/VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Die Emissionsspektren wurden mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FS920, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. **Fig. 20A** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren von 2mBbf(III)PDBq in der Toluollösung. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar. **Fig. 20B** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren des festen Dünnschicht. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar.

[0299] **Fig. 20A** zeigt, dass 2mBbf(III)PDBq in der Toluollösung Absorptionspeaks bei etwa 281 nm und 376 nm sowie Emissionswellenlängenpeaks bei etwa 394 nm und 407 nm aufweist. **Fig. 20B** zeigt, dass 2mBbf(III)PDBq in dem festen Dünnschicht Absorptionspeaks bei etwa 266 nm und 384 nm sowie einen Emissionswellenlängenpeak bei etwa 429 nm aufweist.

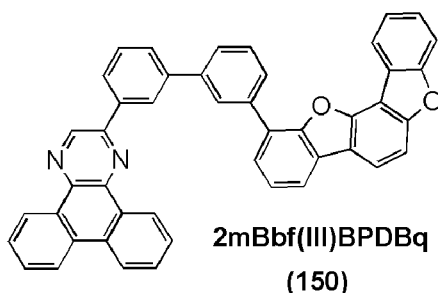
[Beispiel 4]

<<Synthesebeispiel 4>>

[0300] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von 2-[3'-(Benzo[1,2-b:5,6-b'] bis benzofuran-4-yl)-1,1'-biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chin oxalin (Abkürzung: 2mBbf(III)BPDBq) (die Strukturformel (150))

beschrieben, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Die Struktur von 2mBbf(III)BPDBq wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 61]



<Synthese von 2mBbf(III)BPDBq>

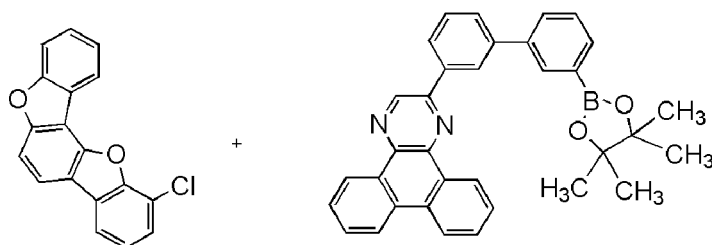
<Schritt 1>

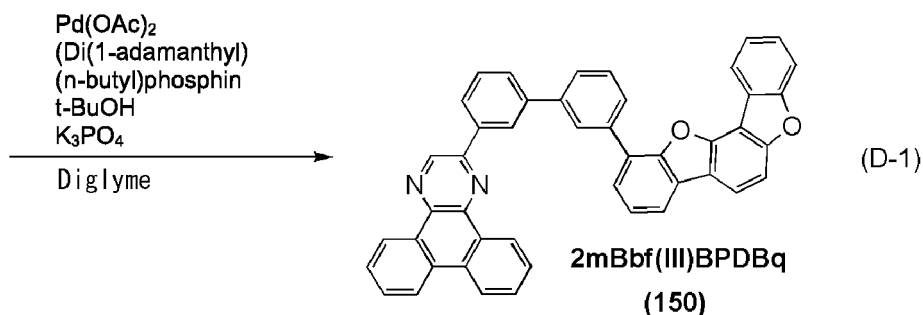
[0301] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 1,5 g (2,8 mmol) 4-Chlorbenzo[1,2-b;5,6-b'] bis benzofuran, 1,4 g (3,2 mmol) 2-[3'-(2-Dibenzo[f,h]chinoxaliny)-1,1'-biphenyl-3-yl]-4,4,5,5-tetramethyl-1,3,2-di oxaborolan, 60 mg (0,17 mmol) Di(1-adamantyl)(n-butyl)phosphin, 1 ml t-Butanol, 1,7 g (8,2 mmol) Kaliumphosphat und 15 ml Diethylen glycoldimethylether (Diglyme) gegeben. Diese Mischung wurde entgast, indem sie gerührt wurde, während der Druck in dem Kolben verringert wurde.

[0302] Nach dem Entgasen wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt, und die Mischung wurde auf 80 °C erwärmt. Nach dem Erwärmen wurden 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben, und diese Mischung wurde 6 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gerührt. Nach dem Rühren wurde die erhaltene Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wurden 10 mg (45 µmol) Palladium(II)acetat zugegeben und wurde die Mischung 4,5 Stunden lang bei 120 °C und dann 3 Stunden lang bei 140 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, und dann wurde ein ausgefallter Feststoff durch Saugfiltration eingesammelt. Der erhaltene Feststoff wurde mit Wasser und Ethanol gewaschen, wodurch 1,6 g (2,4 mmol) eines blassbraunen Zielfeststoffes in einer Ausbeute von 86 % erhalten wurden.

[0303] Anschließend wurden 1,49 g des erhaltenen Feststoffes durch Train-Sublimation gereinigt. Bei der Reinigung durch Sublimation wurde der Feststoff unter einem Druck von 5,1 Pa mit einer Argon-Durchflussrate von 15 ml/min 15 Stunden lang bei 350 °C erwärmt. Nach der Reinigung durch Sublimation wurden 1,1 g eines blassgelben Zielfeststoffes bei einer Sammelquote von 76 % erhalten. Ein Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachfolgend in (D-1) gezeigt.

[Chemische Formel 62]





[0304] Analyseergebnisse durch Kernspinresonanz- (^1H NMR-) Spektroskopie des durch das vorstehend beschriebene Syntheseverfahren erhaltenen blassgelben Feststoffes werden nachfolgend beschrieben. **Fig. 21A** und **Fig. 21B** zeigen die ^1H -NMR-Spektren. Die Ergebnisse offenbarten, dass 2mBbf(III)BPDBq, das eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (150) dargestellt wird, in dem Synthesebeispiel 4 erhalten worden ist.

[0305] ^1H -NMR (Tetrachlorethan- d_2 , 500 MHz): δ = 7,20 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 7,31 (t, J = 7,5 Hz, 1H), 7,50 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 7,58 (t, J = 7,5 Hz, 2H), 7,65 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 7,75-7,84 (m, 6H), 7,93 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,03 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,07 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,12 (t, J = 7,5 Hz, 2H), 8,20 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,38 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 8,62-8,66 (m, 3H), 8,82 (s, 1H), 9,27 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 9,32 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 9,49 (s, 1H).

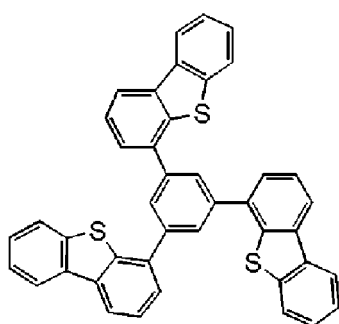
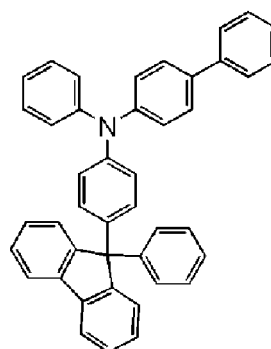
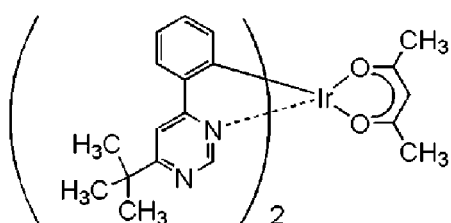
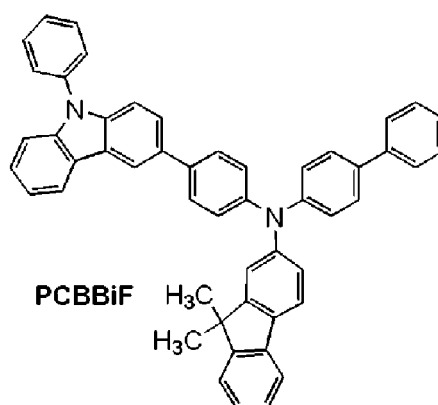
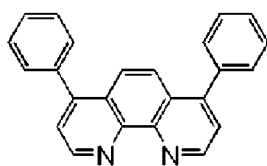
[0306] Als Nächstes wurden UV/VIS-Absorptionsspektren (nachstehend einfach als „Absorptionsspektren“ bezeichnet) und Emissionsspektren von 2mBbf(III)BPDBq in einer Toluollösung von 2mBbf(III)BPDBq und einem festen Dünnschicht aus 2mBbf(III)BPDBq gemessen. Der feste Dünnschicht wurde über einem Quarzsubstrat durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. Die Absorptionsspektren wurden mit einem UV/VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Die Emissionsspektren wurden mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FS920, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. **Fig. 22A** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren von 2mBbf(III)BPDBq in der Toluollösung. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar. **Fig. 22B** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren des festen Dünnschichts. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar.

[0307] **Fig. 22A** zeigt, dass 2mBbf(III)BPDBq in der Toluollösung Absorptionspeaks bei etwa 264 nm und 385 nm sowie Emissionswellenlängenpeaks bei etwa 391 nm und 407 nm aufweist. **Fig. 22B** zeigt, dass 2mBbf(III)BPDBq in dem festen Dünnschicht Absorptionspeaks bei etwa 264 nm und 385 nm sowie einen Emissionswellenlängenpeak bei etwa 425 nm aufweist.

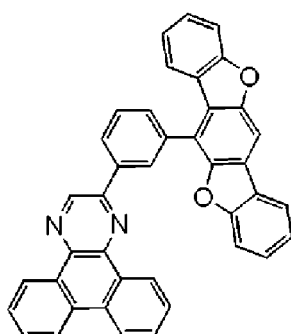
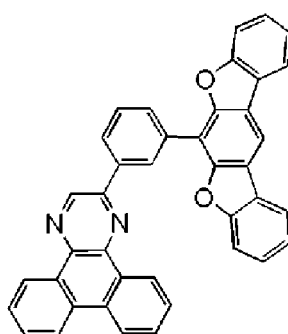
[Beispiel 5]

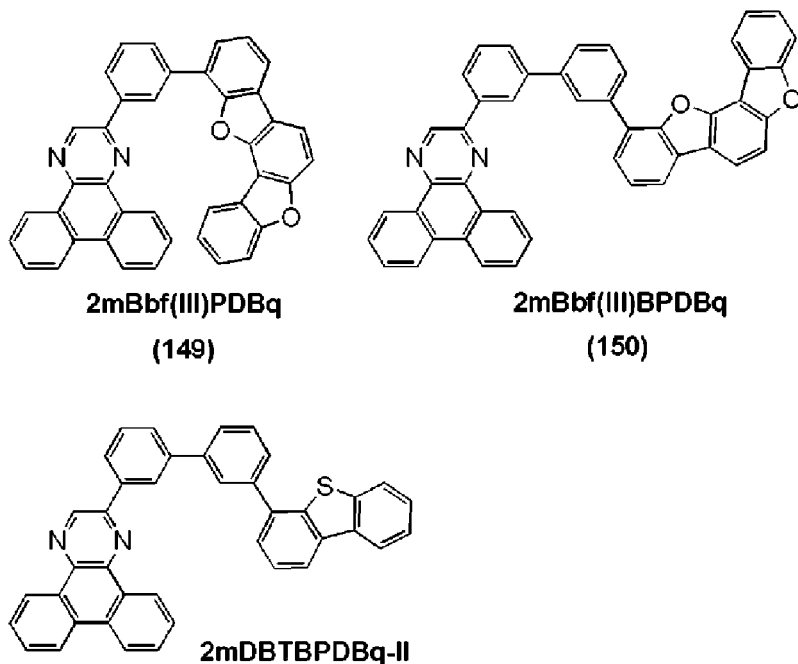
[0308] In diesem Beispiel wurden ein Licht emittierendes Element 1, bei dem 2mBbfPDBq (die Strukturformel (101)) verwendet wird, ein Licht emittierendes Element 2, bei dem 2mBbf(II)PDBq (die Strukturformel (107)) verwendet wird, ein Licht emittierendes Element 3, bei dem 2mBbf(III)PDBq (die Strukturformel (149)) verwendet wird, und ein Licht emittierendes Element 4, bei dem 2mBbf(III)BPDBq (die Strukturformel (150)) verwendet wird, bei denen es sich jeweils um eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt, hergestellt. Des Weiteren wurde ein Licht emittierendes Vergleichselement 5 für einen Vergleich hergestellt, bei dem 2mDBTBPDBq-II mit einer Dibenzothiophen-Struktur verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 und des Licht emittierenden Vergleichselements 5 anhand von **Fig. 23** beschrieben wird. Chemische Formeln der Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formeln 63]

**DBT3P-II****BPAFLP****[Ir(tBuppm)₂(acac)]****PCBBiF****Bphen**

[Chemische Formeln 64]

**2mBbfPDBq
(101)****2mBbf(II)PDBq
(107)**



<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 und des Licht emittierenden Vergleichselements 5>>

[0309] Zuerst wurde Indiumzinnoxid (ITO), das Siliziumoxid enthält, durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat 900 abgeschieden, wodurch eine erste Elektrode 901, die als Anode dient, ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die Dicke auf 110 nm eingestellt wurde und die Elektrodenfläche auf 2 mm × 2 mm eingestellt wurde.

[0310] Als Nächstes wurde als Vorbehandlung zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 1 über dem Substrat 900 eine UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden durchgeführt, nachdem eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen worden ist und das Backen bei 200 °C für 1 Stunde durchgeführt worden ist.

[0311] Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf zirka 10^{-4} Pa verringert worden war, und in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung wurde es bei 170 °C 30 Minuten lang im Vakuum gebacken, und dann wurde das Substrat 900 zirka 30 Minuten lang abgekühlt.

[0312] Als Nächstes wurde das Substrat 900 an einem Halter in der Vakuumverdampfungseinrichtung derart befestigt, dass sich eine Oberfläche des Substrats, über der die erste Elektrode 901 bereitgestellt wurde, nach unten richtete. In diesem Beispiel wird ein Fall beschrieben, in dem eine Lochinjektionsschicht 911, eine Lochtransportschicht 912, eine Licht emittierende Schicht 913, eine Elektronentransportschicht 914 und eine Elektroneninjektionsschicht 915, die in einer EL-Schicht 902 enthalten sind, durch ein Vakuumverdampfungsverfahren nacheinander ausgebildet werden.

[0313] Nachdem der Druck in der Vakuumeinrichtung auf 10^{-4} Pa verringert worden ist, wurden 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)benzol (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdänoxid durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid 4:2 betrug, wodurch die Lochinjektionsschicht 911 über der ersten Elektrode 901 ausgebildet wurde. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 911 wurde auf 20 nm eingestellt. Es sei angemerkt, dass Co-Verdampfung ein Verdampfungsverfahren ist, bei dem eine Vielzahl von unterschiedlichen Substanzen gleichzeitig aus verschiedenen Verdampfungsquellen verdampft wird.

[0314] Anschließend wurde 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP) in einer Dicke von 20 nm durch Verdampfung abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 912 ausgebildet wurde.

[0315] Als Nächstes wurde die Licht emittierende Schicht 913 über der Lochtransportschicht 912 ausgebildet.

[0316] Im Falle des Licht emittierenden Elements 1 wurden 2-[3-(Benzo[1,2-b:4,5-b'] bis benzofuran-6-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbfPDBq), N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF) und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbfPDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,7:0,3:0,05 betrug. Die Dicke wurde auf 20 nm eingestellt. Des Weiteren wurden 2mBbfPDBq, PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbfPDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,8:0,2:0,05 betrug. Auf diese Weise wurde die Licht emittierende Schicht 913 mit einer mehrschichtigen Struktur und mit einer Dicke von 40 nm ausgebildet.

[0317] Im Falle des Licht emittierenden Elements 2 wurden 2-[3-(Benzo[1,2-b:5,4-b'] bis benzofuran-6-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(II)PDBq), PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbf(II)PDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,7:0,3:0,05 betrug. Anschließend wurden 2mBbf(II)PDBq, PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbf(II)PDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,8:0,2:0,05 betrug. Auf diese Weise wurde die Licht emittierende Schicht 913 mit einer mehrschichtigen Struktur und mit einer Dicke von 40 nm ausgebildet.

[0318] Im Falle des Licht emittierenden Elements 3 wurden 2-[3-(Benzo[1,2-b:5,6-b'] bis benzofuran-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(III)PDBq), PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbf(III)PDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,7:0,3:0,05 betrug. Anschließend wurden 2mBbf(III)PDBq, PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbf(III)PDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,8:0,2:0,05 betrug. Auf diese Weise wurde die Licht emittierende Schicht 913 mit einer mehrschichtigen Struktur und mit einer Dicke von 40 nm ausgebildet.

[0319] Im Falle des Licht emittierenden Elements 4 wurden 2-[3'-(Benzo[1,2-b:5,6-b'] bis benzofuran-4-yl)-1,1'-biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(III)BPDBq), PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbf(III)BPDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,7:0,3:0,05 betrug. Anschließend wurden 2mBbf(III)BPDBq, PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mBbf(III)BPDBq zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,8:0,2:0,05 betrug. Auf diese Weise wurde die Licht emittierende Schicht 913 mit einer mehrschichtigen Struktur und mit einer Dicke von 40 nm ausgebildet.

[0320] Im Falle des Licht emittierenden Elements 5 wurden 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,7:0,3:0,05 betrug. Anschließend wurden 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, wobei das Massenverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 0,8:0,2:0,05 betrug. Auf diese Weise wurde die Licht emittierende Schicht 913 mit einer mehrschichtigen Struktur und mit einer Dicke von 40 nm ausgebildet.

[0321] Als Nächstes wurde über der Licht emittierenden Schicht 913 die Elektronentransportschicht 914 ausgebildet. Bei dem Licht emittierenden Element 1 wurde die Elektronentransportschicht 914 durch Abscheiden von 2mBbfPDBq durch Verdampfen in einer Dicke von 20 nm und anschließendem Abscheiden von Bphen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm ausgebildet. Bei dem Licht emittierenden Element 2 wurde die Elektronentransportschicht 914 durch Abscheiden von 2mBbf(II)PDBq durch Verdampfen in einer Dicke von 20 nm und anschließendem Abscheiden von Bphen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm ausgebildet. Bei dem Licht emittierenden Element 3 wurde die Elektronentransportschicht 914 durch Abscheiden von 2mBbf(III)PDBq durch Verdampfen in einer Dicke von 20 nm und anschließendem Abscheiden von Bphen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm ausgebildet. Bei dem Licht emittierenden Element 4 wurde die Elektronentransportschicht 914 durch Abscheiden von 2mBbf(III)BPDBq durch Verdampfen in einer Dicke von 20 nm und anschließendem Abscheiden von Bphen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm ausgebildet.

[0322] Darüber hinaus wurde Lithiumfluorid durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 914 der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 abgeschieden, wodurch die Elektroneninjektionsschicht 915 ausgebildet wurde.

[0323] Schließlich wurde Aluminium in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjectionsschicht 915 durch Verdampfung abgeschieden, wodurch eine als Kathode dienende zweite Elektrode 903 ausgebildet wurde. Auf diese Weise wurden die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 hergestellt. Es sei angemerkt, dass bei sämtlichen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

[0324] Die Tabelle 1 zeigt die Elementstrukturen der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 und des Licht emittierenden Vergleichselements 5, die durch das vorstehend beschriebene Verfahren hergestellt wurden.

