



(10) **DE 11 2018 001 877 B4** 2025.06.12

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 001 877.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2018/052274**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/185642**
(86) PCT-Anmeldetag: **03.04.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **11.10.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **19.12.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.06.2025**

(51) Int Cl.: **H10K 50/00 (2023.01)**
H10K 50/17 (2023.01)
G09F 9/30 (2006.01)
H05B 33/12 (2006.01)
H10K 59/00 (2023.01)

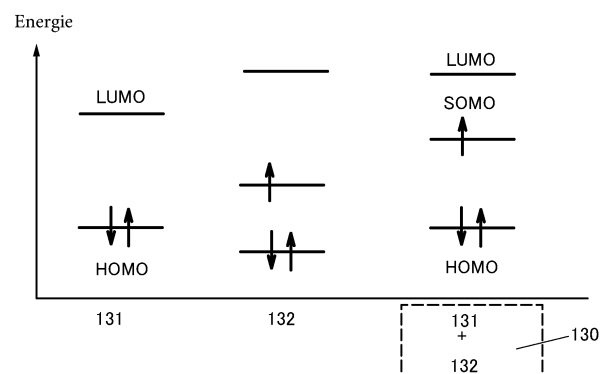
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

<div>(30) Unionspriorität:</div> <div><div>2017-07705907.04.2017JP</div><div>2017-07706107.04.2017JP</div><div>2017-11426209.06.2017JP</div></div>	<div>(74) Vertreter:</div> <div>GLAWE DELFS MOLL PartGmbB, 20457 Hamburg, DE</div>
<div>(62) Teilung in:</div> <div>11 2018 008 335.7</div>	<div>(72) Erfinder:</div> <div>Ohsawa, Nobuharu, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP</div>
<div>(73) Patentinhaber:</div> <div>Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP</div>	<div>(56) Ermittelter Stand der Technik:</div> <div><div>US2011 / 0 240 980A1</div><div>US2016 / 0 285 016A1</div></div>

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

(57) Hauptanspruch: Licht emittierendes Element, umfassend:

eine Licht emittierende Schicht zwischen einer Anode und einer Kathode; und
eine erste Schicht zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode,
wobei die erste Schicht eine Elektroneninjectionsschicht ist, wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall beinhaltet, wobei die erste organische Verbindung ein ungeteiltes Elektronenpaar beinhaltet, und
wobei die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall ein SOMO („single occupied molecular orbital“, einfach besetztes Molekülorbital) bilden.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein neuartiges Licht emittierendes Element mit einer Elektroneninjektionsschicht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft auch eine Anzeigevorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung, die jeweils das Licht emittierende Element beinhalten.

[0002] Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf das vorstehende technische Gebiet beschränkt ist. Das technische Gebiet einer Ausführungsform der Erfindung, die in dieser Beschreibung und dergleichen offenbart ist, betrifft einen Gegenstand, ein Verfahren oder ein Herstellungsverfahren. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft zusätzlich einen Prozess, eine Maschine, ein Erzeugnis und eine Zusammensetzung. Beispiele für das technische Gebiet einer Ausführungsform der in dieser Beschreibung offenbarten vorliegenden Erfindung umfassen eine Halbleitervorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Beleuchtungsvorrichtung, eine Energiespeichervorrichtung, eine Speichervorrichtung, ein Ansteuerungsverfahren für eine von ihnen und ein Herstellungsverfahren für eine von ihnen.

Stand der Technik

[0003] In den letzten Jahren sind Forschung und Entwicklung intensiv an Licht emittierenden Elementen durchgeführt worden, bei denen eine Elektrolumineszenz (EL) zum Einsatz kommt. Bei einer grundlegenden Struktur eines derartigen Licht emittierenden Elements ist eine Schicht, die eine Licht emittierende Substanz enthält (eine EL-Schicht), zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet. Durch Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden dieses Elements kann eine Lichtemission von dem Licht emittierenden Material erhalten werden.

[0004] Da es sich bei dem vorstehenden Licht emittierenden Element um einen selbstleuchtenden Typ handelt, weist eine Anzeigevorrichtung, bei der dieses Licht emittierende Element verwendet wird, folgende Vorteile auf: eine hohe Sichtbarkeit, keine Notwendigkeit einer Hintergrundbeleuchtung und einen niedrigen Stromverbrauch. Des Weiteren ist ein derartiges Licht emittierendes Element auch dahingehend vorteilhaft, dass das Element dünn und leichtgewichtig hergestellt werden kann und es eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist.

[0005] In einem üblichen Licht emittierenden Element ist zwischen einer Kathode und einer Licht emittierenden Schicht eine Elektroneninjektionsschicht bereitgestellt, um die Betriebsspannung zu reduzieren. In der Elektroneninjektionsschicht wird ein Metall mit einer geringen Arbeitsfunktion, wie z. B. ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall, typischerweise Lithium (Li) oder Calcium (Ca), oder eine Verbindung davon verwendet, um eine Barriere für die Elektroneninjektion zwischen der Elektroneninjektionsschicht und der Kathode zu senken (z. B. Patentedokument 1).

[0006] In dem Fall, in dem das vorstehende Licht emittierende Element für eine Licht emittierende Vorrichtung verwendet wird, gibt es die folgenden zwei Verfahren: ein Verfahren zum Bereitstellen von Subpixeln in einem Pixel mit EL-Schichten mit Funktionen zum Emittieren von Licht verschiedener Farben (nachstehend als separates Farbgebungsverfahren bezeichnet) und ein Verfahren zum Bereitstellen von Subpixeln in einem Pixel mit beispielsweise einer gemeinsamen EL-Schicht mit einer Funktion zum Emittieren von weißem Licht und Farbfiltern mit Funktionen zum Durchlassen von Licht verschiedener Farben (nachstehend als Farbfilterverfahren bezeichnet).

[0007] Einer der Vorteile des Farbfilterverfahrens besteht darin, dass die EL-Schicht von allen Subpixeln gemeinsam genutzt werden kann. Im Vergleich zum separaten Farbgebungsverfahren ist der Materialverlust der EL-Schicht daher gering und die Anzahl der Schritte, die zur Ausbildung der EL-Schicht erforderlich sind, kann reduziert werden, so können Licht emittierende Vorrichtungen kostengünstig und mit hoher Produktivität hergestellt werden. Obwohl es bei dem separaten Farbgebungsverfahren notwendig ist, einen Raum zwischen den Subpixeln bereitzustellen, um eine Vermischung der Materialien der EL-Schichten in den Subpixeln zu verhindern, benötigt das Farbfilterverfahren keinen solchen Raum und ermöglicht somit eine hochauflösende Licht emittierende Vorrichtung mit höherer Pixeldichte.

[0008] Das Licht emittierende Element kann je nach Art der in der EL-Schicht enthaltenen Licht emittierenden Substanz Licht in verschiedenen Farben emittieren. Im Hinblick auf die Anwendung des Licht emittierenden Elements auf Beleuchtungsanordnungen wird ein hocheffizientes Licht emittierendes Element gefordert, das weißes Licht oder farbiges Licht nahe Weiß emittiert. Im Hinblick auf die Anwendung des Licht emittierenden Elements auf eine Licht emittierende Vorrichtung, bei der ein Farbfilterverfahren zum Einsatz kommt, wird ein hocheffizientes Licht emittierendes Element gefordert, das Licht mit hoher Farbreinheit emittiert. Darüber hinaus ist für das für die Beleuchtungsanordnung und die Licht emittierende Vorrichtung verwendete Licht emittierende Element ein geringer Stromverbrauch erforderlich.

[0009] Die Erhöhung der Extraktionseffizienz von Licht aus einer Licht emittierenden Vorrichtung ist wichtig für eine höhere Emissionseffizienz eines Licht emittierenden Elements. Damit die Extraktionseffizienz von Licht aus einem Licht emittierenden Element verbessert wird, ist ein Verfahren vorgeschlagen worden, bei dem eine optische Mikroresonator- (Mikrokavitäts- bzw. microcavity-) Struktur verwendet wird, bei der ein Lichtresonanzeffekt zwischen einem Paar von Elektroden genutzt wird, um die Intensität von Licht mit einer spezifischen Wellenlänge zu verstärken (siehe z. B. Patentdokument 2).

[0010] Als Licht emittierendes Element, das weißes Licht emittiert, ist ein Element mit einer Ladungserzeugungsschicht zwischen einer Vielzahl von EL-Schichten (ein Tandemelement) vorgeschlagen worden.

[0011] Um Elementeigenschaften eines derartigen Licht emittierenden Elements zu verbessern, sind die Verbesserung einer Elementstruktur, die Entwicklung eines Materials und dergleichen aktiv durchgeführt worden. US 2016/0285016 A1 offenbart ein organisches lichtemittierendes Element, das in seiner organischen Emissionsschicht einen neutralen molekularen paramagnetischen Metallkomplex als Emitter enthält. US 2011/0240980 A1 offenbart ein organisches elektronisches Gerät, das ein n-leitendes Dotiermaterial enthält mit einem imidazolbasierten Material, das ein zwischen Stickstoffatomen gebundenes wasserstoffbasiertes Material umfasst.

[Referenzen]

[Patentdokumente]

[Patentdokument 1] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. JP 2001 - 102 175 A

[Patentdokument 2] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. JP 2015 - 130 319 A

Offenbarung der Erfindung

[0012] Ein Metall mit einer geringen Arbeitsfunktion und eine Verbindung des Metalls sind aufgrund ihrer hohen Reaktivität mit Sauerstoff oder Wasser schwer zu handhaben. Wenn das Metall oder die Verbindung für ein Licht emittierendes Element verwendet wird, wird eine Reduzierung der Emissionseffizienz, eine Erhöhung der Betriebsspannung, eine Verringerung der Zuverlässigkeit oder dergleichen des Licht emittierenden Elements in einigen Fällen durch Sauerstoff oder Wasser verursacht. Dementsprechend besteht Bedarf an der Entwicklung einer Elektroneninjectionsschicht, die kaum von Sauerstoff und Wasser beeinflusst wird und nur eine geringe Barriere für die Elektroneninjektion zwischen der Elektroneninjectionsschicht und einer Kathode darstellt.

[0013] Darüber hinaus muss eine Elektroneninjectionsschicht, die an eine Ladungserzeugungsschicht eines Tandemelements angrenzt, eine ausgezeichnete Elektroneninjektionseigenschaft aufweisen. Dementsprechend wird für die Elektroneninjectionsschicht ein Alkalimetall, wie z. B. Lithium oder Cäsium, oder eine Verbindung eines Alkalimetalls oder ein Erdalkalimetall, wie z. B. Calcium, oder eine Verbindung eines Erdalkalimetalls verwendet. Wird das Metall oder die Verbindung jedoch für die Elektroneninjectionsschicht verwendet, diffundiert das Metall in eine Elektronentransportschicht, was in einigen Fällen ein Nebensprechen verursacht.

[0014] Angesichts der oben beschriebenen Probleme ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Licht emittierendes Element mit niedriger Betriebsspannung bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Licht emittierenden Elements mit hoher Feuchtigkeitsbeständigkeit. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Licht emittierenden Elements mit hoher Oxidationsbeständigkeit. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein Licht emittierendes Element mit geringem Stromverbrauch bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung ist, ein Licht emittierendes Element mit hoher Zuverlässigkeit bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines neuartigen Licht emittierenden Elements. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer neuartigen Halbleitervorrichtung. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Licht emittierenden Elements, bei dem ein Nebensprechen unwahrscheinlich ist. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Licht mit hoher Farbreinheit emittiert.