[Tabelle 1]

	erste Elekt- rode	Lochinjektions- schicht	Lochtransport- schicht	Licht emit- tierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjektions- schicht	zweite Elekt- rode
Licht emittierendes Element 1	ITO (110 nm)	DBT3P- II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	*	2mBbfPDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element 2	ITO (110 nm)	DBT3P- II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	**	2mBbf(II) PDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element 3	ITO (110 nm)	DBT3P- II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	***	2mBbf(III) PDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element 4	ITO (110 nm)	DBT3P- II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	****	2mBbf(III) BPDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Vergleichselement 5	ITO (110 nm)	DBT3P- II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	*****	2mDBTBPDB-q-II (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
*2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)] (0,7:0,3:0,05 20 nm \0,8:0,2:0,05 20 nm)								
**2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)] (0,7:0,3:0,05 20 nm\0,8:0,2:0,05 20 nm)								
***2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)] (0,7:0,3:0,05 20 nm\0,8:0,2:0,05 20 nm)								
****2mBbf(III)BPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)] (0,7:0,3:0,05 20 nm \0,8:0,2:0,05 20 nm)								
*****2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)] (0,7:0,3:0,05 20 nm \0,8:0,2:0,05 20 nm)								

[0325] Die hergestellten Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 und das Licht emittierende Vergleichselement 5 wurden in einem Handschuhkasten unter einer Stickstoffatmosphäre derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt waren (ein Dichtungsmittel wurde aufgetragen, um die Elemente zu umschließen, und während des Abdichtens wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und wurde eine Wärmebehandlung bei 80 °C für 1 Stunde durchgeführt).

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 und des Licht emittierenden Vergleichselements 5>>

[0326] Die Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 wurden gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in einer bei 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde.

[0327] Fig. 24, Fig. 25, Fig. 26 und Fig. 27 zeigen jeweils die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Strom-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 (die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 werden in Fig. 24, Fig. 25, Fig. 26 und Fig. 27 als Elemente 1 bis 4 gekennzeichnet).

[0328] Die Tabelle 2 zeigt die Hauptwerte der Anfangseigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 und des Licht emittierenden Vergleichselements 5 bei einer Leuchtdichte von zirka 1000 cd/m². Es sei angemerkt, dass das Licht emittierende Vergleichselement 5 Anfangseigenschaften aufweist, die genauso gut sind wie diejenigen der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

[Tabelle 2]

	Span- nung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm ²)	Farbwert (x;y)	Leucht- dichte (cd/m ²)	Strom- dichte (cd/A)	Stromeffizi- enz (lm/W)	externe Quan- teneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 1	2,9	0,041	1	(0,42;0,57)	1200	110	120	29
Licht emittierendes Element 2	3,3	0,047	1,2	(0,42;0,57)	1100	90	86	24
Licht emittierendes Element 3	3,1	0,047	1,2	(0,42;0,57)	1200	100	100	27
Licht emittierendes Element 4	3,0	0,042	1,1	(0,43;0,56)	1100	100	110	27
Licht emittierendes Vergleichselement 5	3,0	0,039	1,0	(0,42;0,57)	1000	100	110	27

[0329] Fig. 28 zeigt Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4, an die ein Strom mit einer Stromdichte von 25 mA/cm² angelegt wurde. Wie in Fig. 28 gezeigt, weisen die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 jeweils einen Peak bei etwa 546 nm auf, was darauf hindeutet, dass der Peak auf die grüne Lichtemission des metallorganischen Komplexes [Ir(tBuppm)₂(acac)] zurückzuführen ist, der bei der EL-Schicht jedes Licht emittierenden Elements verwendet wird. Es sei angemerkt, dass das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Vergleichselements 5 ebenfalls den Peak aufweist, der auf die grüne Lichtemission von [Ir(tBuppm)₂(acac)] zurückzuführen ist, wie bei den Licht emittierenden Elementen 1 bis 4.

[0330] Als Nächstes wurde an den Licht emittierenden Elementen 1 bis 4 ein Zuverlässigkeitstest durchgeführt. Fig. 29 zeigt die Ergebnisse des Zuverlässigkeitstests (die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 werden in Fig. 29 als Elemente 1 bis 4 gekennzeichnet). In Fig. 29 stellt die vertikale Achse die normalisierte Leuchtdichte (%) dar, wobei eine Anfangsleuchtdichte 100 % beträgt, und die horizontale Achse stellt die Betriebsdauer (h) der Licht emittierenden Elemente dar. Es sei angemerkt, dass bei dem Zuverlässigkeitstest die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 unter den Bedingungen betrieben wurden, bei denen die Anfangsleuchtdichte auf 5000 cd/m² eingestellt wurde und die Stromdichte konstant war.

[0331] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4, bei denen die heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, jeweils eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, wie in Fig. 29 gezeigt. Demzufolge ist festgestellt worden, dass mit der heterozyklischen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine lange Lebensdauer der Licht emittierenden Elemente erzielt werden kann.

[0332] Die Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 und das Licht emittierende Vergleichselement 5 wurden einem Konservierungstest unterzogen. Bei dem Konservierungstest wurden die jeweiligen Licht emittierenden Elemente nicht betrieben und in einem thermostatischen Ofen, der bei 100 °C gehalten wurde, für einen vorher festgelegten Zeitraum konserviert, und die Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es sei angemerkt, dass die Betriebseigenschaften bei Raumtemperatur (in einer auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) gemessen wurden, nachdem die Licht emittierenden Elemente aus dem thermostatischen Ofen herausgenommen worden sind.

[0333] Fig. 30 zeigt die Messergebnisse der externen Quanteneffizienz im Laufe der Zeit der Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 und des Licht emittierenden Vergleichselements 5 (die Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 und das Licht emittierende Vergleichselement 5 werden in Fig. 30 als Elemente 1 bis 3 und Vergleichselement 5 gekennzeichnet). Die vorstehenden Ergebnisse zeigen, dass selbst dann, wenn die Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei 100 °C für eine lange Zeit konserviert werden, die anfängliche externe Quanteneffizienz aufrechterhalten werden kann und somit eine günstige Wärmebeständigkeit aufrechterhalten werden kann. Im Gegensatz dazu verringerte sich bei dem Licht emittierenden Vergleichselement 5 die externe Quanteneffizienz deutlich innerhalb von etwa 10 Stunden.

[0334] Es sei angemerkt, dass das Molekulargewicht von 2mBbfPDBq, das bei dem Licht emittierenden Element 1 verwendet wird, von 2mBbf(II)PDBq, das bei dem Licht emittierenden Element 2 verwendet wird, und

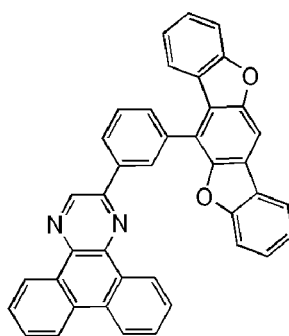
von 2mBbf(III)PDBq, das bei dem Licht emittierenden Element 3 verwendet wird, jeweils 562 ist, und das Molekulargewicht von 2mDBTBPDBq-II, das bei dem Licht emittierenden Vergleichselement 5 verwendet wird, 564 ist. Das heißt, dass, obwohl die Licht emittierenden Elemente, die für den Konservierungstest verwendet wurden, die gleichen Molekulargewichte aufweisen, es einen großen Unterschied zwischen den Licht emittierenden Elementen 1 bis 3 und dem Licht emittierenden Vergleichselement 5 hinsichtlich der Wärmebeständigkeit bei dem Konservierungstest bei 100 °C gab.

[0335] Die Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 weisen im Gegensatz zu dem Licht emittierenden Vergleichselement 5 jeweils eine Molekularstruktur auf, die Benzobisbenzofuran umfasst, bei dem es sich um einen kondensierten aromatischen Ring handelt. Der Unterschied der Wärmebeständigkeit, der bei dem Konservierungstest beobachtet wurde, kommt auf Grund dieser Molekularstruktur zustande. Eine Verbindung und ein Licht emittierendes Element mit dieser Molekularstruktur können eine sehr hohe Wärmebeständigkeit aufweisen, ohne dass das Molekulargewicht erhöht wird. Demzufolge ist die Verwendung des kondensierten aromatischen Rings sehr effektiv.

[Beispiel 6]

[0336] In diesem Beispiel wurden das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2-[3-(Benzo[1,2-b:4,5-b']bis benzofuran-6-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbfPDBq), bei dem es sich um eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt, die durch die folgende Strukturformel (101) dargestellt wird, durch eine zyklische Voltametrie-(cyclic voltammetry, CV-) Messung erhalten. Eine Berechnungsmethode wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 65]



2mBbfPDBq

(101)

[0337] Ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Messeinrichtung verwendet. Bezüglich einer Lösung, die bei der CV-Messung verwendet wurde, wurde wasserfreies Dimethylformamid (DMF) (hergestellt von Aldrich, 99,8 %, Katalognummer 227056) als Lösungsmittel verwendet, und tetra-n-Butylammoniumperchlorat ($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, Produkt von Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., Katalognummer T0836), das ein Trägerelektrolyt war, wurde in dem Lösungsmittel aufgelöst, so dass die Konzentration davon 100 mmol/l betrug. Des Weiteren wurde das zu messende Objekt ebenfalls in dem Lösungsmittel aufgelöst, so dass die Konzentration davon 2 mmol/l betrug. Eine Platinelektrode (PTE-Platinelektrode, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Arbeitselektrode verwendet, eine weitere Platinelektrode (Pt-Gegenelektrode für VC-3 (5 cm), hergestellt von BAS Inc.) wurde als Hilfselektrode verwendet und eine Ag/Ag⁺-Elektrode (RE-7-Bezugselektrode für ein nichtwässriges Lösungsmittel, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Bezugselektrode verwendet. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (20 °C bis 25 °C) durchgeführt wurde. Zusätzlich wurde die Abtastgeschwindigkeit bei der CV-Messung auf 0,1 V/s eingestellt, und ein Oxidationspotential E_a [V] und ein Reduktionspotential E_c [V] wurden hinsichtlich der Bezugselektrode gemessen. Es sei angemerkt, dass E_a ein Zwischenpotential einer Oxidations-Reduktions-Welle darstellt und dass E_c ein Zwischenpotential einer Reduktions-Oxidations-Welle darstellt. Dabei ist festgestellt worden, dass die Potentialenergie der Bezugselektrode, die in diesem Beispiel verwendet wird, hinsichtlich des Vakuumniveaus -4,94 [eV] war, und demzufolge können das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau durch die folgende Formel erhalten werden: HOMO-Niveau [eV] = -4,94 - E_a und LUMO-Niveau [eV]

= -4,94 - Ec. Des Weiteren wurde die CV-Messung 100 mal wiederholt, und die Oxidations-Reduktions-Welle bei dem hundertsten Zyklus und die Oxidations-Reduktions-Welle bei dem ersten Zyklus wurden miteinander verglichen, um die elektrische Stabilität der Verbindung zu untersuchen.

[0338] Als ein Ergebnis wurde bei der Messung des Oxidationspotentials E_a [V] von 2mBbfPDBq ein Oxidationspeak nicht eindeutig in dem Messbereich von 0,2 eV bis 1,5 eV beobachtet. Im Gegensatz dazu ist festgestellt worden, dass das LUMO-Niveau -2,97 eV war. Als die Oxidations-Reduktions-Welle wiederholt gemessen wurde, betrug die Peakintensität der Oxidations-Reduktions-Welle nach dem hundertsten Zyklus 73 % derjenigen der Oxidations-Reduktions-Welle bei dem ersten Zyklus; demzufolge ist festgestellt worden, dass die Beständigkeit gegen die Reduktion von 2mBbfPDBq sehr günstig war.

[0339] Eine Thermogravimetrie-Differentialthermoanalyse (thermogravimetry-differential thermal analysis, TG-DTA) wurde an 2mBbfPDBq durchgeführt. Die Messung wurde unter Verwendung einer Hochvakuum-Differentialthermoanalyse (high vacuum differential type differential thermal balance) (TG-DTA 2410SA, hergestellt von Bruker AXS K.K.) durchgeführt. Die Messung wurde unter einem Stickstoffstrom (Durchflussrate: 200 ml/min) bei normalem Druck bei einer Temperaturerhöhungsrate von 10 °C/min durchgeführt. Es ist aus der Beziehung zwischen dem Gewicht und der Temperatur (Thermogravimetrie) festgestellt worden, dass die Temperatur für 5 % Gewichtsverlust von 2mBbfPDBq bei zirka 442 °C lag. Dies deutet darauf hin, dass 2mBbfPDBq eine hohe Wärmebeständigkeit aufweist.

[0340] Des Weiteren wurde eine dynamische Differenzkalorimetrie (differential scanning calorimetry, DSC-Messung) mit Pyris 1 DSC, hergestellt von PerkinElmer Inc., durchgeführt. Bei der dynamischen Differenzkalorimetrie wurde, nachdem die Temperatur bei einer Temperaturerhöhungsrate von 50 °C/min von -10 °C auf 370 °C erhöht worden ist, die Temperatur für eine Minute aufrechterhalten und dann bei einer Temperaturverringerungsrate von 50 °C/min auf -10 °C abgekühlt. Dieser Vorgang wird zweimal nacheinander wiederholt, und das zweite Messergebnis wurde verwendet. Es ist bei der DSC-Messung festgestellt worden, dass die Glasübergangstemperatur von 2mBbfPDBq bei 147 °C lag und es folglich eine hohe Wärmebeständigkeit aufwies.

[0341] Als Nächstes wurde 2mBbfPDBq, das in diesem Beispiel erhalten wurde, durch eine Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC/MS) analysiert.

[0342] Bei der LC/MS-Analyse wurde eine Flüssigchromatographie (LC) mit ACQUITY UPLC (eingetragenes Warenzeichen) (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt, und die Massenspektrometrie (MS) wurde mit Xevo G2 ToF MS (hergestellt von Waters Corporation) durchgeführt. ACQUITY UPLC (eingetragenes Warenzeichen) BEH C₈ (2,1 × 100 mm, 1,7 µm) (hergestellt von Waters Corporation) wurde als Säule für die LC-Trennung verwendet, und die Säulentemperatur betrug 40 °C. Acetonitril wurde als mobile Phase A verwendet und eine 0,1 % wässrige Ameisensäurelösung wurde als mobile Phase B verwendet. Des Weiteren wurde eine Probe auf eine derartige Weise hergestellt, dass 2mBbfPDBq in N-Methyl-2-pyrrolidon in einer bestimmten Konzentration aufgelöst wurde und die Mischung mit Acetonitril verdünnt wurde. Die Injektionsmenge wurde auf 5,0 µl eingestellt.

[0343] 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 betrug 65:35 für Minute 0 bis 1 nach dem Beginn der Messung, und dann 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. Die Analysezeit betrug insgesamt 10 Minuten. Die Zusammensetzung wurde linear verändert.

[0344] Bei der MS-Analyse wurde die Ionisation unter Anwendung eines Elektrospray-Ionisations- (ESI-) Verfahrens durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Kapillarspannung und die Konusspannung auf 3,0 kV bzw. 30 V eingestellt, und die Detektion wurde in einem positiv-Modus durchgeführt. Ein Massebereich für die Messung war m/z = 100 bis 1200.

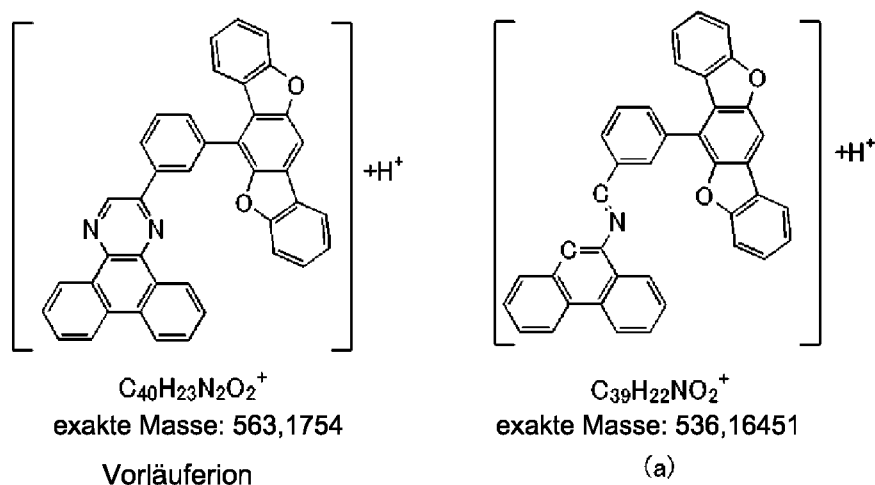
[0345] Die LC-MS-Messung wurde unter den vorstehenden Bedingungen durchgeführt, und ein Ion, das von 2mBbfPDBq stammt, wurde bei einem Masse-zu-Ladungs-Verhältnis (m/z) = 563,175 (dem theoretischen Wert von 2mBbfPDBq, d. h. $[M+H]^+$ = 562,175) erfasst. Anschließend kollidierte ein Ion (ein Vorläuferion) mit einem Masse-zu-Ladungs-Verhältnis (m/z) von 563,175 mit einem Argongas in einer Kollisionszelle, um zu dissoziieren. Die Energie (Kollisionsenergie) für die Kollision des Vorläuferions mit Argon wurde auf 50 eV und 70 eV eingestellt. **Fig. 31** zeigt Massenspektren von Produktionen, die durch die Kollision des Vorläuferions und eines Argongases erzeugt wurden, wenn eine Kollisionsenergie, die durch einen Time-of-Flight-

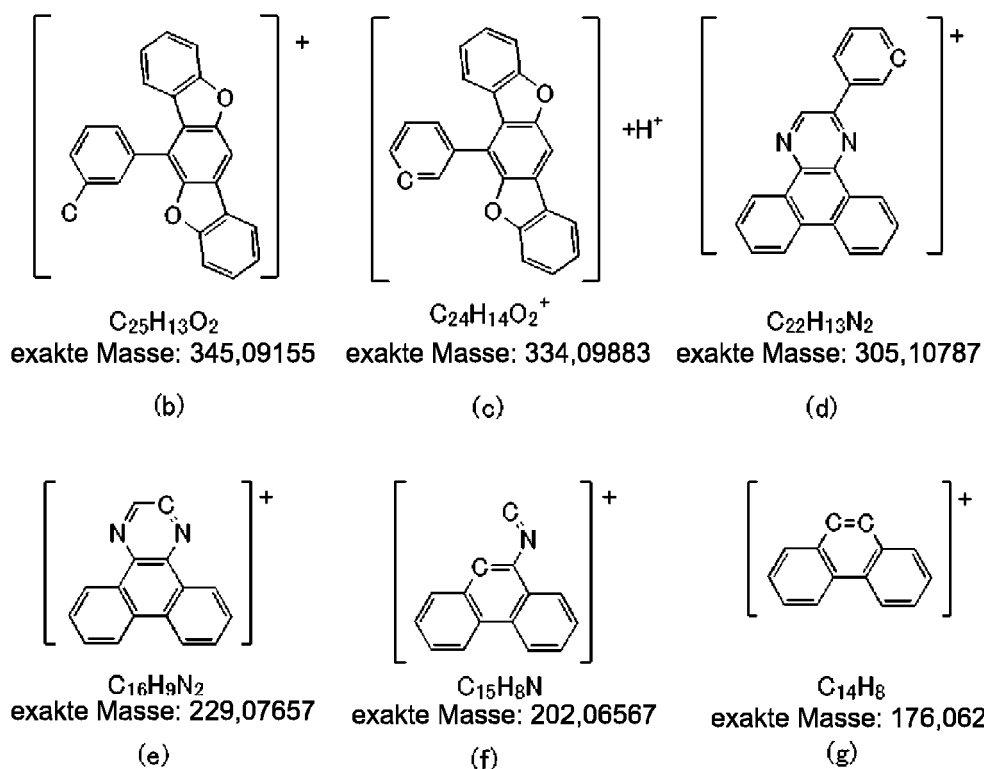
(TOF-) Detektor erfasst wird, 50 eV ist, und **Fig. 32** zeigt Massenspektren der Produktionen, wenn die Kollisionsenergie 70 eV ist.