[0015] Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung bereitzustellen, die jeweils eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen und das Licht emittierende Element beinhalten. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Vorrichtung mit geringem Stromverbrauch bereitzustellen, bei der das Licht emittierende Element verwendet wird. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Vorrichtung mit einer langen Lebensdauer bereitzustellen, bei der das Licht emittierende Element verwendet wird.

[0016] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung der vorstehenden Aufgaben dem Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht im Wege steht. In bzw. bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es nicht notwendig, sämtliche Aufgaben zu erfüllen. Weitere Aufgaben werden aus der Erläuterung der Beschreibung und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

[0017] Demnach betrifft die Erfindung ein Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, eine Anzeigevorrichtung nach Anspruch 19, ein elektronisches Gerät nach Anspruch 20 und eine Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 21. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element mit einer Licht emittierenden Schicht zwischen einer Anode und einer Kathode und einer ersten Schicht zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode. Die erste Schicht beinhaltet ein Übergangsmetall und eine erste organische Verbindung mit einem ungeteilten bzw. einsamen bzw. freiem Elektronenpaar. Die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall bilden ein einfach besetztes Molekülorbital (single occupied molecular orbital, SOMO).

[0018] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element mit einer ersten Licht emittierenden Einheit und einer zweiten Licht emittierenden Einheit zwischen einer Anode und einer Kathode und einer ersten Schicht zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit und der zweiten Licht emittierenden Einheit. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall. Die erste organische Verbindung weist ein ungeteiltes Elektronenpaar auf. Die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall bilden SOMO.

[0019] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element mit einer ersten Licht emittierenden Einheit und einer zweiten Licht emittierenden Einheit zwischen einer Anode und einer Kathode und einer ersten Schicht sowie einer Ladungserzeugungsschicht zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit und der zweiten Licht emittierenden Einheit. Die erste Schicht und die Ladungserzeugungsschicht sind in Kontakt miteinander. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und ein erstes Übergangsmetall. Die erste organische Verbindung weist ein ungeteiltes Elektronenpaar auf. Die erste organische Verbindung und das erste Übergangsmetall bilden SOMO.

[0020] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass die erste organische Verbindung einen elektronenarmen heteroaromatischen Ring beinhaltet. Es ist ferner vorzuziehen, dass die erste organische Verbindung mindestens einen von einem Pyridinring, einem Diazinring und einem Triazinring beinhaltet.

[0021] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass die erste organische Verbindung 25 bis 100 Kohlenstoffatome aufweist.

[0022] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass die erste organische Verbindung kein 1,10-Phenanthrolin-Gerüst enthält.

[0023] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass ein niedrigstes unbesetztes Molekülorbital- (lowest unoccupied molecular orbital, LUMO-) Niveau der ersten organischen Verbindung höher als oder gleich -3,6 eV und niedriger als oder gleich -2,3 eV ist.

[0024] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass ein Übergangsmetall ein Metall der Gruppe 5, Gruppe 7, Gruppe 9 oder Gruppe 11 des Periodensystems ist. Es ist ferner vorzuziehen, dass das Übergangsmetall ein Metall der Gruppe 11 ist. Es wird insbesondere bevorzugt, dass das Übergangsmetall Ag ist.

[0025] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass eine zweite Schicht zwischen der Kathode und der ersten Schicht enthalten ist und die zweite Schicht eine zweite organische Verbindung mit einem elektronenarmen heteroaromatischen Ring beinhaltet.

[0026] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass ein LUMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung niedriger ist als ein SOMO-Niveau.

[0027] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass ein Alkalimetall und ein Erdalkalimetall nicht in dem Licht emittierenden Element enthalten sind.

[0028] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass ein Molverhältnis des Metalls zu der ersten organischen Verbindung in der ersten Schicht größer als oder gleich 0,2 und kleiner als oder gleich 0,8 ist.

[0029] Bei einer der vorstehenden Ausführungsformen ist es vorzuziehen, dass die Kathode ein Metall enthält, das dem Metall der ersten Schicht entspricht. Darüber hinaus ist es vorzuziehen, dass die Licht emittierende Schicht die erste organische Verbindung beinhaltet.

[0030] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein elektronisches Gerät, das die Anzeigevorrichtung mit einer der vorstehenden Strukturen und ein Gehäuse und/oder einen Berührungssensor umfasst. Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Beleuchtungsvorrichtung, die das Licht emittierende Element mit einer der vorstehenden Strukturen und ein Gehäuse und/oder einen Berührungssensor umfasst. Die Kategorie einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst nicht nur die Licht emittierende Vorrichtung, die das Licht emittierende Element umfasst, sondern auch ein elektronisches Gerät, das die Licht emittierende Vorrichtung umfasst. Daher betrifft die Licht emittierende Vorrichtung dieser Beschreibung eine Bildanzeigevorrichtung oder eine Lichtquelle (einschließlich eine Beleuchtungsvorrichtung). Es handelt sich bei einem Anzeigemodul, bei dem ein Verbindungselement, wie z. B. eine flexible gedruckte Schaltung (flexible printed circuit, FPC) oder ein Tape Carrier Package (TCP), mit einem Licht emittierenden Element verbunden ist, einem Anzeigemodul, bei dem eine gedruckte Leiterplatte an der Spitze eines TCP bereitgestellt ist, und einem Anzeigemodul, bei dem eine integrierte Schaltung (IC) direkt auf einem Licht emittierenden Element durch ein Chip-on-Glas-(COG-) Verfahren befestigt ist, ebenfalls um Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0031] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit niedriger Betriebsspannung bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit hoher Feuchtigkeitsbeständigkeit bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit hoher Oxidationsbeständigkeit bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit niedrigem Stromverbrauch bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit hoher Zuverlässigkeit bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein neuartiges Licht emittierendes Element bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, eine neuartige Halbleitervorrichtung bereitzustellen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, bei dem es unwahrscheinlich ist, dass ein Nebensprechen auftritt. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Licht mit hoher Farbreinheit emittiert.

[0032] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung bereitzustellen, die jeweils eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen und das Licht emittierende Element beinhalten. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit geringem Stromverbrauch bereitzustellen, bei dem das Licht emittierende Element verwendet wird. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, ein Licht emittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereitzustellen, bei dem das Licht emittierende Element verwendet wird.

[0033] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Effekte dem Vorhandensein weiterer Effekte nicht im Weg steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzielt nicht notwendigerweise sämtliche der vorstehend aufgeführten Effekte. Weitere Effekte werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1A bis Fig. 1C sind schematische Querschnittsansichten, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen, und ein Diagramm, das die Korrelation zwischen Energieniveaus in einer Elektroneninjectionsschicht.

Fig. 2A und Fig. 2B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 3A und Fig. 3B sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 4A und Fig. 4B sind eine Draufsicht und eine schematische Querschnittsansicht, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 5A und Fig. 5B sind Draufsichten, die jeweils eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 6 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 7A bis Fig. 7G sind Querschnittsansichten, die Beispiele für einen Transistor darstellen.

Fig. 8A bis Fig. 8D zeigen elektronische Geräte einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9A bis Fig. 9E sind perspektivische Ansichten, die Anzeigevorrichtungen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 10A bis Fig. 10C zeigen Beleuchtungsvorrichtungen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 11 zeigt Beleuchtungsvorrichtungen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 12 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element eines Beispiels darstellt.

Fig. 13 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 14 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 15 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 16 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 17 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 18 zeigt Absorptionsspektren von Dünnschichten eines Beispiels.

Fig. 19 zeigt Absorptionsspektren von Dünnschichten eines Beispiels.

Fig. 20 zeigt Absorptionsspektren von Dünnschichten eines Beispiels.

Fig. 21 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 22 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 23 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 24 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 25 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 26 zeigt Absorptionsspektren von Dünnschichten eines Beispiels.

Fig. 27 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 28 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 29 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 30 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 31 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 32 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 33 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 34 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 35 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 36 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 37 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element eines Beispiels darstellt.

Fig. 38 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 39 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 40 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 41 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 42 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 43 zeigt die Ergebnisse der Betriebslaufzeitprüfungen von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 44 zeigt die Ergebnisse der Betriebslaufzeitprüfungen von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 45 zeigt die Ergebnisse der Betriebslaufzeitprüfungen von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 46 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften eines Licht emittierenden Elements eines Beispiels.

Fig. 47 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften eines Licht emittierenden Elements eines Beispiels.

Fig. 48 zeigt ein Elektrolumineszenzspektrum eines Licht emittierenden Elements eines Beispiels.

Fig. 49A und **Fig. 49B** sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 50A und **Fig. 50B** sind schematische Querschnittsansichten, die jeweils ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 51 ist eine schematische Querschnittsansicht, die Licht emittierende Elemente eines Beispiels darstellt.

Fig. 52A und Fig. 52B sind vergrößerte Fotos von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 53 zeigt den Zusammenhang zwischen der Helligkeit und dem Abstand von einem benachbarten Pixel eines Beispiels.

Fig. 54 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element eines Beispiels darstellt.

Fig. 55 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 56 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 57 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 58 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 59 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 60 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 61 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 62 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 63 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 64 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 65 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 66 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 67 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 68 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 69 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 70 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element eines Beispiels darstellt.

Fig. 71 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 72 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 73 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 74 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 75 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 76 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 77 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 78 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 79 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 80 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 81 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 82 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 83 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 84 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 85 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 86 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 87 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 88A und **Fig. 88B** zeigen jeweils den Zusammenhang zwischen dem LUMO-Niveau einer organischen Verbindung und dem Anteil der Emissionsfläche nach einem konstanten Temperatur- und Feuchtigkeitserhaltungstest eines Beispiels.

Fig. 89 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element eines Beispiels darstellt.

Fig. 90 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 91 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 92 zeigt die Leistungseffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 93 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 94 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 95 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 96 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 97 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 98 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 99 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 100 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 101 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 102 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 103 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 104 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 105 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 106 zeigt die Ergebnisse der Betriebslaufzeitprüfungen von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 107 zeigt die Ergebnisse einer Elektronenspinresonanz- (ESR-) Messung.

Fig. 108 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 109 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 110 zeigt externe Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Fig. 111 zeigt Elektrolumineszenzspektren von Licht emittierenden Elementen eines Beispiels.

Beste Art zum Ausführen der Erfindung

[0034] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt, und die Modi und die Details können auf verschiedene Art und Weise verändert werden, soweit sie nicht vom Schutzbereich und Gedanken der vorliegenden Erfindung abweichen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf den Inhalt der nachfolgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

[0035] Es sei angemerkt, dass die Position, die Größe, der Bereich oder dergleichen jeder Struktur, die in den Zeichnungen und dergleichen dargestellt ist, in einigen Fällen zum leichten Verständnis nicht genau dargestellt ist. Die offenbarte Erfindung ist daher nicht notwendigerweise auf die Position, die Größe, den Bereich oder dergleichen beschränkt, welche in den Zeichnungen und dergleichen offenbart sind.