[0346] Das Ergebnis in **Fig. 31** zeigt, dass Produktionen von 2mBbfPDBq, das durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, hauptsächlich bei etwa $m/z = 536,165$, etwa $m/z = 345,091$, etwa $m/z = 334,098$, etwa $m/z = 305,096$, etwa $m/z = 229,076$, etwa $m/z = 202,066$ und etwa $m/z = 177,070$ erfasst werden. Das Ergebnis in **Fig. 32** zeigt, dass Produktionen von 2mBbfPDBq, das durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, bei der Kollisionsenergie von 70 eV hauptsächlich bei etwa $m/z = 305,096$, etwa $m/z = 229,077$, etwa $m/z = 202,066$ und etwa $m/z = 176,063$ erfasst werden. Es sei angemerkt, dass die Ergebnisse in **Fig. 31** und **Fig. 32** Eigenschaften, die von 2mBbfPDBq stammen, zeigen und daher als wichtige Daten zum Identifizieren von 2mBbfPDBq, das in einer Mischung enthalten ist, angesehen werden können.

[0347] Es sei angemerkt, dass das Produktion, das bei etwa $m/z = 536,165$ erfasst wird, vermutlich auf Grund einer Spaltung eines Rings, der Stickstoff von Dibenzo[f,h]chinoxalin in der Verbindung enthält, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (a) gezeigt wird. Das Produktion bei etwa $m/z = 345,091$ stammt vermutlich von Dibenzo[f,h]chinoxalin, das auf Grund einer Spaltung einer Bindung an der 2-Position von Dibenzo[f,h]chinoxalin in der Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (b) gezeigt wird. Das Produktion bei etwa $m/z = 334,098$ stammt vermutlich von 6-Phenylbenzo[1,2-b:4,5-b'] bis benzofuran, das auf Grund einer Spaltung einer Bindung an der 2-Position von Dibenzo[f,h]chinoxalin in der Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (c) gezeigt wird. Das Produktion bei etwa $m/z = 305,096$ stammt vermutlich von 2-Phenyldibenzo[f,h]chinoxalin, das auf Grund einer Spaltung einer Bindung an der 6-Position von Benzo[1,2-b:4,5-b'] bis benzofuran in der Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (d) gezeigt wird. Das Produktion bei etwa $m/z = 229,076$ stammt vermutlich von Dibenzo[f,h]chinoxalin, das auf Grund einer Spaltung einer Bindung an der 2-Position von Dibenzo[f,h]chinoxalin in der Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (e) gezeigt wird. Das Produktion bei etwa $m/z = 202,066$ ist vermutlich ein Ion, das auf Grund einer weiteren Spaltung des Produktions bei etwa $m/z = 536,165$ erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (f) gezeigt wird. Das Produktion bei etwa $m/z = 177,070$ ist vermutlich ein Ion, das auf Grund einer weiteren Spaltung des Produktions bei etwa $m/z = 536,165$ erzeugt wird, wie in der folgenden Formel (g) gezeigt wird. Insbesondere handelt es sich bei einem Ion, das durch die Formel (a) des Ions gezeigt wird, das auf Grund der Spaltung eines Rings, der Stickstoff von Dibenzo[f,h]chinoxalin in der Verbindung enthält, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird, und bei Ionen, die durch die Formeln (b) bis (d) der Ionen dargestellt werden, die auf Grund der Spaltung einer Bindung zwischen Ringen erzeugt werden, jeweils um Eigenschaften von 2mBbfPDBq, und demzufolge können diese als wichtige Informationen zum Identifizieren von 2mBbfPDBq, das in einer Mischung enthalten ist, angesehen werden.

[Chemische Formeln 66]

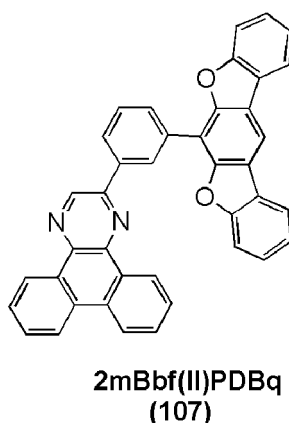




[Beispiel 7]

[0348] In diesem Beispiel wurden das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2-[3-(Benzo[1,2-b:5,4-b']bis benzofuran-6-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbfPDBq), bei dem es sich um eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt, die durch die folgende Strukturformel (107) dargestellt wird, durch eine zyklische Voltametrie-(CV-) Messung erhalten. Eine Berechnungsmethode wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formeln 67]



[0349] Das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2mBbf(II)PDBq wurden durch eine zyklische Voltametrie- (CV-) Messung erhalten. Die CV-Messungen und Berechnungen für das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau waren dieselben wie diejenigen in dem Beispiel 6.

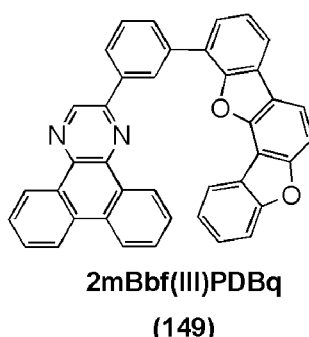
[0350] Als ein Ergebnis wurde bei der Messung des Oxidationspotentials E_a [V] von 2mBbf(II)PDBq ein Oxidationspeak nicht eindeutig in dem Messbereich von -0,2 eV bis 1,5 eV beobachtet. Im Gegensatz dazu ist festgestellt worden, dass das LUMO-Niveau -2,94 eV war. Als die Oxidations-Reduktions-Welle wiederholt gemessen wurde, betrug die Peakintensität der Oxidations-Reduktions-Welle nach dem hundertsten Zyklus

87 % derjenigen der Oxidations-Reduktions-Welle bei dem ersten Zyklus; demzufolge ist festgestellt worden, dass die Beständigkeit gegen die Reduktion von 2mBbf(II)PDBq sehr günstig war.

[0351] Eine Thermogravimetrie-Differentialthermoanalyse wurde an 2mBbf(II)PDBq durchgeführt. Das Analyseverfahren war dasselbe wie dasjenige, das beim Beispiel 6 beschrieben wurde. Es ist aus dem Messergebnis festgestellt worden, dass die Temperatur für 5 % Gewichtsverlust von 2mBbf(II)PDBq bei zirka 459 °C lag. Dies deutet darauf hin, dass 2mBbf(II)PDBq eine hohe Wärmebeständigkeit aufweist.

[Beispiel 8]

[0352] In diesem Beispiel wurden das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2-[3-(Benzo[1,2-b:5,6-b'] bis benzofuran-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(III)PDBq), bei dem es sich um eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt, die durch die folgende Strukturformel (149) dargestellt wird, durch eine zyklische Voltametrie- (CV-) Messung erhalten. Eine Berechnungsmethode wird nachstehend gezeigt.



[0353] Das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2mBbf(III)PDBq wurden durch eine zyklische Voltametrie- (CV-) Messung erhalten. Die CV-Messungen und Berechnungen für das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau waren dieselben wie diejenigen in dem Beispiel 6.

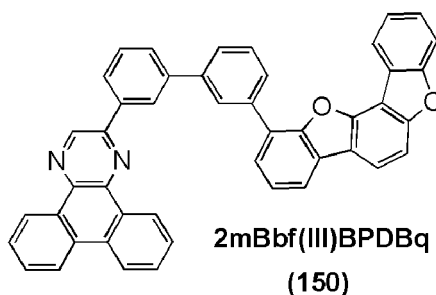
[0354] Als ein Ergebnis wurde bei der Messung des Oxidationspotentials E_a [V] von 2mBbf(III)PDBq ein Oxidationspeak nicht eindeutig in dem Messbereich von 0 eV bis 1,5 eV beobachtet. Im Gegensatz dazu ist festgestellt worden, dass das LUMO-Niveau -2,95 eV war. Als die Oxidations-Reduktions-Welle wiederholt gemessen wurde, betrug die Peakintensität der Oxidations-Reduktions-Welle nach dem hundertsten Zyklus 79 % derjenigen der Oxidations-Reduktions-Welle bei dem ersten Zyklus; demzufolge ist festgestellt worden, dass die Beständigkeit gegen die Reduktion von 2mBbf(III)PDBq sehr günstig war.

[0355] Eine Thermogravimetrie-Differentialthermoanalyse wurde an 2mBbf(III)PDBq durchgeführt. Das Analyseverfahren war dasselbe wie dasjenige, das beim Beispiel 6 beschrieben wurde. Es ist aus dem Messergebnis festgestellt worden, dass die Temperatur für 5 % Gewichtsverlust von 2mBbf(III)PDBq bei zirka 454 °C lag. Dies deutet darauf hin, dass 2mBbf(III)PDBq eine hohe Wärmebeständigkeit aufweist.

[Beispiel 9]

[0356] In diesem Beispiel wurden das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2-[3'-(Benzo[1,2-b:5,6-b'] bis benzofuran-4-yl)-1,1'-biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mBbf(III)BPDBq), bei dem es sich um eine heterozyklische Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt, die durch die folgende Strukturformel (150) dargestellt wird, durch eine zyklische Voltametrie- (CV-) Messung erhalten. Eine Berechnungsmethode wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formeln 69]

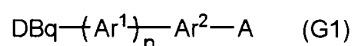


[0357] Das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 2mBbf(III)BPDBq wurden durch eine zyklische Voltammetrie- (CV-) Messung erhalten. Die CV-Messungen und Berechnungen für das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau waren dieselben wie diejenigen in dem Beispiel 6.

[0358] Als ein Ergebnis wurde bei der Messung des Oxidationspotentials E_a [V] von 2mBbf(III)BPDBq ein Oxidationspeak nicht eindeutig in dem Messbereich von 0,1 eV bis 1,5 eV beobachtet. Im Gegensatz dazu ist festgestellt worden, dass das LUMO-Niveau -2,98 eV war. Als die Oxidations-Reduktions-Welle wiederholt gemessen wurde, betrug die Peakintensität der Oxidations-Reduktions-Welle nach dem hundertsten Zyklus 71 % derjenigen der Oxidations-Reduktions-Welle bei dem ersten Zyklus; demzufolge ist festgestellt worden, dass die Beständigkeit gegen die Reduktion von 2mBbf(III)BPDBq sehr günstig war.

Patentansprüche

1. Heterozyklische Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G1) dargestellt wird:



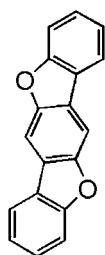
wobei DBq eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe darstellt,
wobei Ar^1 eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt,
wobei n 0 oder 1 darstellt,
wobei Ar^2 eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt,
und
wobei A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe darstellt.

2. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1, wobei die Arylen-Gruppe von Ar^2 Substituenten aufweist, die aneinander gebunden sind, um einen Ring zu bilden.

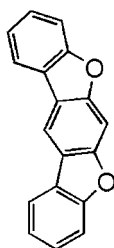
3. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1,
wobei Ar^2 in der allgemeinen Formel (G1) eine substituierte oder nicht substituierte Phenylen-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyldiyl-Gruppe darstellt, und
wobei n 0 darstellt.

4. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1,
wobei Ar^2 in der allgemeinen Formel (G1) eine substituierte oder nicht substituierte m-Phenylen-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyl-3,3'-diyl-Gruppe darstellt, und
wobei n 0 darstellt.

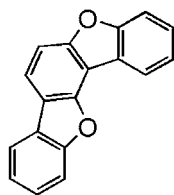
5. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1,
wobei es sich bei A in der allgemeinen Formel (G1) um eine beliebige der allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) handelt,



(A1)



(A2)



(A3)

, und

wobei unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) bilden, ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an Ar^2 gebunden ist.

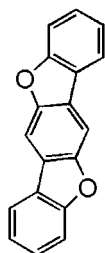
6. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1, wobei unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in der Benzobisbenzofuranyl-Gruppe bilden, ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an Ar^2 gebunden ist.

7. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 6, wobei die Arylen-Gruppe von Ar^2 Substituenten aufweist, die aneinander gebunden sind, um einen Ring zu bilden.

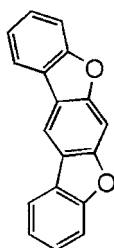
8. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 6, wobei Ar^2 in der allgemeinen Formel (G1) eine substituierte oder nicht substituierte Phenylen-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyldiyl-Gruppe darstellt, und wobei n 0 darstellt.

9. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 6, wobei Ar^2 in der allgemeinen Formel (G1) eine substituierte oder nicht substituierte m-Phenylen-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyl-3,3'-diyl-Gruppe darstellt, und wobei n 0 darstellt.

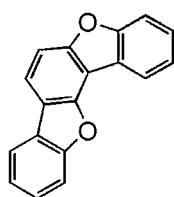
10. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 6, wobei es sich bei A in der allgemeinen Formel (G1) um eine beliebige der allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) handelt



(A1)



(A2)

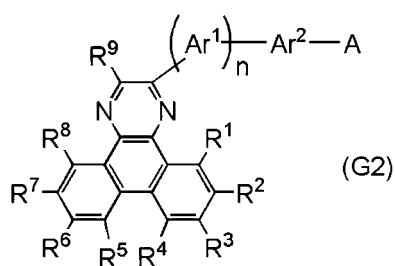


(A3)

, und

wobei unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) bilden, ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an die Ar^2 gebunden ist.

11. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1, die durch eine allgemeine Formel (G2) dargestellt wird:



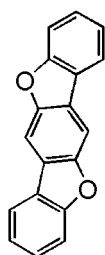
wobei A eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe darstellt,
wobei R¹ bis R⁹ unabhängig voneinander eines von Wasserstoff, einer AlkylGruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoff-
atomen und einer substituierten oder nicht substituierten Aryl-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoff-Atomen dar-
stellen,
wobei Ar¹ eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt,
wobei n 0 oder 1 darstellt, und
wobei Ar² eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellt.

12. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 11, wobei die Arylen-Gruppe von Ar² Substituenten auf-
weist, die aneinander gebunden sind, um einen Ring zu bilden.

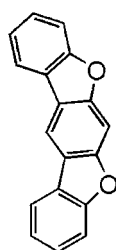
13. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 11,
wobei Ar² in der allgemeinen Formel (G2) eine substituierte oder nicht substituierte Phenylen-Gruppe oder
eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyldiyl-Gruppe darstellt, und
wobei n 0 darstellt.

14. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 11,
wobei Ar² in der allgemeinen Formel (G2) eine substituierte oder nicht substituierte m-Phenylen-Gruppe
oder eine substituierte oder nicht substituierte Biphenyl-3,3'-diyl-Gruppe darstellt, und
wobei n 0 darstellt.

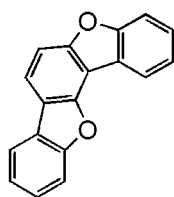
15. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 11,
wobei es sich bei A in der allgemeinen Formel (G2) um eine beliebige der allgemeinen Formeln (A1) bis
(A3) handelt



(A1)



(A2)

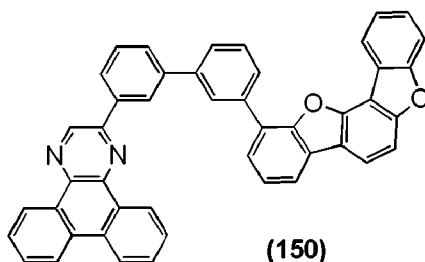
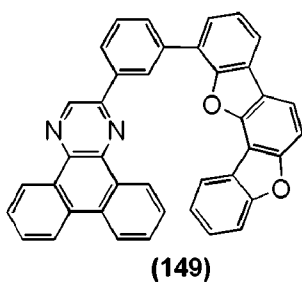
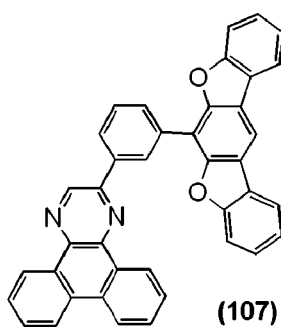
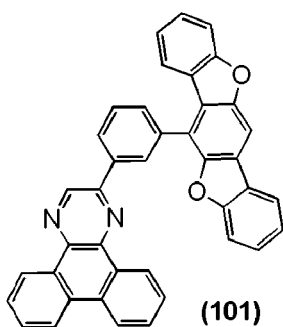


(A3)

, und

wobei unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in den allgemeinen Formeln (A1) bis (A3) bilden, ein
beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an
Sauerstoff gebunden ist, an die Ar² gebunden ist.

16. Heterozyklische Verbindung nach Anspruch 1, die durch eine beliebige von einer Strukturformel
(101), einer Strukturformel (107), einer Strukturformel (149) und einer Strukturformel (150) dargestellt wird:



17. Verwendung der heterozyklischen Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 16 in einem Licht emittierenden Element.

18. Verwendung nach Anspruch 17, wobei das Licht emittierende Element eine Licht emittierende Schicht und eine Licht emittierende Substanz umfasst und die heterozyklische Verbindung in der Licht emittierenden Schicht enthalten ist.

19. Verwendung nach Anspruch 17 oder 18, wobei das Licht emittierende Element in einer Licht emittierenden Vorrichtung umfasst ist, welche ferner einen Transistor umfasst.

20. Licht emittierendes Element, das eine heterozyklische Verbindung umfasst, wobei die heterozyklische Verbindung eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzo[f,h]chinoxaliny-Gruppe umfasst, die durch eine substituierte oder nicht substituierte Arylen-Gruppe an eine substituierte oder nicht substituierte Benzobisbenzofuranyl-Gruppe gebunden ist.

21. Licht emittierendes Element nach Anspruch 20, wobei das Licht emittierende Element eine Licht emittierende Schicht umfasst, und wobei die Licht emittierende Schicht die heterozyklische Verbindung und eine Licht emittierende Substanz umfasst.

22. Licht emittierendes Element nach Anspruch 20, wobei unter Kohlenstoffatomen, die keinen Furanring in der Benzobisbenzofuranyl-Gruppe bilden, ein beliebiges der Kohlenstoffatome, das sich neben einem Kohlenstoffatom des Furanrings befindet, das an Sauerstoff gebunden ist, an die Arylen-Gruppe gebunden ist.

23. Licht emittierendes Element nach Anspruch 22, wobei das Licht emittierende Element eine Licht emittierende Schicht umfasst, und wobei die Licht emittierende Schicht die heterozyklische Verbindung und eine Licht emittierende Substanz umfasst.

24. Verwendung des Licht emittierenden Elements nach einem der Ansprüche 20 bis 23 in einer Licht emittierenden Vorrichtung, die einen Transistor umfasst.

Es folgen 29 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

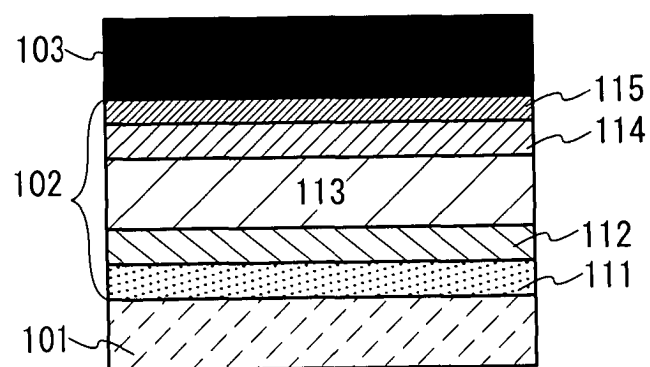


FIG. 1B

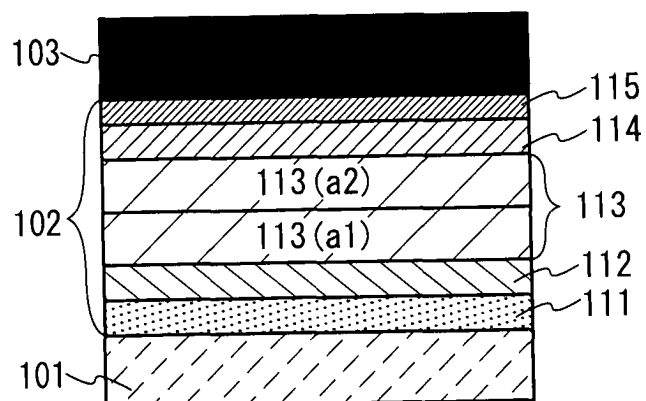


FIG. 2A

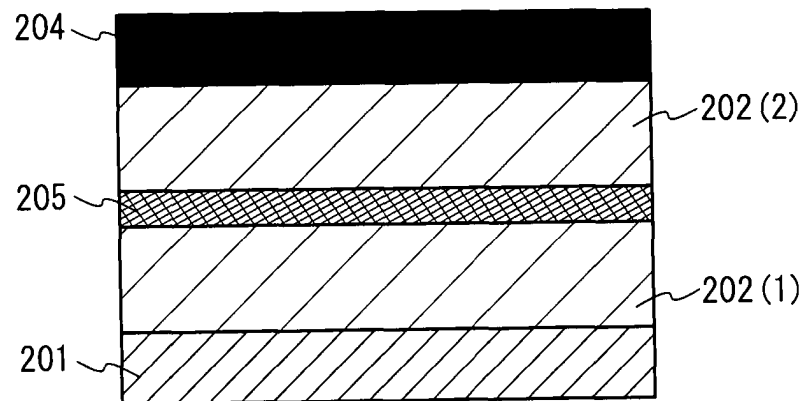


FIG. 2B

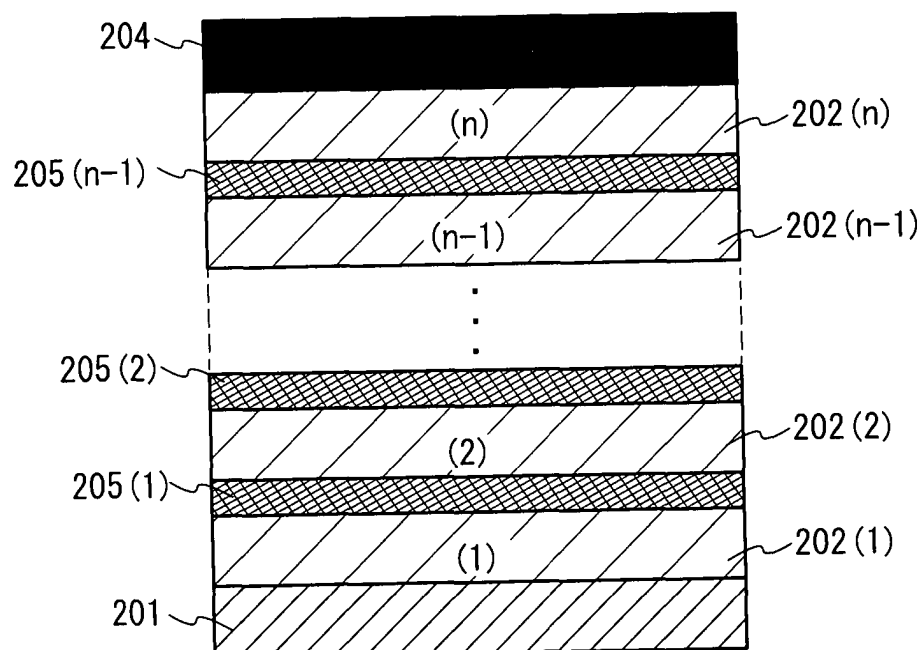


FIG. 3A

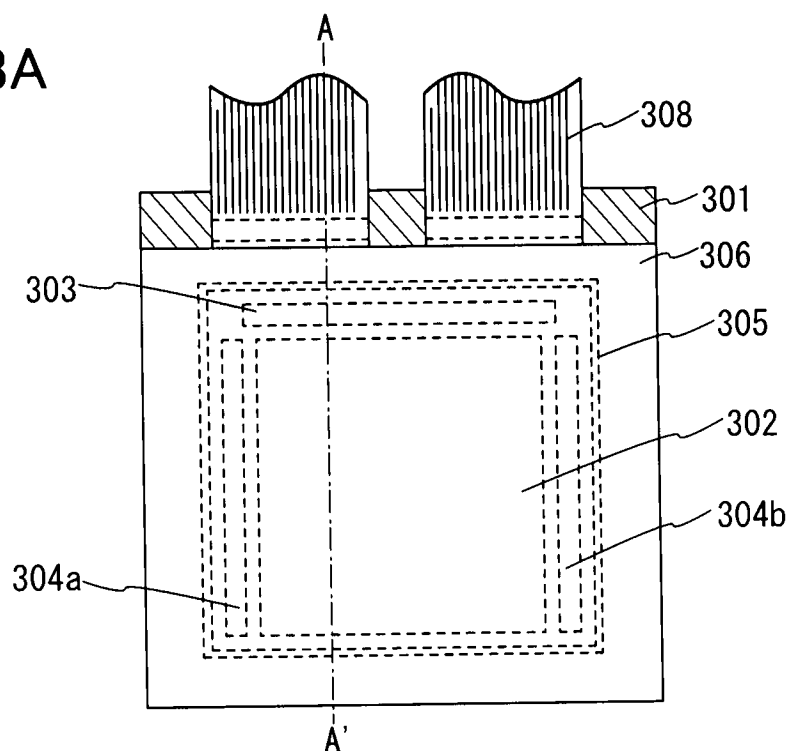


FIG. 3B

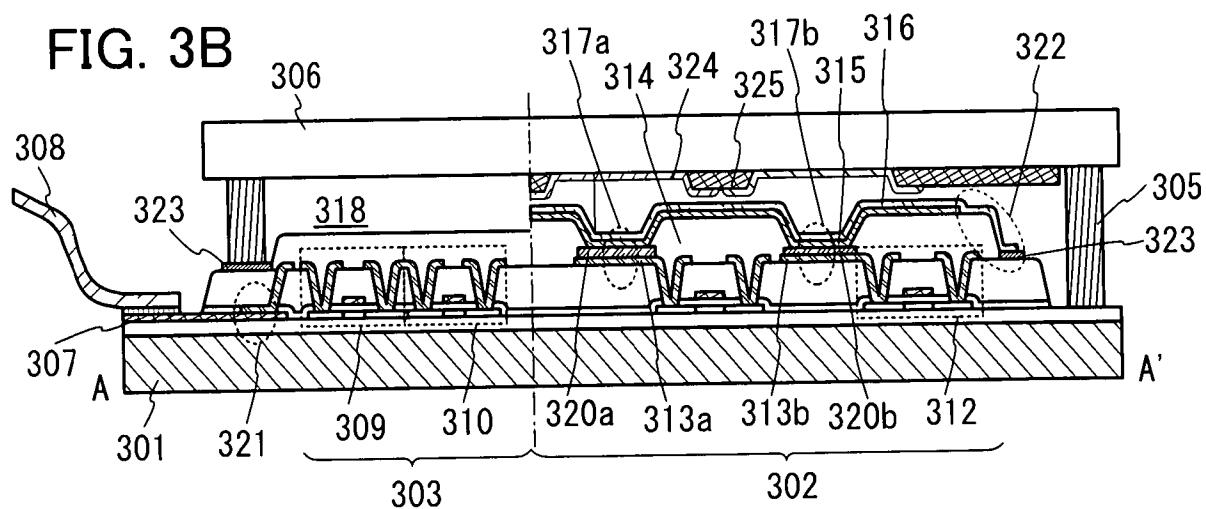


FIG. 3C

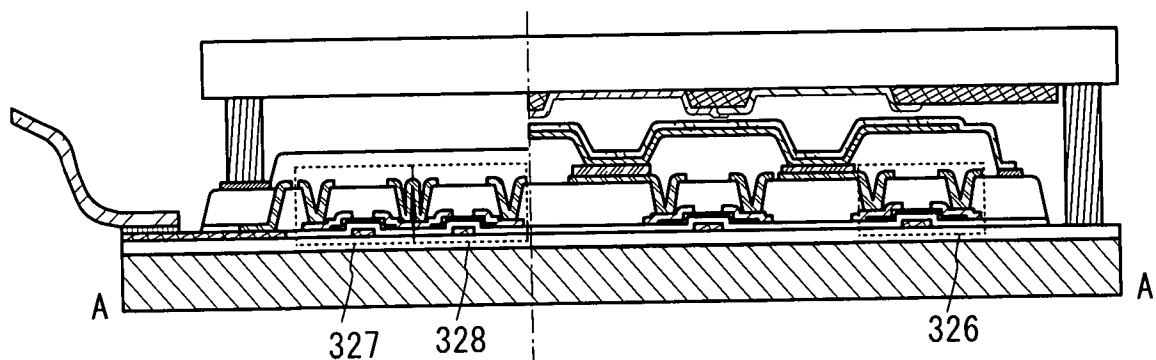


FIG. 4A

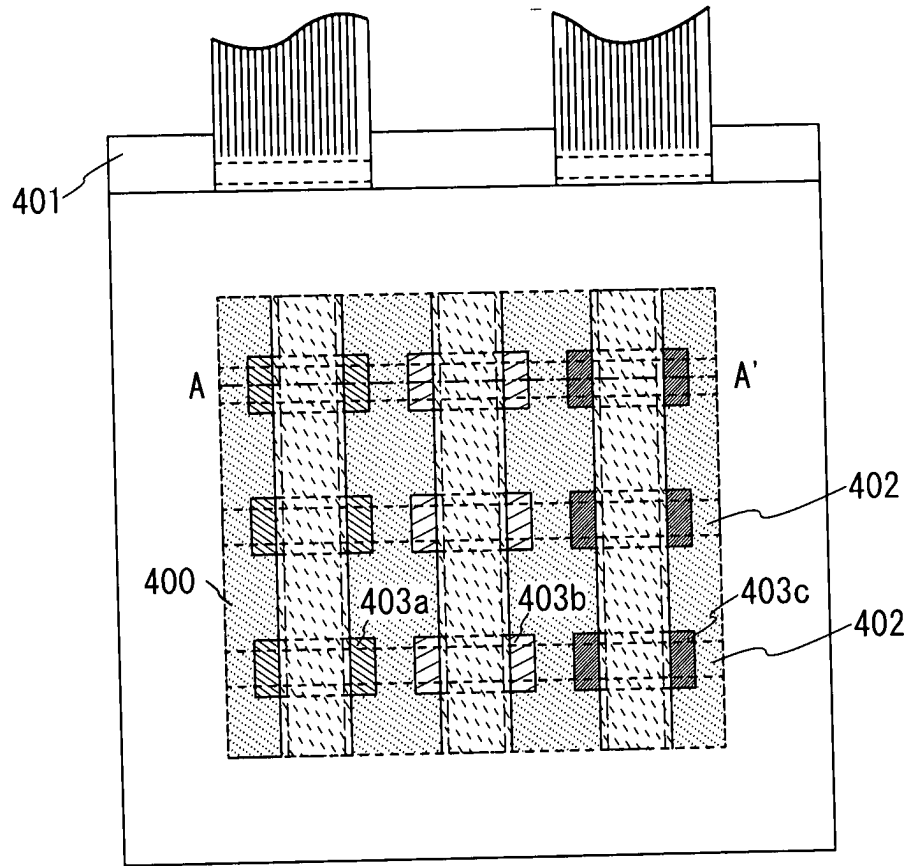


FIG. 4B

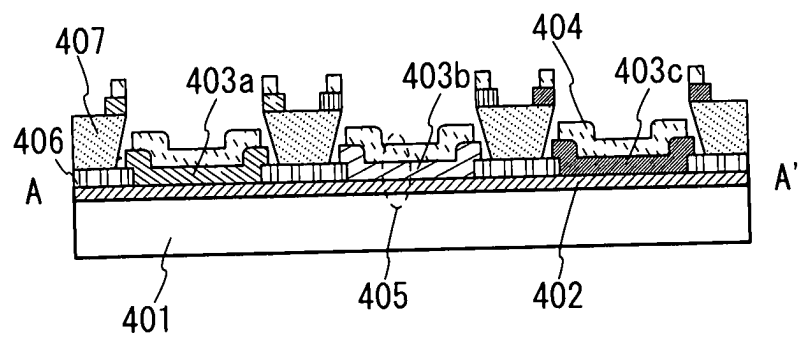


FIG. 5A1

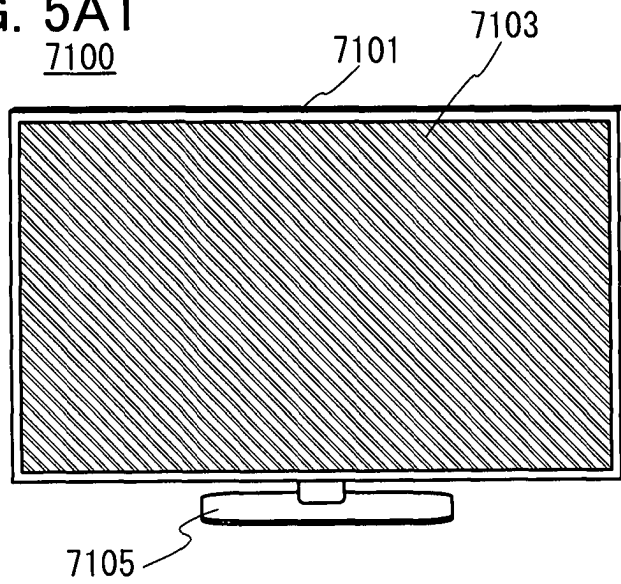


FIG. 5A2

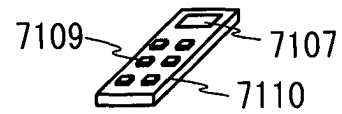


FIG. 5B

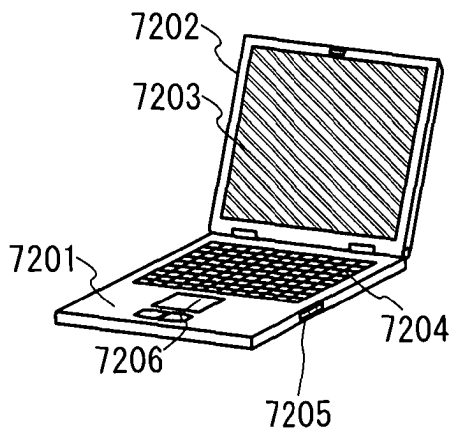


FIG. 5C

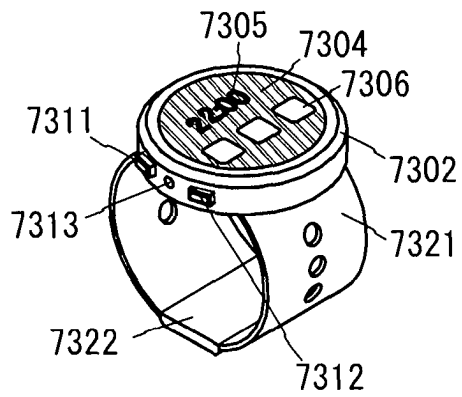


FIG. 5D1

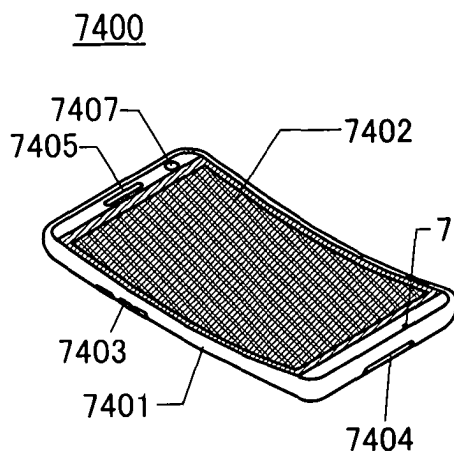


FIG. 5D2

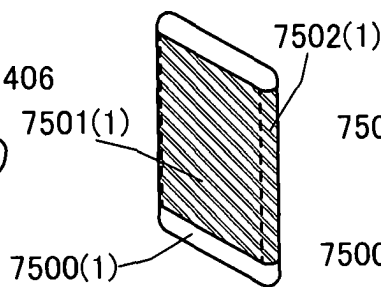