[0036] Es sei angemerkt, dass Ordnungszahlen, wie z. B. „erstes“, „zweites“ und dergleichen, in dieser Beschreibung und dergleichen der Einfachheit halber verwendet werden, und sie kennzeichnen weder die Reihenfolge von Schritten noch die Anordnungsreihenfolge der Schichten. Daher kann beispielsweise eine angemessene Beschreibung erfolgen, auch wenn „erstes“ durch „zweites“ oder „drittes“ ersetzt wird. Außerdem sind die Ordnungszahlen in dieser Beschreibung und dergleichen nicht notwendigerweise gleich denjenigen, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung spezifizieren.

[0037] Wenn Strukturen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen in dieser Beschreibung und dergleichen beschrieben werden, werden gemeinsame Bezugszeichen für die gleichen Abschnitte in unterschiedlichen Zeichnungen verwendet.

[0038] In dieser Beschreibung und dergleichen können die Begriffe „Film“ und „Schicht“ je nach Sachlage oder Umständen miteinander vertauscht werden. Beispielsweise kann der Begriff „leitende Schicht“ in einigen Fällen durch den Begriff „leitender Film“ ersetzt werden. Auch kann der Begriff „Isolierfilm“ in einigen Fällen durch den Begriff „Isolierschicht“ ersetzt werden.

(Ausführungsform 1)

[0039] Bei dieser Ausführungsform wird im Folgenden ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** beschrieben.

<Strukturbeispiel 1 des Licht emittierenden Elements>

[0040] **Fig. 1A** ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 150 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0041] Das Licht emittierende Element 150 umfasst ein Paar von Elektroden (eine Elektrode 101 und eine Elektrode 102) und eine EL-Schicht 100 zwischen dem Paar von Elektroden. Die EL-Schicht 100 umfasst mindestens eine Licht emittierende Schicht 140 und eine Elektroneninjectionsschicht 130.

[0042] Die EL-Schicht 100, die in **Fig. 1A** gezeigt wird, umfasst zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 140 und der Elektroneninjectionsschicht Funktionsschichten, wie z. B. eine Lochinjectionsschicht 111, eine Lochtransportschicht 112 und eine Elektronentransportschicht 118.

[0043] Obwohl bei dieser Ausführungsform eine Beschreibung in der Annahme vorgenommen wird, dass die Elektrode 101 und die Elektrode 102 des Paares von Elektroden als Anode bzw. Kathode dienen, ist die Struktur des Licht emittierenden Elements 150 nicht darauf beschränkt. Das heißt, dass die Elektrode 101 eine Kathode sein kann, dass die Elektrode 102 eine Anode sein kann und dass die Anordnungsreihenfolge der

Schichten zwischen den Elektroden umgekehrt sein kann. Mit anderen Worten: Die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Licht emittierende Schicht 140, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjectionsschicht 130 können in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus angeordnet sein.

[0044] Es sei angemerkt, dass die Struktur der EL-Schicht 100 nicht auf die in **Fig. 1A** dargestellte Struktur beschränkt ist, und dass die EL-Schicht 100 mindestens die Licht emittierende Schicht 140 und die Elektroneninjectionsschicht 130 beinhaltet und nicht notwendigerweise die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112 und die Elektronentransportschicht 118 beinhaltet.

[0045] Diese Schichten können je nach ihren Funktionen in der EL-Schicht zwischen dem Paar von Elektroden ausgebildet werden, und sie sind nicht auf die obigen Schichten beschränkt. Mit anderen Worten: Die EL-Schicht zwischen dem Paar von Elektroden kann eine Schicht mit einer der folgenden Funktionen beinhalten: eine Schicht, die eine Loch- oder Elektroneninjektionsbarriere senkt, eine Schicht, die eine Loch- oder Elektronentransporteigenschaft verbessert, eine Schicht, die einen Transport von Löchern oder Elektronen verhindert, eine Schicht, die einen durch eine Elektrode herbeigeführten Quenching-Effekt unterdrückt, oder dergleichen.

[0046] Die Licht emittierende Schicht 140 beinhaltet vorzugsweise ein Wirtsmaterial und ein Gastmaterial (ein Licht emittierendes Material).

[0047] Als Wirtsmaterial wird vorzugsweise eines oder beide von einem Material mit einer Funktion zum Transportieren von Löchern (Lochtransporteigenschaft) und einem Material mit einer Funktion zum Transportieren von Elektronen (Elektronentransporteigenschaft) verwendet. Alternativ ist es vorzuziehen, ein Material mit einer Lochtransporteigenschaft und einer Elektronentransporteigenschaft zu verwenden.

[0048] Wenn das Wirtsmaterial eine Kombination aus einem Elektronentransportmaterial und einem Lochtransportmaterial ist, kann die Ladungsträgerbalance durch Einstellen des Mischungsverhältnisses leicht gesteuert werden. Insbesondere liegt das Gewichtsverhältnis des Elektronentransportmaterials zum Lochtransportmaterial vorzugsweise in einem Bereich von 1:9 bis 9:1. Da die Ladungsträgerbalance über die Struktur leicht gesteuert werden kann, kann auch ein Ladungsträgerrekombinationsbereich leicht gesteuert werden.

[0049] Das Gastmaterial kann eine Licht emittierende Verbindung sein, und die Licht emittierende Verbindung ist vorzugsweise eine Substanz, die eine Fluoreszenz emittieren kann (im Folgenden auch als fluoreszierende Verbindung bezeichnet), oder eine Substanz, die eine Phosphoreszenz emittieren kann (im Folgenden auch als phosphoreszierende Verbindung bezeichnet).

[0050] Um die Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements zu reduzieren, ist es notwendig, eine Barriere für bzw. gegen die Elektroneninjektion zwischen der Licht emittierenden Schicht 140 und der Elektrode 102 zu senken. Daher ist es vorzuziehen, die Elektroneninjectionsschicht 130 zwischen der Licht emittierenden Schicht 140 und der Elektrode 102 bereitzustellen. In einem herkömmlichen Licht emittierenden Element wird die Elektroneninjectionsschicht 130 unter Verwendung eines Metallmaterials ausgebildet, das ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall mit einer geringen Arbeitsfunktion beinhaltet. Ein Metallmaterial mit einer geringen Arbeitsfunktion weist jedoch eine hohe Reaktivität gegenüber Sauerstoff oder Wasser auf; dementsprechend tritt dann, wenn ein solches Metallmaterial für ein Licht emittierendes Element verwendet wird, eine Verringerung der Emissionseffizienz, eine Erhöhung der Antriebsspannung, eine Verringerung der Lebensdauer des Elements, ein Schwund bzw. eine Schrumpfung (ein Nicht-Emissionsbereich am Ende eines Licht emittierenden Abschnitts) oder dergleichen im Licht emittierenden Element auf, was in einigen Fällen zu einer Verschlechterung der Eigenschaften oder einer Verringerung der Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements führt. Mit anderen Worten: Ein Metallmaterial mit einer geringen Arbeitsfunktion kann zu einer Degradation der Elemente führen. So ist ein Licht emittierendes Element ohne Alkali- oder Erdalkalimetall vorzuziehen, um eine Verschlechterung der Eigenschaften oder eine Verringerung der Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements zu unterdrücken.

[0051] Wenn unterdessen ein Metall mit einer hohen Arbeitsfunktion für die Elektroneninjectionsschicht 130 verwendet wird, wird zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 eine Barriere für die Elektroneninjektion gebildet, obwohl ein solches Metall eine geringe Reaktivität mit Sauerstoff und Wasser aufweist. In diesem Fall tritt im Licht emittierenden Element eine Erhöhung der Betriebsspannung oder eine Verringerung der Emissionseffizienz auf.

[0052] Die vorliegenden Erfinder haben festgestellt, dass eine Barriere für die Elektroneninjektion zwischen der Elektroneninjektionsschicht und der Kathode verringert werden kann und die Feuchtigkeitsbeständigkeit des Licht emittierenden Elements durch die Bildung von SOMO durch Wechselwirkung zwischen einer Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar und einem Übergangsmetall und unter Verwendung eines Verbundmaterials aus der Verbindung und dem Übergangsmetall, die das SOMO in Kombination bilden, für die Elektroneninjektionsschicht erhöht werden kann.

[0053] Um SOMO durch Wechselwirkung zwischen einer Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar und einem Übergangsmetall zu bilden, ist die Summe der Anzahl der Elektronen der Verbindung und des Übergangsmetalls vorzugsweise eine ungerade Zahl. Dementsprechend ist das Übergangsmetall, wenn die Anzahl der Elektronen der Verbindung eine gerade Zahl ist, vorzugsweise ein Metall, das zu einer ungeradzahlig Gruppe des Periodensystems gehört. Für den Fall, dass die Anzahl der Elektronen der Verbindung eine ungerade Zahl ist, ist das Übergangsmetall vorzugsweise ein Metall, das zu einer geradzahlig Gruppe des Periodensystems gehört.

[0054] Als Verbindung, die ein ungeteiltes Elektronenpaar aufweist, wird vorzugsweise eine organische Verbindung mit einer Funktion zum Transportieren eines Elektrons verwendet. Darüber hinaus wird vorzugsweise eine organische Verbindung verwendet, die als Elektronenakzeptor in Bezug auf das Übergangsmetall fungiert.

[0055] Somit ist das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element, bei dem ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar für eine Elektroneninjektionsschicht verwendet wird.

[0056] Ein Übergangsmetall weist eine geringe Reaktivität mit Wasser und Sauerstoff auf; dementsprechend tritt in einem Licht emittierenden Element mit einem Übergangsmetall kaum eine Elementverschlechterung durch Wasser und Sauerstoff auf, die bei der Verwendung eines Metalls mit geringer Arbeitsfunktion auftreten kann. Somit kann nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element mit hoher Feuchtigkeitsbeständigkeit und hoher Oxidationsbeständigkeit bereitgestellt werden.

[0057] Fig. 1B ist eine schematische Ansicht der Elektroneninjektionsschicht 130 im Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Elektroneninjektionsschicht 130 beinhaltet eine Verbindung 131 mit einem ungeteilten Elektronenpaar und ein Übergangsmetall 132.

[0058] Fig. 1C ist ein Diagramm, das die Energie in der Elektroneninjektionsschicht 130 des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Wenn das Übergangsmetall 132 und die Verbindung 131 gemischt werden, wechselwirkt die Verbindung 131 mit einem Atom des Übergangsmetalls 132, wodurch SOMO gebildet wird. Zu diesem Zeitpunkt ist es vorzuziehen, dass das durch Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Atom des Übergangsmetalls 132 gebildete höchstbesetzte Molekularorbital- (HOMO-) Niveau ungefähr gleich dem HOMO-Niveau der ursprünglichen Verbindung 131 ist. Für den Fall, dass eine organische Verbindung mit einer Funktion zum Transportieren eines Elektrons für die Verbindung 131 verwendet wird, ist das HOMO-Niveau der Verbindung 131 niedrig, und ein Loch lässt sich nicht leicht in die Verbindung 131 injizieren. Daher ist für den Fall, dass das HOMO-Niveau, das durch die Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Atom des Übergangsmetalls 132 gebildet wird, ungefähr gleich dem HOMO-Niveau der ursprünglichen Verbindung 131 ist, eine Barriere für die Lochinjektion zwischen der Elektroneninjektionsschicht 130 und der Elektrode 102 hoch; dementsprechend kann ein Loch nicht leicht von der Elektroneninjektionsschicht 130 zur Elektrode 102 durchdringen, was zu einer Verbesserung der Ladungsträgerbalance im Licht emittierenden Element führt. Es sei angemerkt, dass sich HOMO in dieser Beschreibung und dergleichen auf ein Molekularorbital bezieht, das die höchste Energie der von Elektronen besetzten Orbitale aufweist.