FIG. 5D3

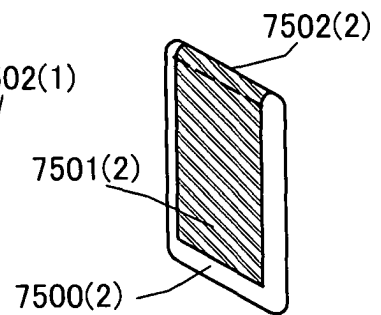


FIG. 6A

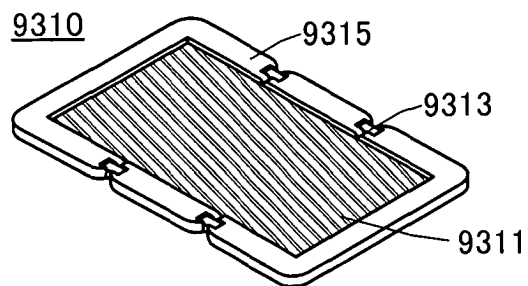


FIG. 6B

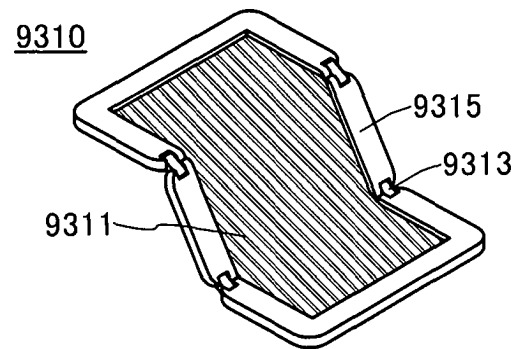


FIG. 6C

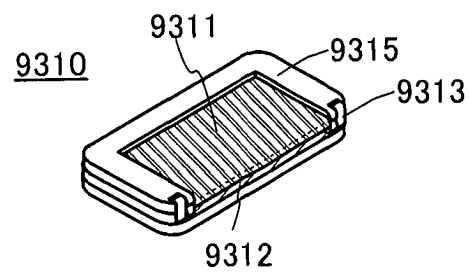


FIG. 7A

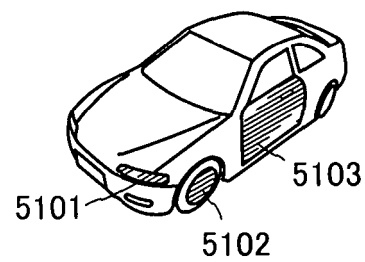


FIG. 7B

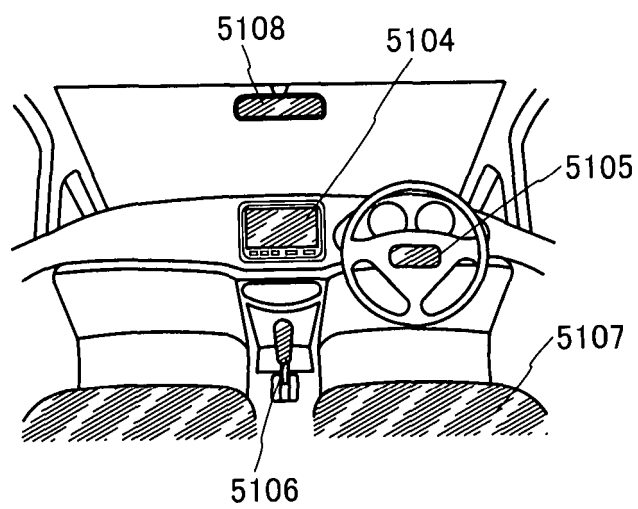


FIG. 8A

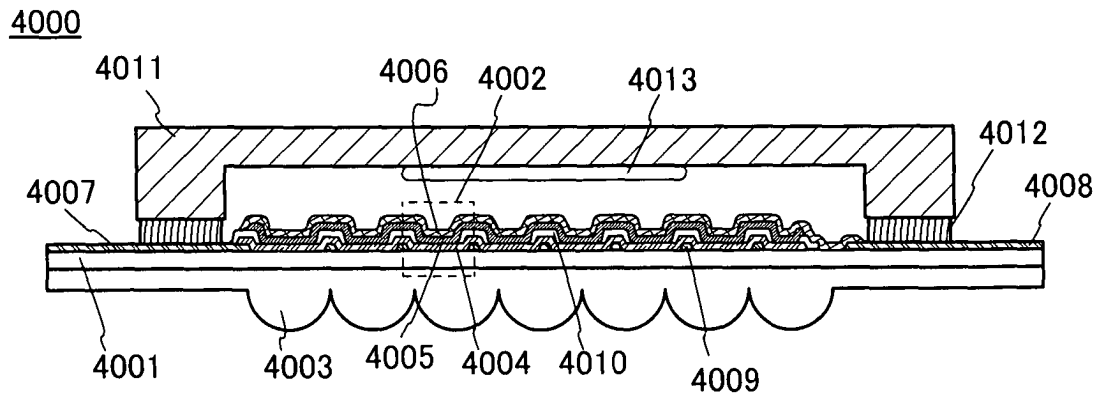


FIG. 8B

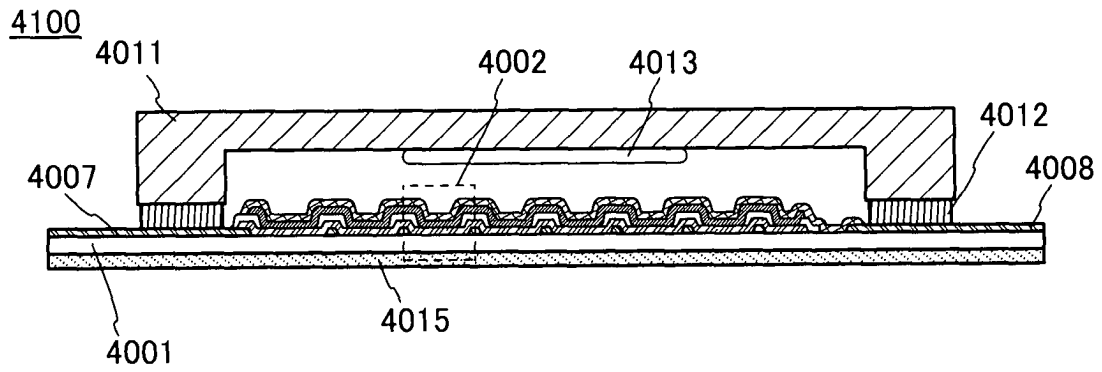


FIG. 8C

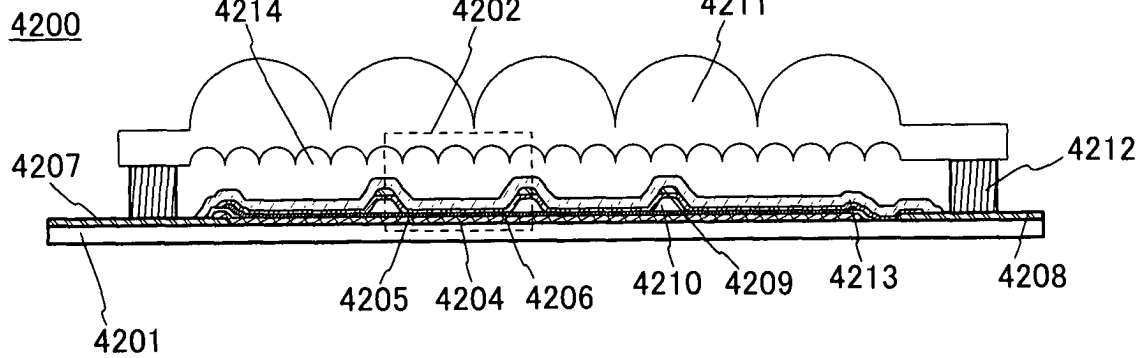


FIG. 8D

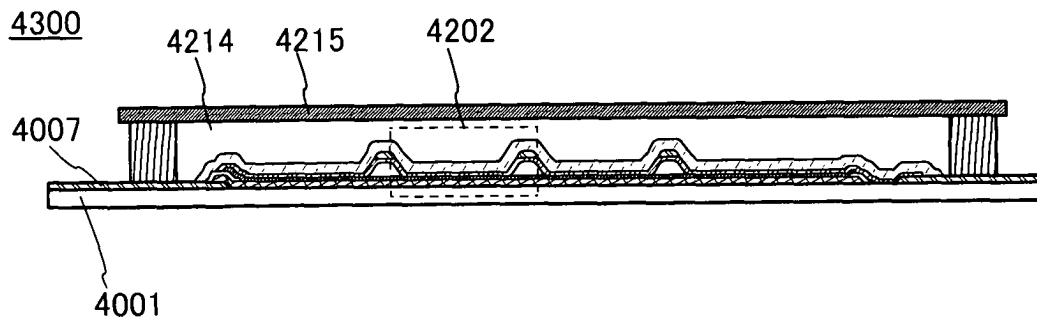


FIG. 9

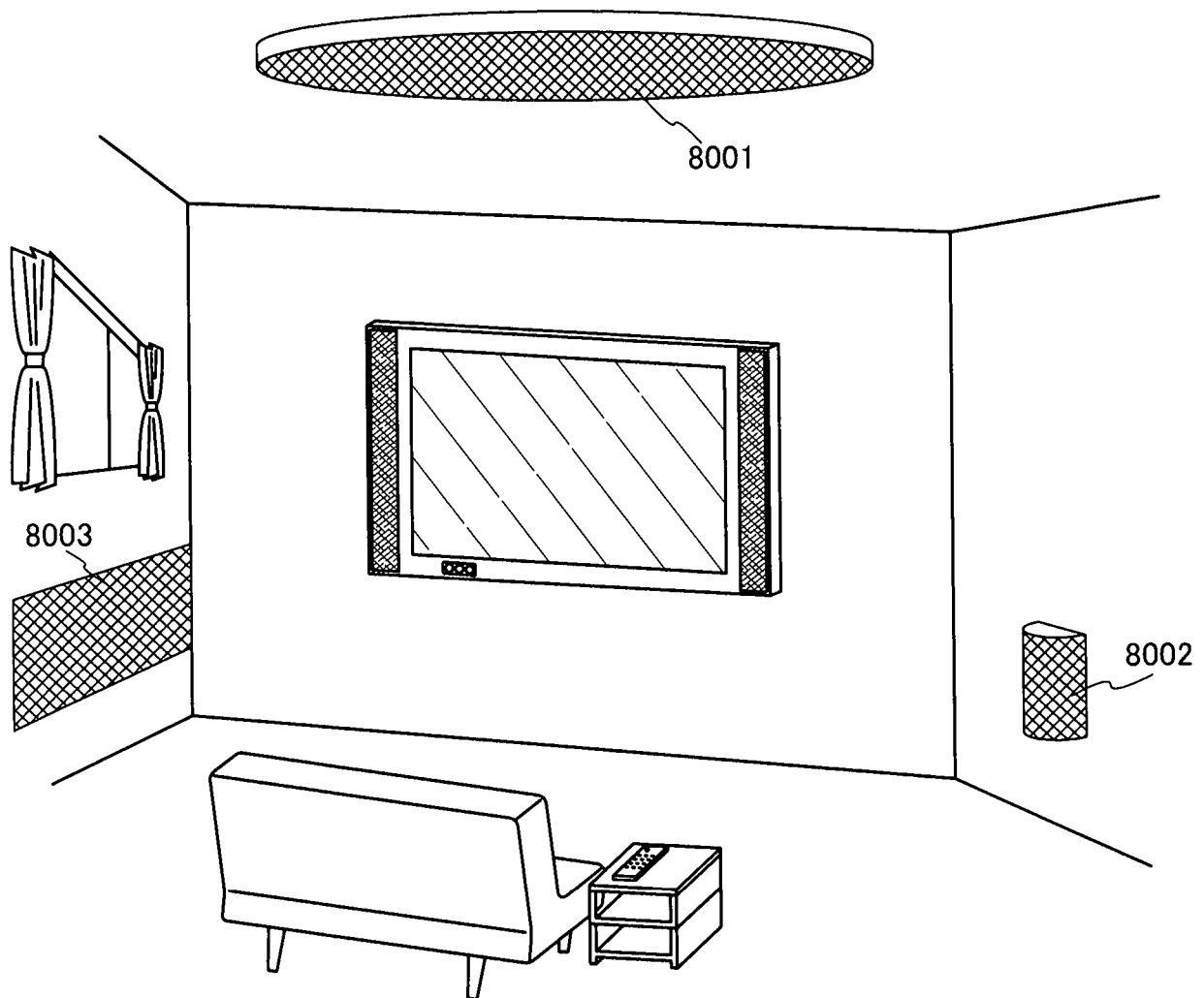


FIG. 10A

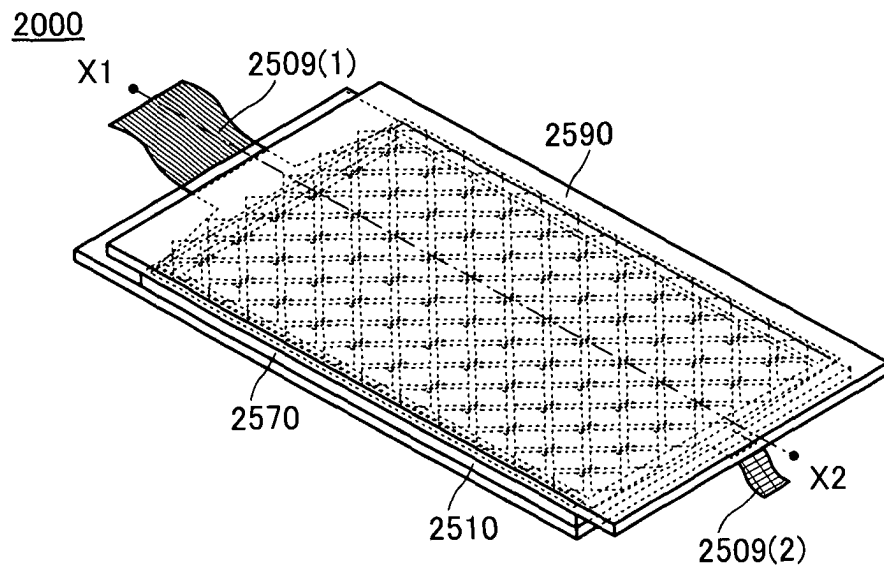


FIG. 10B

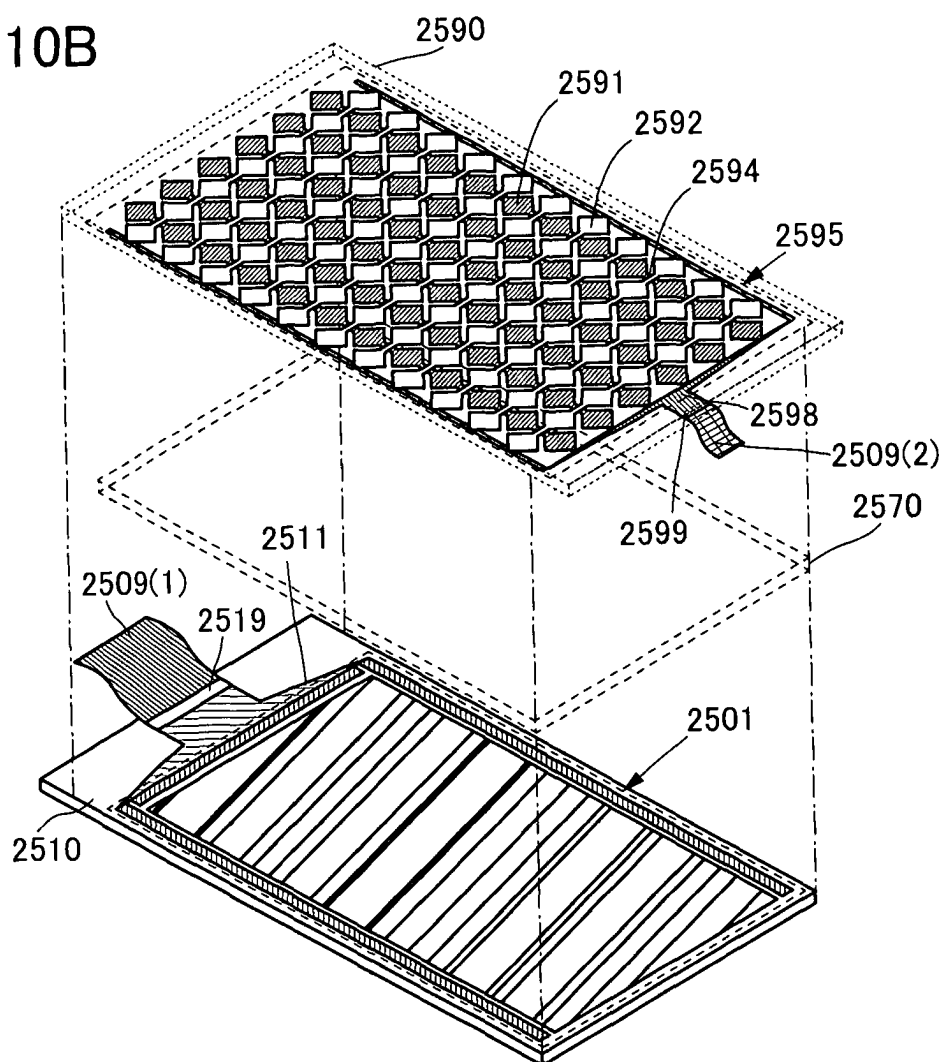


FIG. 11A

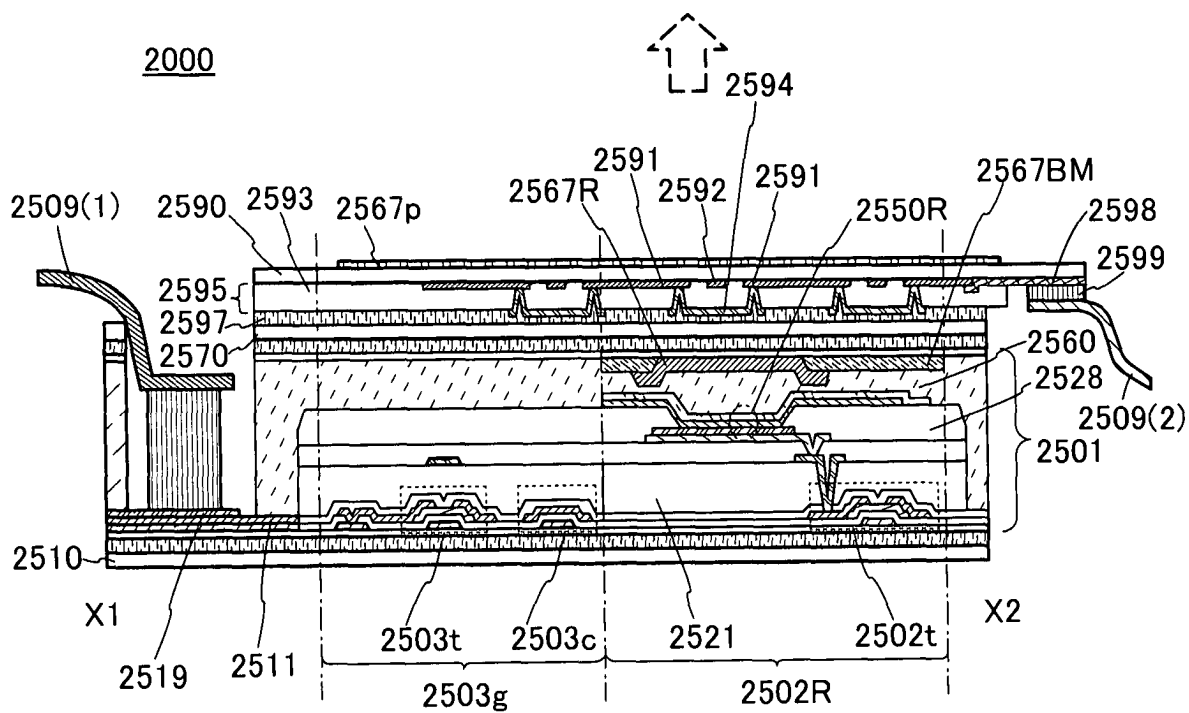


FIG. 11B

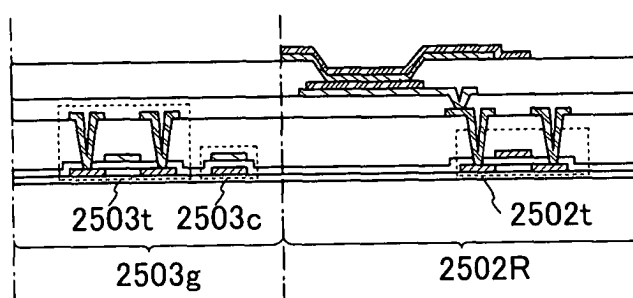


FIG. 12A

2000'