[0059] SOMO ist ein Orbital mit nur einem Elektron. Wenn eine Spannung an das Licht emittierende Element 150 angelegt wird, dient das Elektron im SOMO als Ladungsträger im Licht emittierenden Element und wird zur Elektronentransportschicht 118 und Licht emittierenden Schicht 140 transportiert. Darüber hinaus können Elektronen einfach von der Elektrode 102 in die Elektroneninjektionsschicht 130 injiziert werden. Das heißt, wenn die Elektroneninjektionsschicht 130 Materialien beinhaltet, die SOMO in Kombination bilden, können Elektronen leicht von der Elektrode 102 in die EL-Schicht 100 injiziert werden. Das SOMO-Niveau ist vorzugsweise niedriger als das LUMO-Niveau der Verbindung 131. Dementsprechend ist das LUMO-Niveau der Verbindung 131 vorzugsweise hoch. Insbesondere ist das LUMO-Niveau der Verbindung 131 vorzugsweise höher als oder gleich -3,6 eV und niedriger als oder gleich -2,3 eV. Wenn eine organische Verbindung mit

einem solchen LUMO-Niveau und ein Übergangsmetall gemischt werden, wird durch die Wechselwirkung ein für die Elektroneninjektion geeignetes SOMO-Niveau gebildet, wodurch eine Barriere für die Elektroneninjektion zwischen der Elektroneninjektionsschicht 130 und der Elektrode 102 gesenkt werden kann.

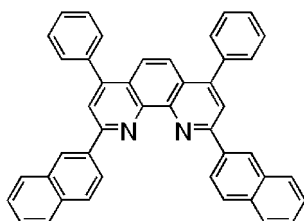
[0060] Es sei angemerkt, dass das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau eines organischen Materials im Allgemeinen durch Cyclovoltammetrie (cyclic voltammetry, CV), Photoelektronenspektroskopie, optische Absorptionsspektroskopie, inverse Photoemissionsspektroskopie oder dergleichen geschätzt werden. Wenn Werte verschiedener Verbindungen miteinander verglichen werden, ist es wünschenswert, dass Werte verwendet werden, die mit demselben Messverfahren geschätzt werden.

[0061] Das oben beschriebene Übergangsmetall gehört vorzugsweise zur Gruppe 5, Gruppe 7, Gruppe 9 oder Gruppe 11. Unter den Übergangsmetallen, die zu den ungeradzahigen Gruppen gehören, ist ein Metall mit einem Elektron (einem ungepaarten Elektron) im Orbital der äußersten Schale besonders vorteilhaft, da es die Eigenschaft hat, SOMO durch Kombination mit der Verbindung 131 leicht zu bilden.

<Schätzung des SOMO-Niveaus, das durch Wechselwirkung zwischen dem Übergangsmetall 132 und der Verbindung 131 gebildet wird, durch quantenchemische Berechnungen>

[0062] Die Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 ist für die Bildung von SOMO erforderlich. Dementsprechend werden die Stabilisierungsenergie, wenn eine organische Verbindung mit verschiedenen Übergangsmetallatomen wechselwirkt, und die SOMO-Niveaus, die durch Wechselwirkung zwischen der organischen Verbindung und den Übergangsmetallatomen gebildet werden, durch quantenchemische Berechnungen geschätzt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 1 dargestellt. Es sei angemerkt, dass als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar 2,9-Bis(naphthalin-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen) verwendet wird, das nachstehend gezeigt wird.

[Chemische Formel 1]



NBPhen

[Tabelle 1]

	Stabilisierungsenergie (eV)	HOMO (eV)	SOMO (eV)	LUMO (eV)
NBPhen	-	-5,74	-	-2,04
NBPhen + Cu	-2,28	-5,04	-3,04	-1,99
NBPhen + Ag	-0,23	-5,85	-3,26	-2,07
NBPhen + Au	-0,23	-5,85	-4,41	-2,67
NBPhen + Co	-2,47	-5,25	-3,10	-2,09
NBPhen + Mn	-2,70	-5,43	-3,31	-1,98
NBPhen + Li	-2,31	-5,50	-2,96	-1,91

[0063] Als quantenchemisches Rechenprogramm wird Gaussian 09 verwendet. Für die Berechnungen wird ein Hochleistungscomputer (ICE X, hergestellt von SGI Japan, Ltd.) verwendet. Zunächst werden die stabilsten Strukturen im Grundzustand der organischen Verbindung allein, der Grundzustand jedes Übergangsmetalls allein und der Grundzustand eines Verbundmaterials der organischen Verbindung und jedes Übergangsmetalls durch die Dichtefunktionaltheorie (DFT) berechnet. Als Basisfunktionen werden 6-311G(d,p) und LanL2DZ verwendet, und als Funktional wird B3LYP verwendet. Anschließend wird die Stabilisierungsenergie berechnet, indem die Summe der Gesamtenergie der organischen Verbindung allein und der Gesamtenergie des Übergangsmetalls allein von der Gesamtenergie des Verbundmaterials der organischen Verbindung und des Übergangsmetalls abgezogen wird. Das heißt, (Stabilisierungsenergie) = (die Gesamtenergie des Verbundmaterials aus der organischen Verbindung und dem Übergangsmetall) - (die Gesamtenergie der organischen Verbindung allein) - (die Gesamtenergie des Übergangsmetalls allein) ist erfüllt. In der DFT wird die Gesamtenergie als Summe der potenziellen Energie, der elektrostatischen Energie zwischen Elektronen, der elektronischen kinetischen Energie und der Austauschkorrelationsenergie einschließlich sämtlicher komplizierter Wechselwirkungen zwischen Elektronen dargestellt. Auch in der DFT wird eine Austauschkorrelationswechselwirkung durch ein Funktional (eine Funktion einer anderen Funktion) eines Elektronenpotenzials in Bezug auf die Elektronendichte genähert, um Berechnungen mit hoher Genauigkeit zu ermöglichen.