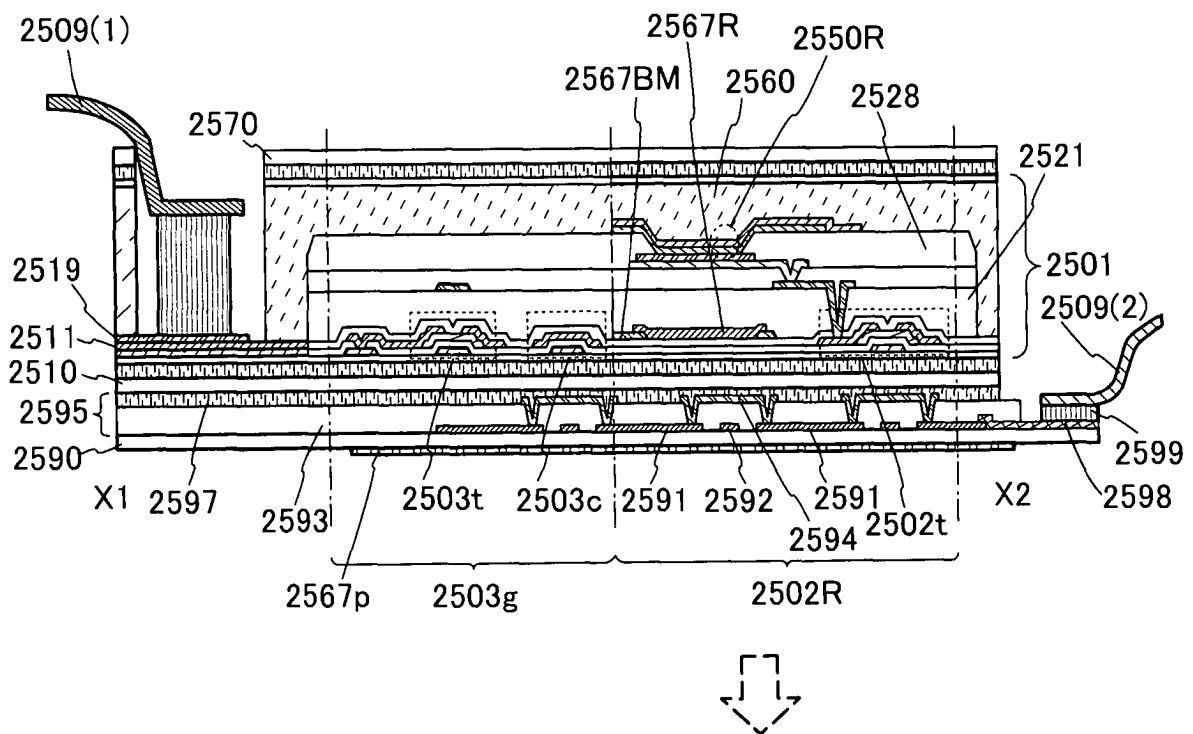


FIG. 12B

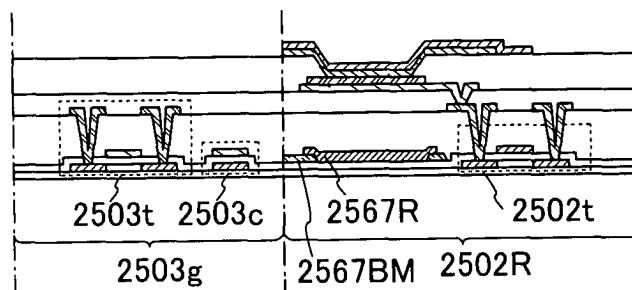


FIG. 13A

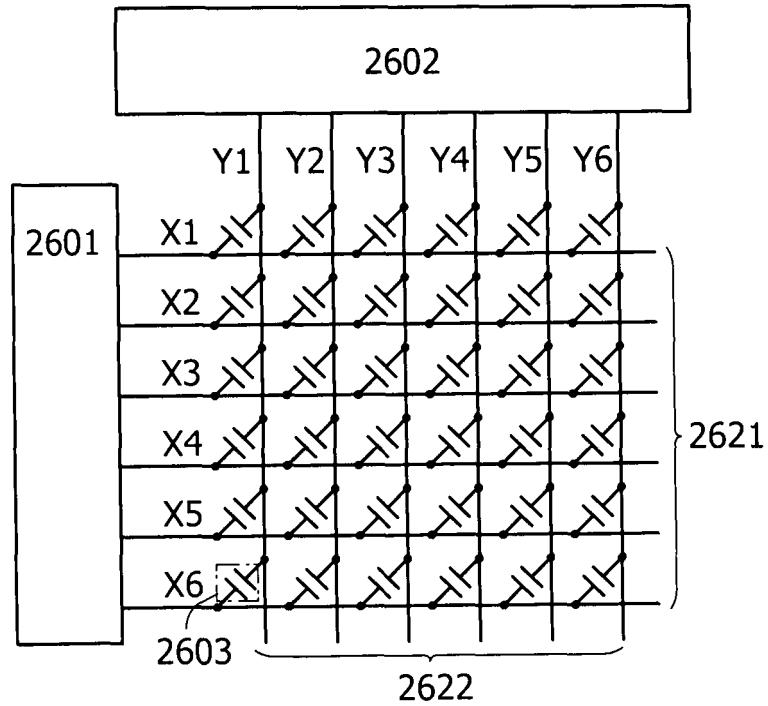


FIG. 13B

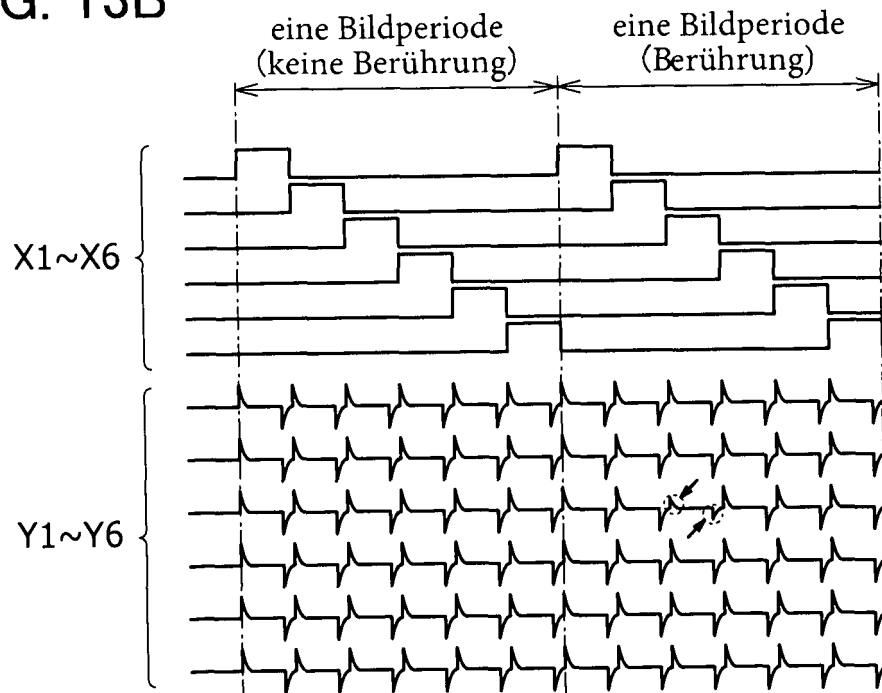


FIG. 14

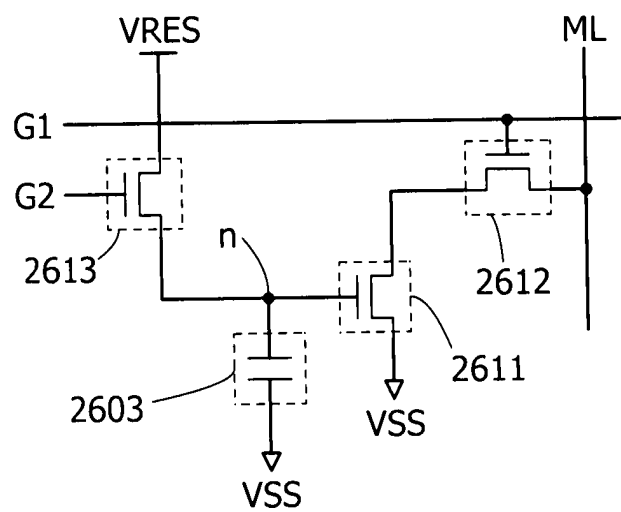


FIG. 15A

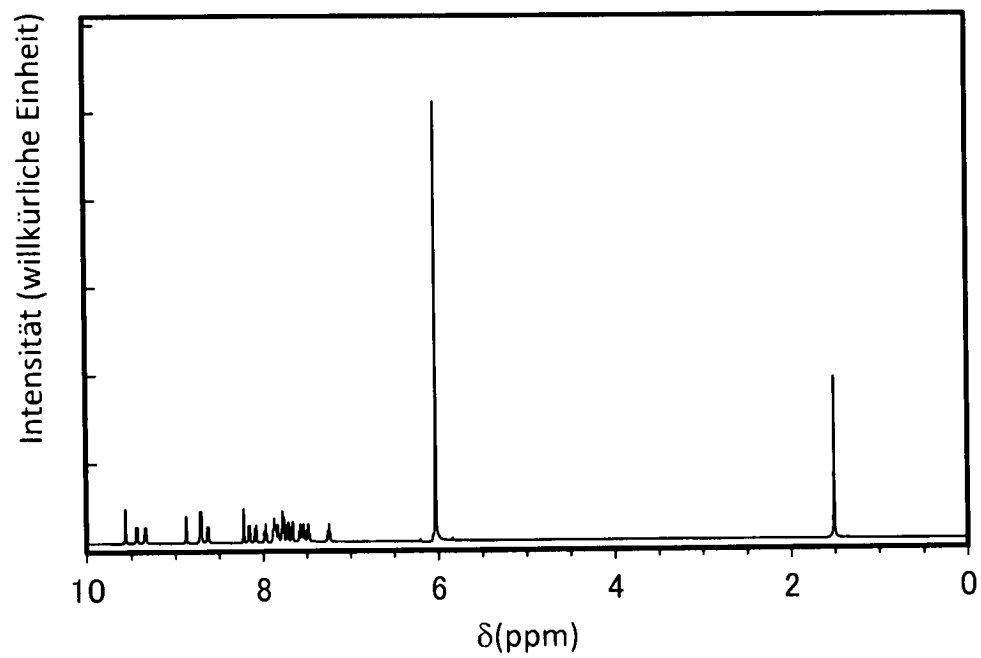


FIG. 15B

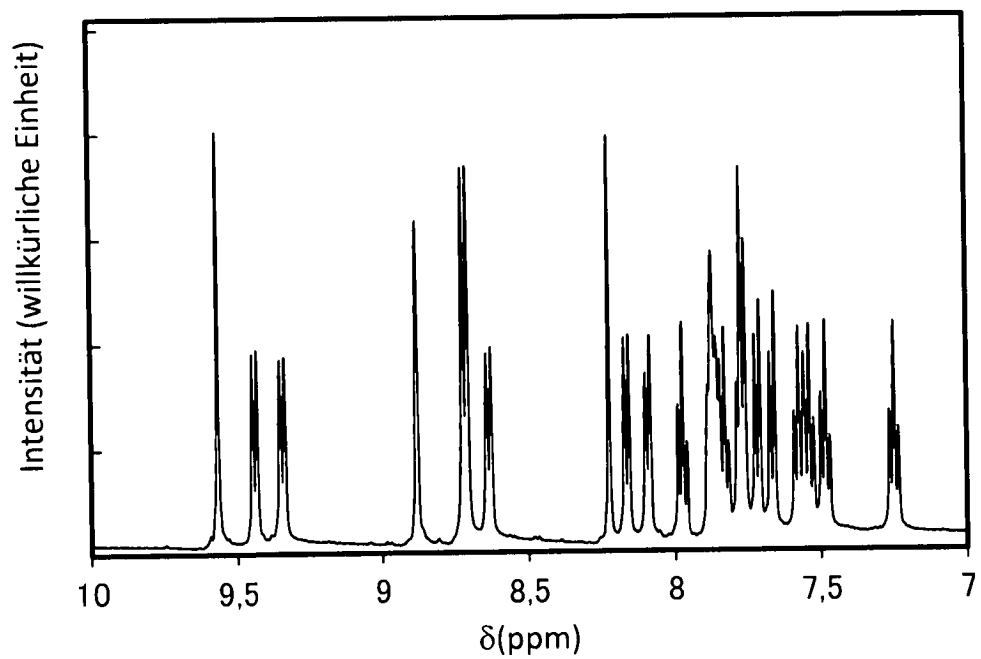


FIG. 16A

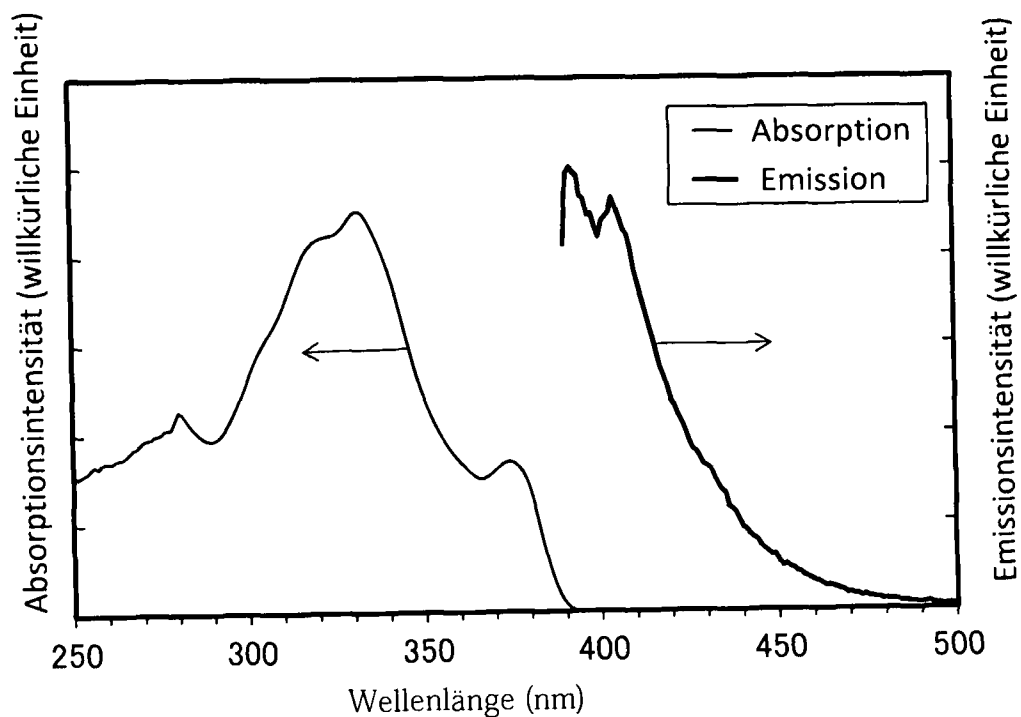


FIG. 16B

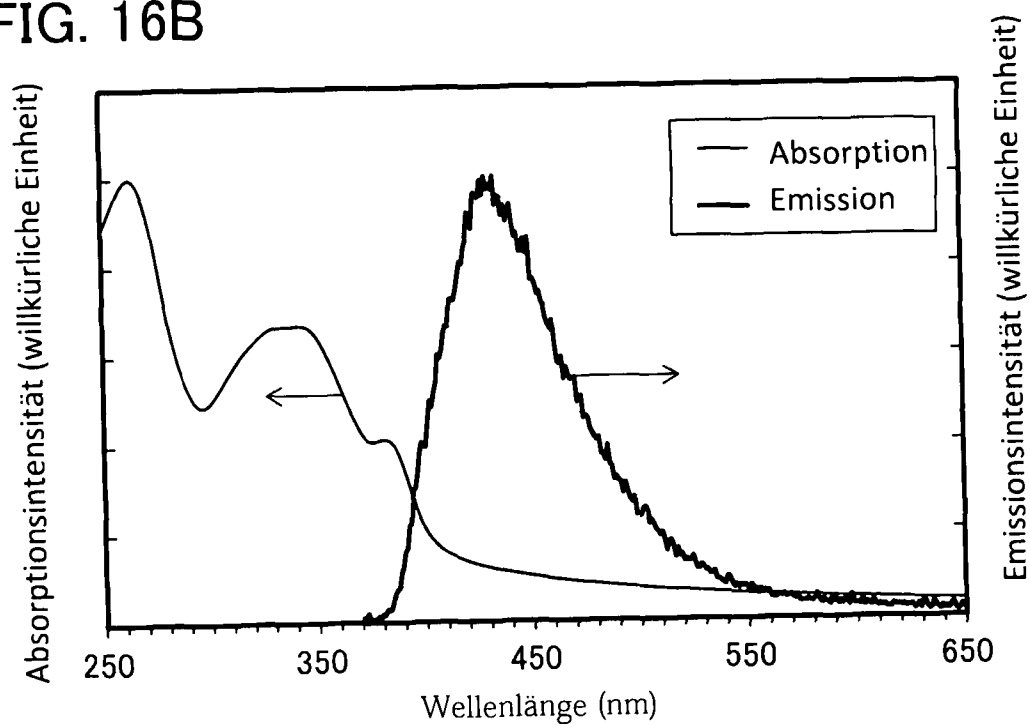


FIG. 17A

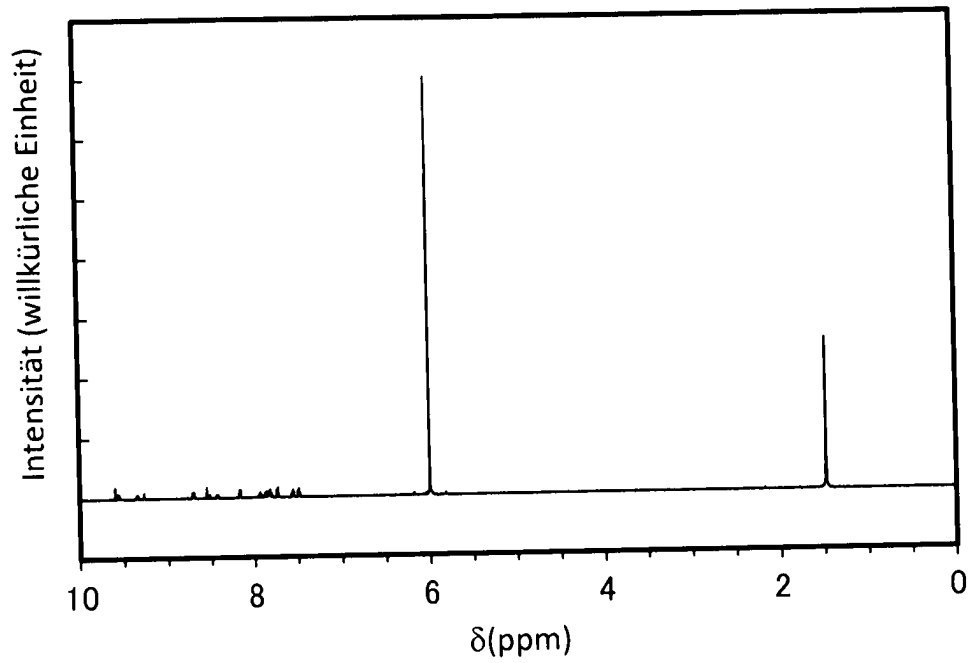


FIG. 17B

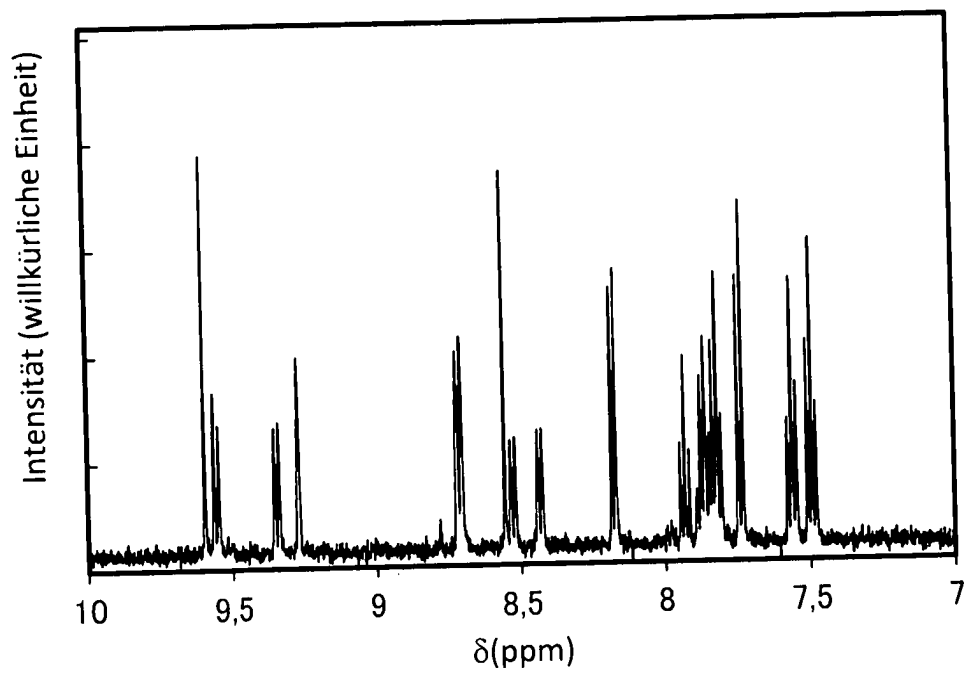


FIG. 18A

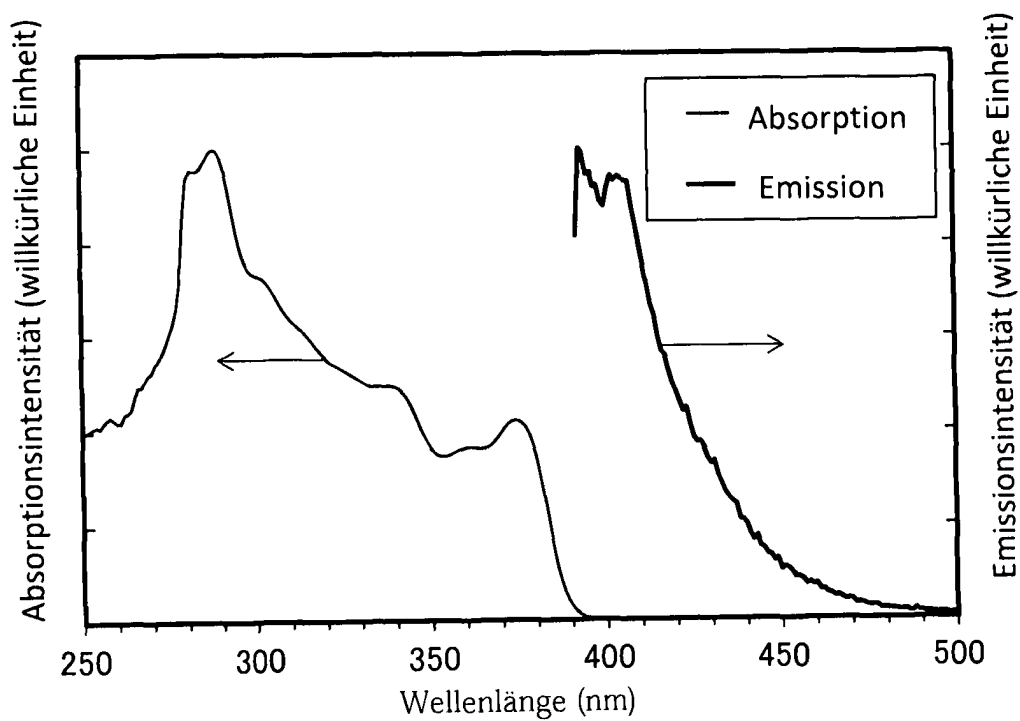


FIG. 18B

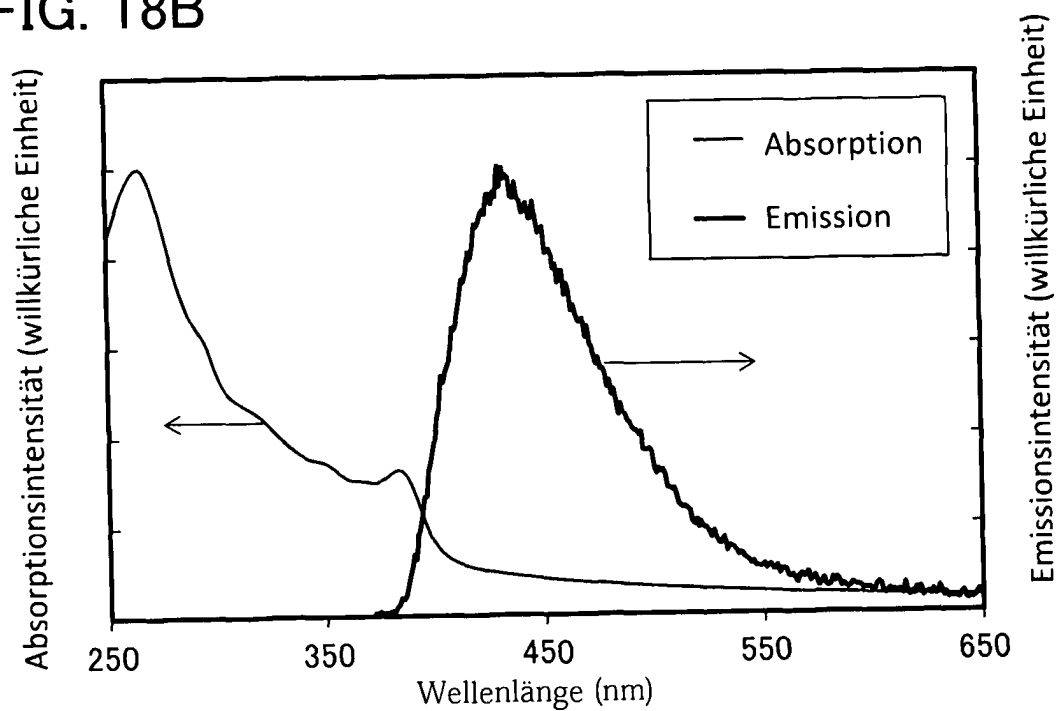


FIG. 19A

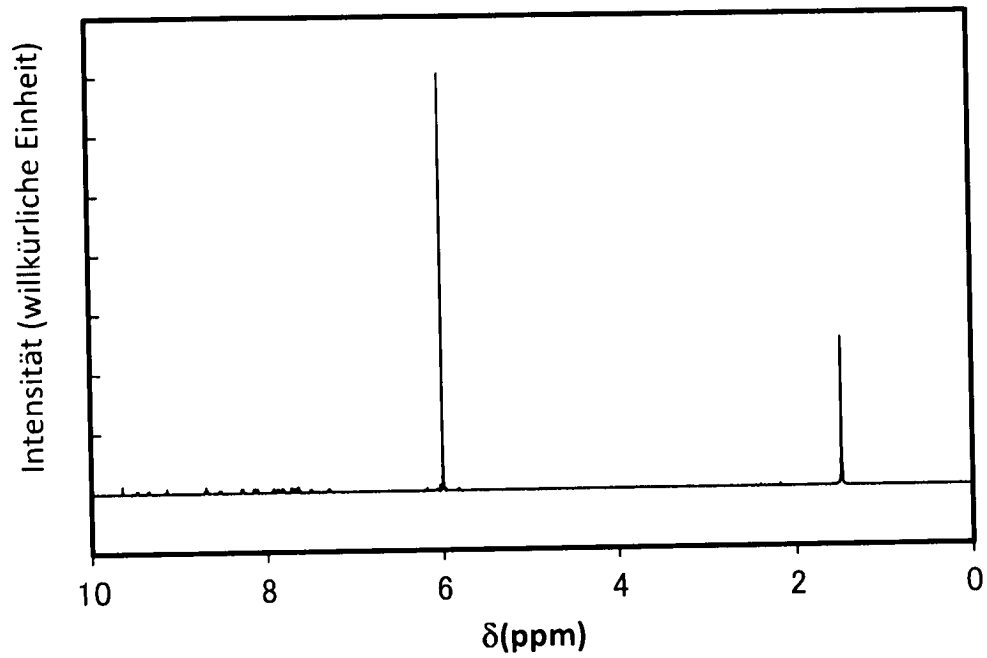


FIG. 19B

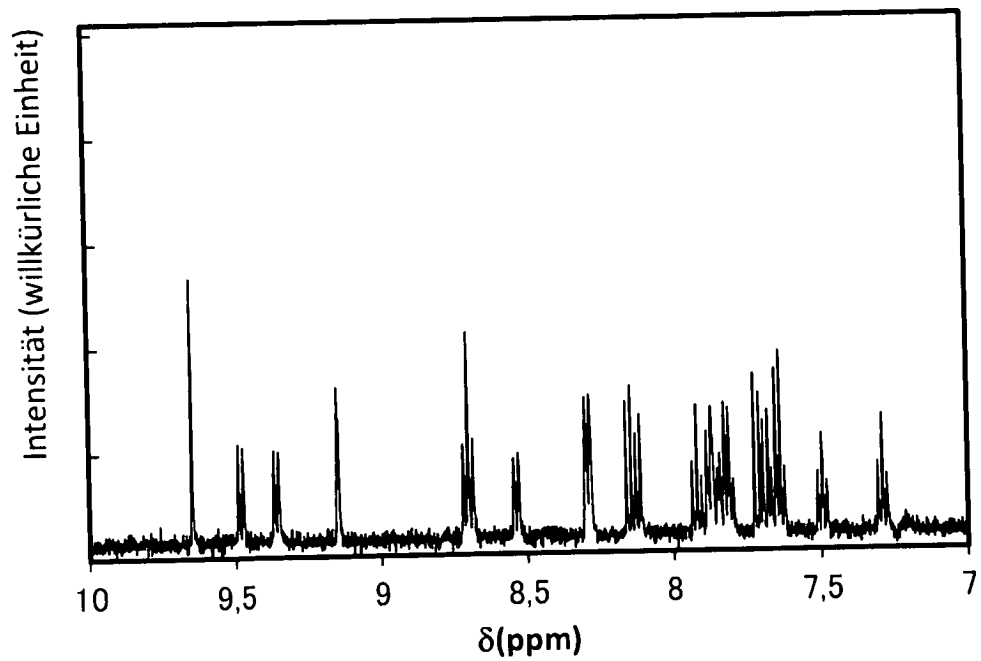


FIG. 20A

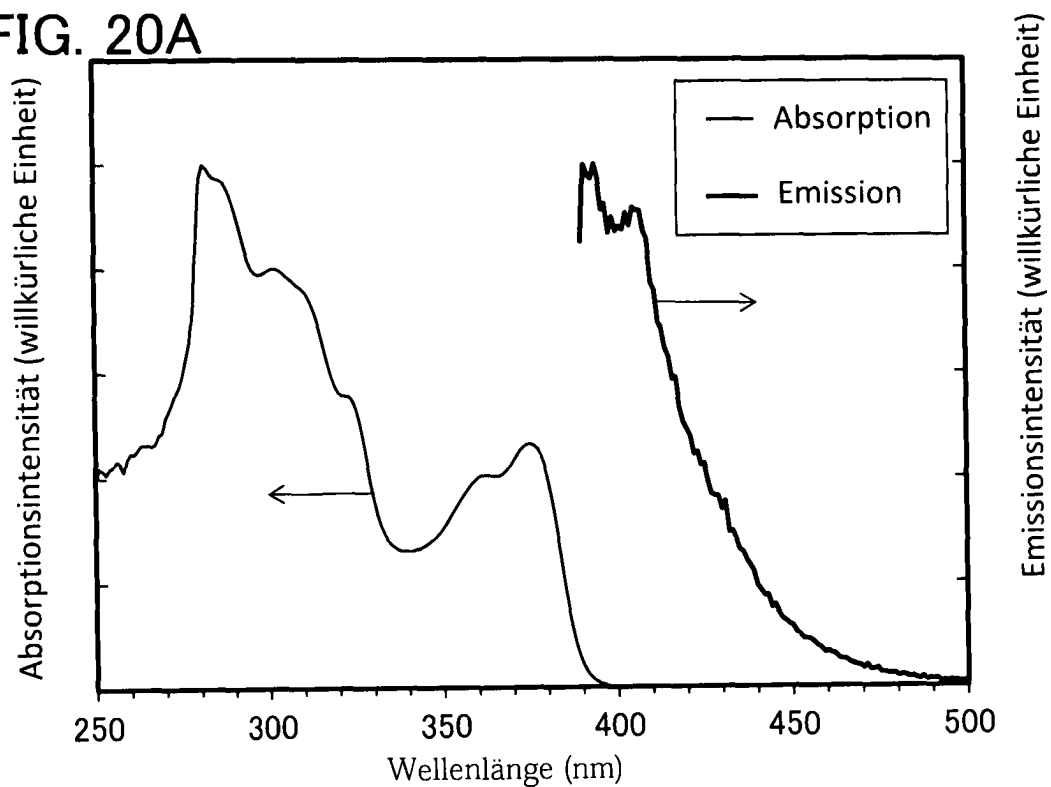


FIG. 20B

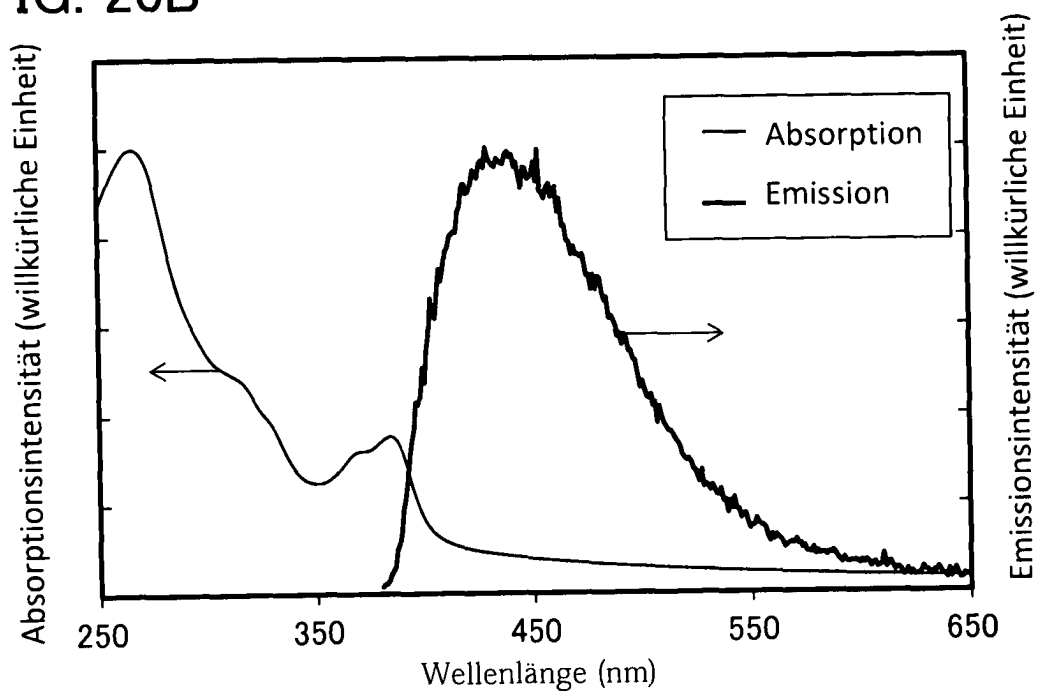


FIG. 21A

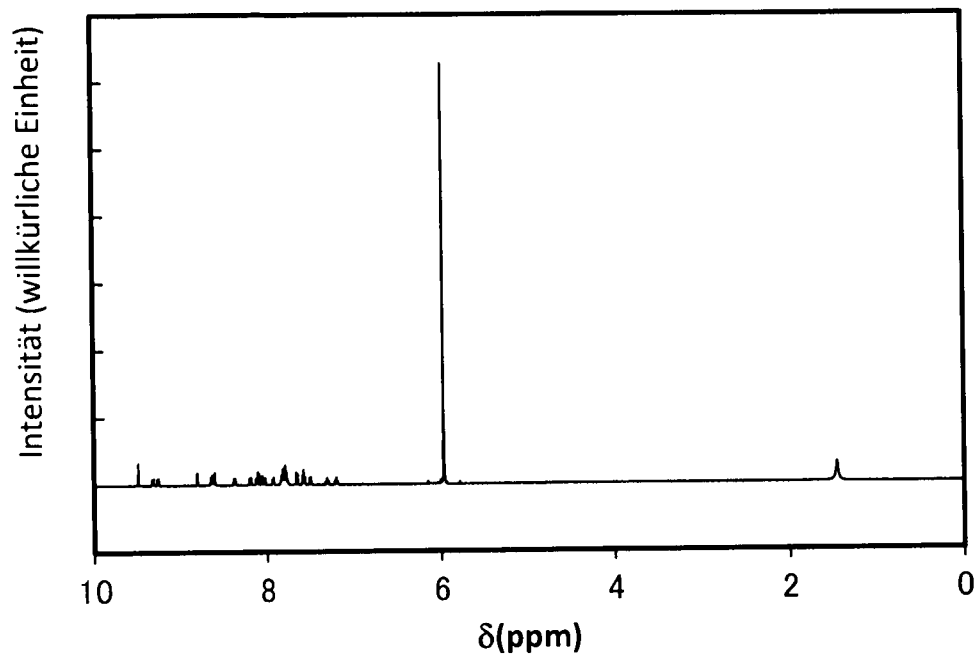


FIG. 21B

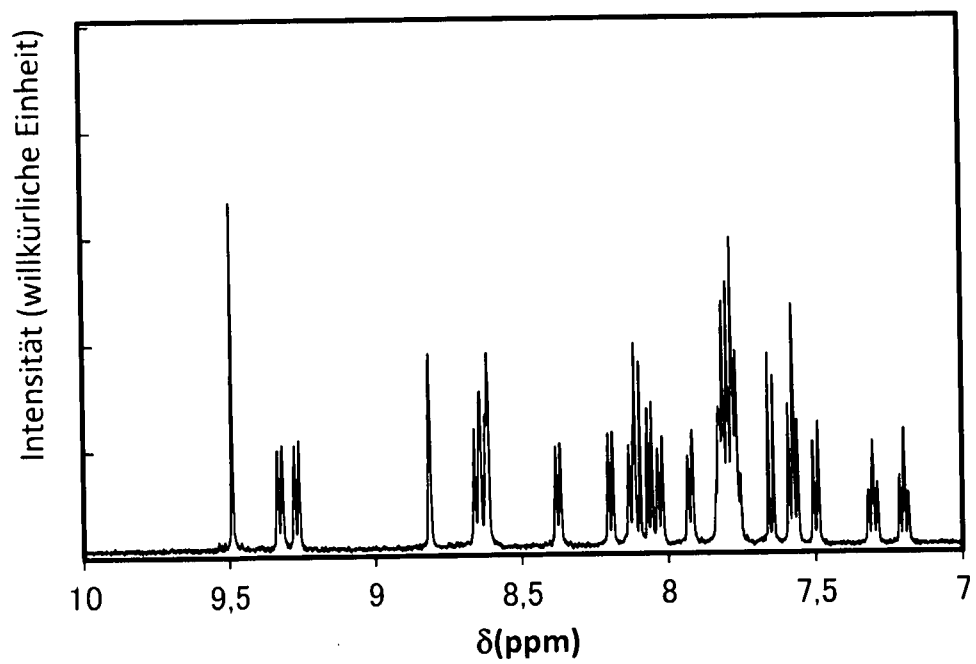


FIG. 22A

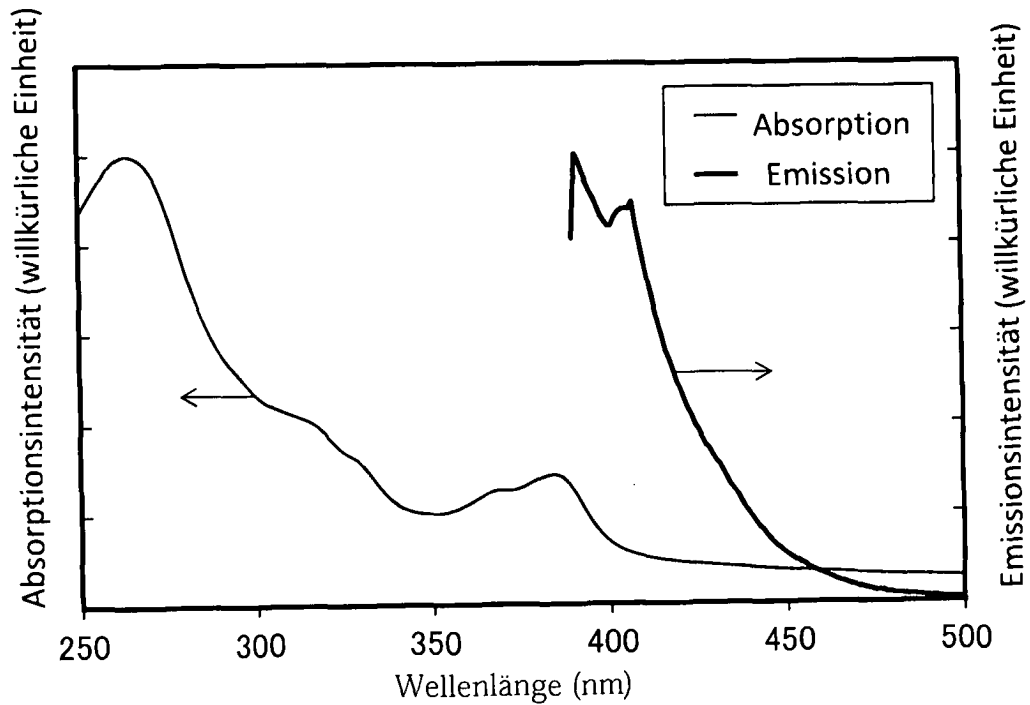


FIG. 22B

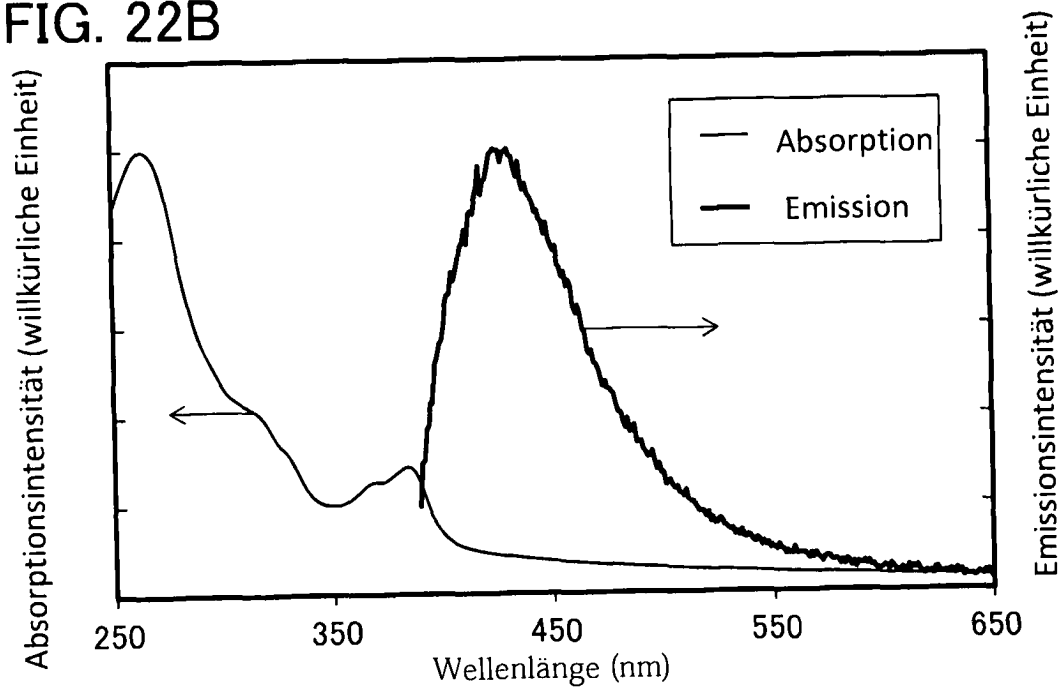


FIG. 23

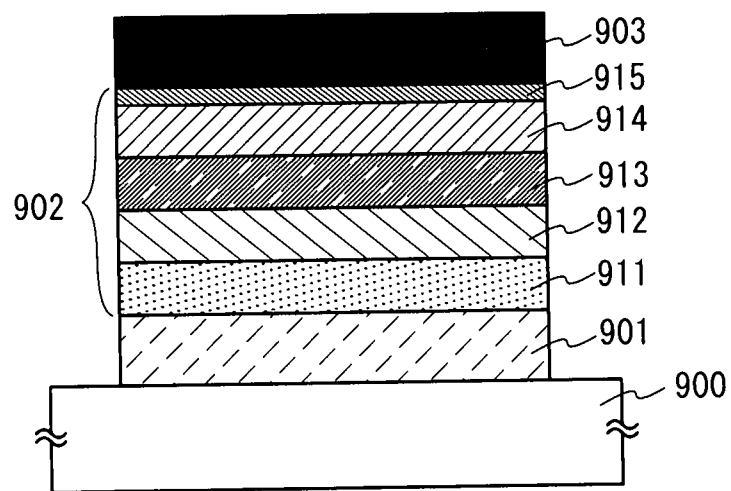


FIG. 24

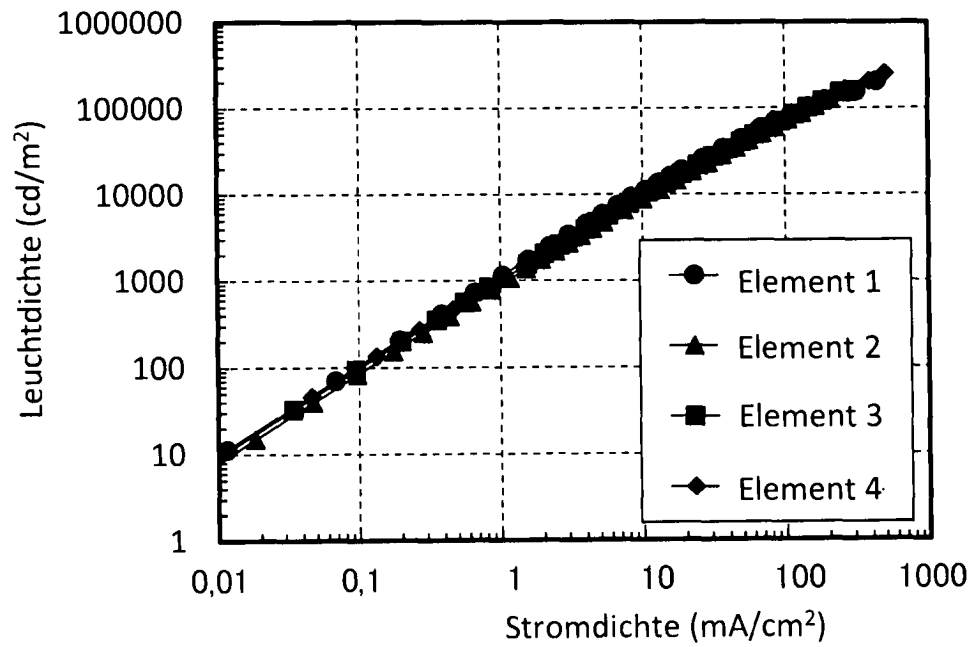


FIG. 25

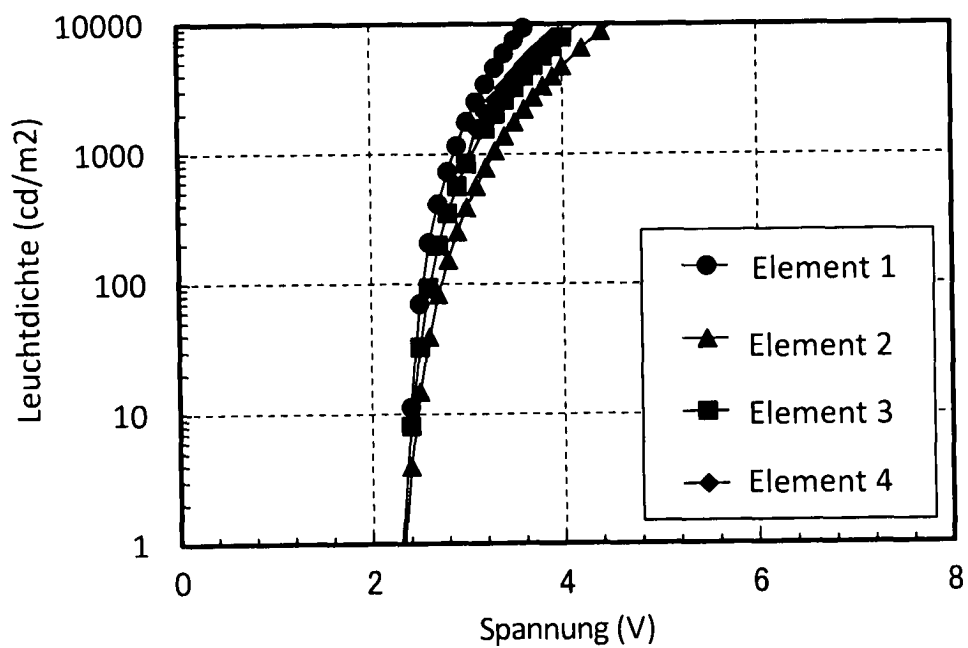


FIG. 26

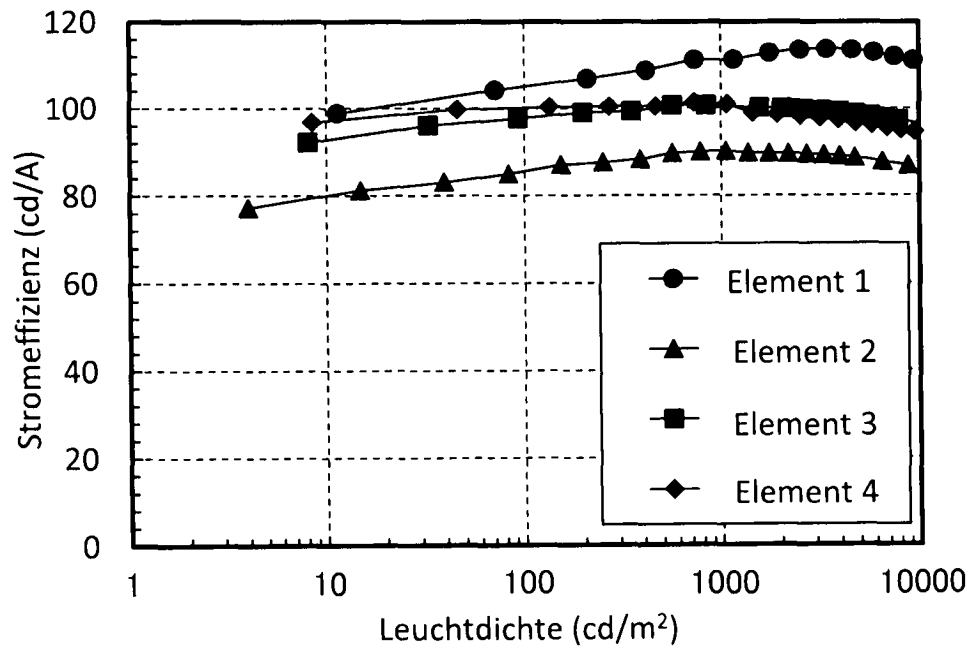


FIG. 27

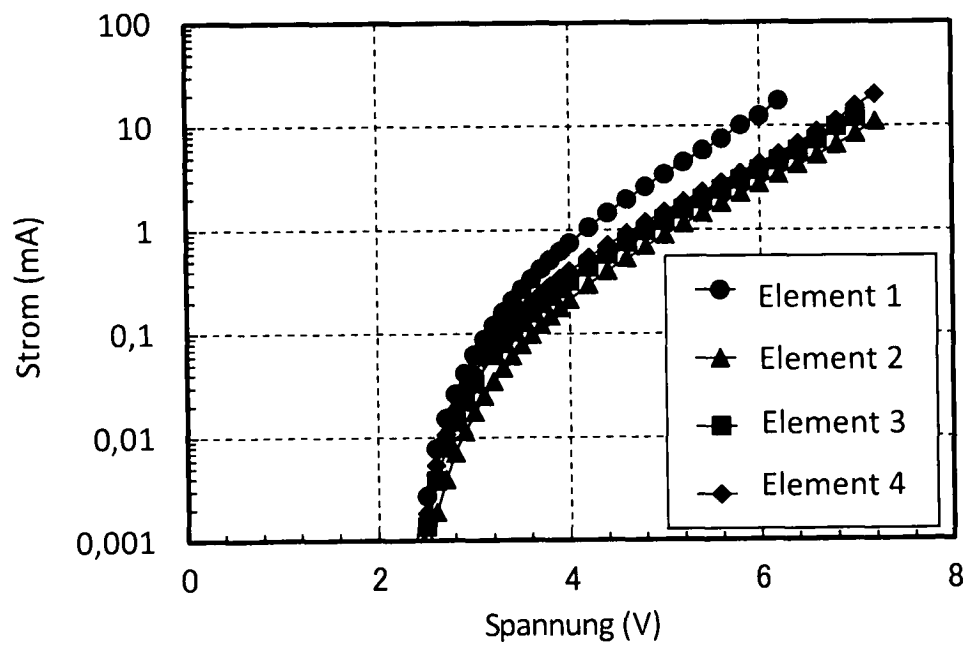


FIG. 28

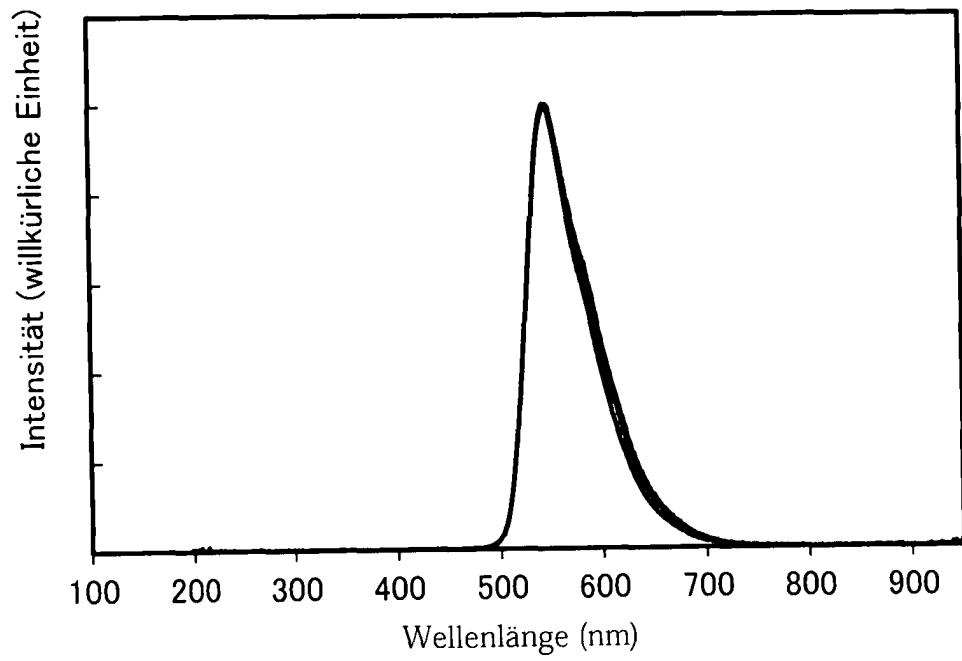


FIG. 29

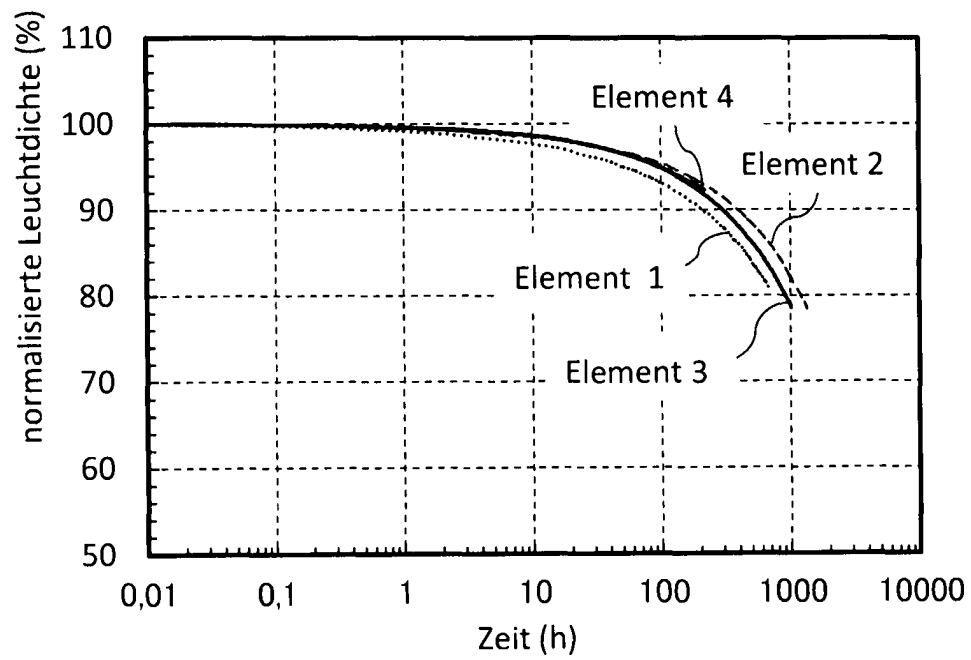


FIG. 30

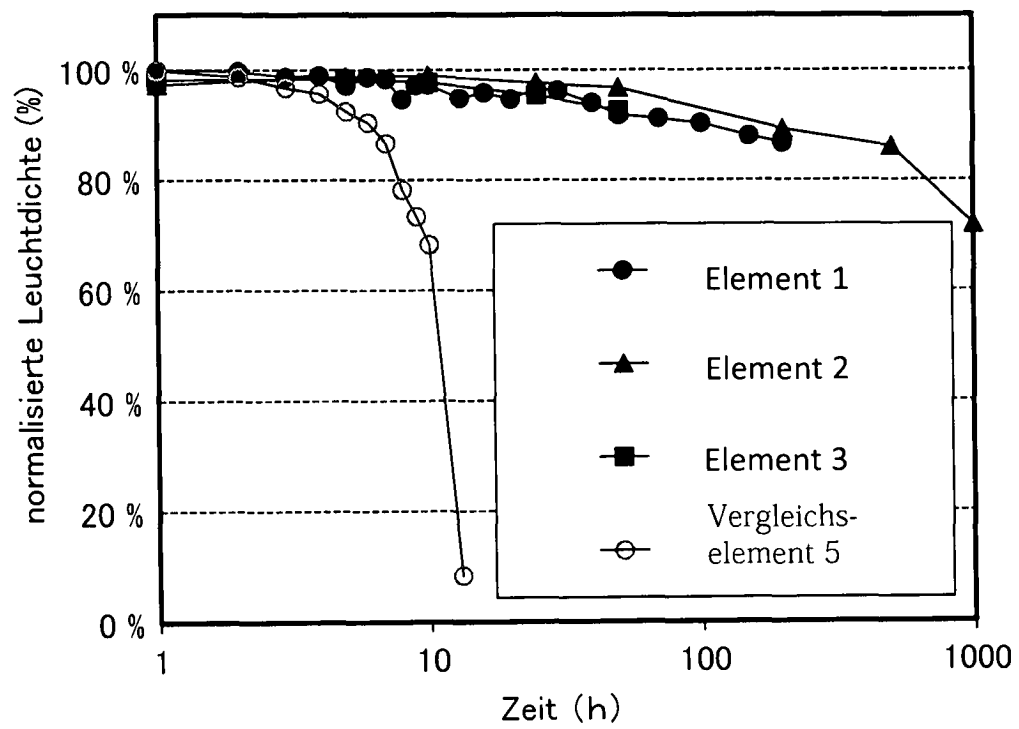


FIG. 31

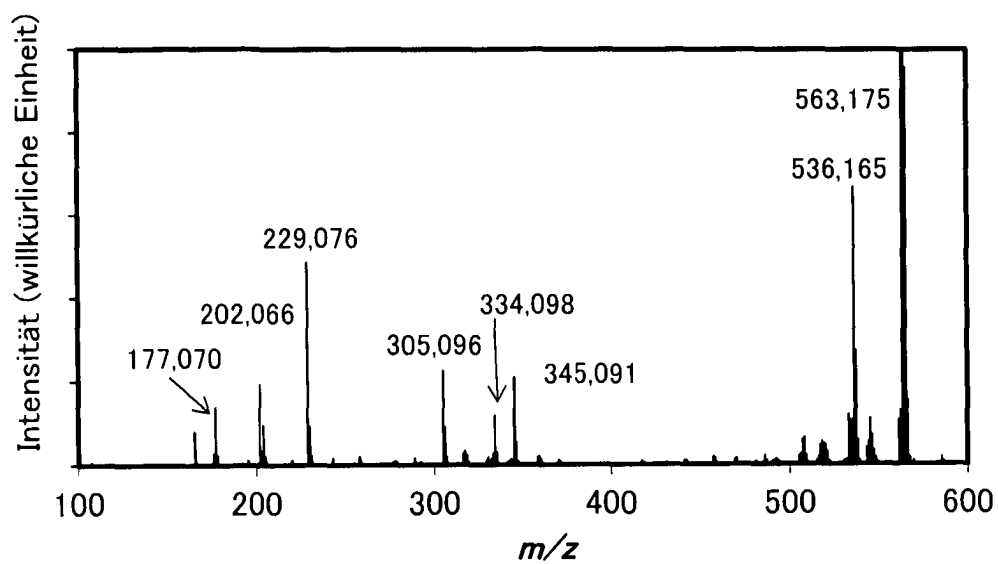


FIG. 32