[0064] Wie in Tabelle 1 dargestellt, ist die Stabilisierungsenergie ein negativer Wert, wenn Mangan (Mn), ein Übergangsmetall der Gruppe 7, Kobalt (Co), ein Übergangsmetall der Gruppe 9, und Kupfer (Cu), Silber (Ag) und Gold (Au), Übergangsmetalle der Gruppe 11, als Übergangsmetalle der Verbundmaterialien verwendet werden. Dies deutet darauf hin, dass im Falle, dass eine organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar (hier NBPhen) und ein Übergangsmetall gemischt werden, der Zustand, in dem die organische Verbindung mit einem Atom des Übergangsmetalls wechselwirkt, stabiler ist als der Zustand, in dem die organische Verbindung nicht mit einem Atom des Übergangsmetalls wechselwirkt. Das heißt, Tabelle 1 zeigt, dass, wenn das Übergangsmetall und die organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar gemischt werden, die organische Verbindung mit dem Übergangsmetall wechselwirkt und das Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und dem Übergangsmetall stabil wird. Es sei angemerkt, dass die Werte der Energieniveaus von HOMO und LUMO in Tabelle 1 und Tabelle 2 berechnete Werte sind und sich die Werte in einigen Fällen von den Messwerten unterscheiden.

[0065] SOMO entsteht durch die Wechselwirkung zwischen der organischen Verbindung und dem Übergangsmetall. Das SOMO ist ein Orbital, das von einem ungepaarten Elektron eines Metalls stammt und auch auf das Orbital der organischen Verbindung verteilt ist. Dementsprechend wird gezeigt, dass das Elektronenorbital eines Übergangsmetalls und das Elektronenorbital der organischen Verbindung miteinander wechselwirken. Tabelle 1 zeigt die SOMO-Niveaus. Für den Fall, dass das Verbundmaterial aus der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 für die Elektroneninjectionsschicht 130 verwendet wird, ist ein höheres SOMO-Niveau in Hinblick auf die Elektroneninjection vorzuziehen. Somit sind Cu, Ag, Co und Mn, die jeweils ein SOMO-Niveau aufweisen, das etwa demjenigen von Li entspricht, das häufig als Material für eine Elektroneninjectionsschicht verwendet wird, besonders geeignet für das Übergangsmetall 132, das mit der Verbindung 131 in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wechselwirkt.

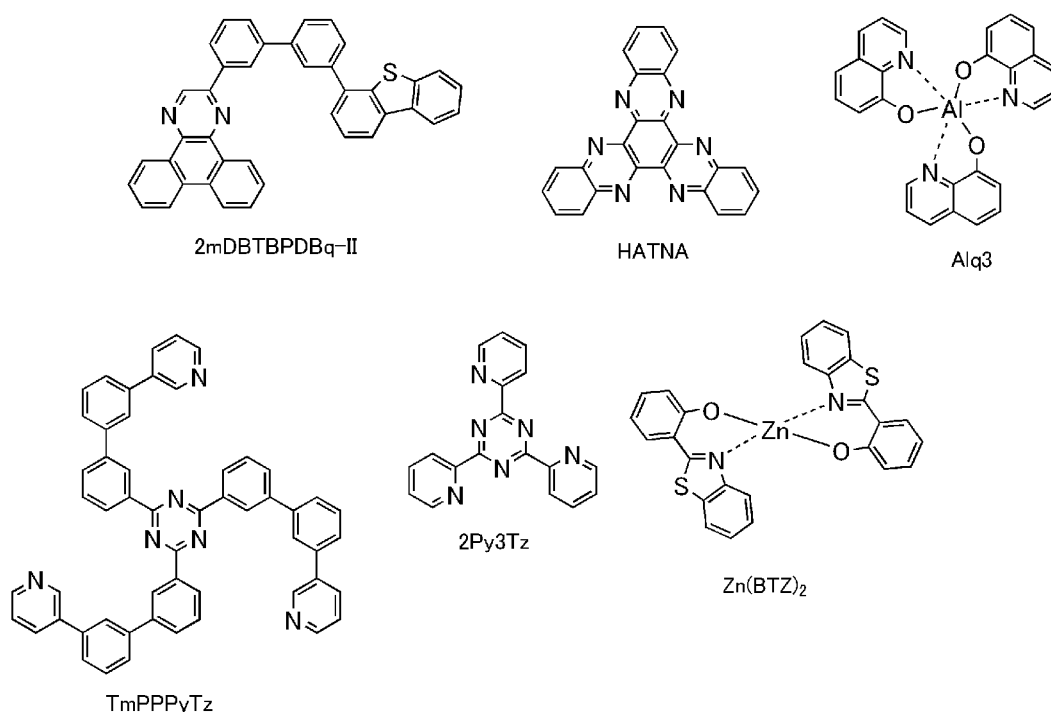
[0066] Durch die Bildung von SOMO durch Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 wird in der Elektroneninjectionsschicht 130 ein ungepaartes Elektron gebildet. Somit kann die Bildung von SOMO durch Elektronenspinresonanz (ESR) beobachtet werden. Um Elektronen von der Elektrode 102 in die Licht emittierende Schicht 140 vorteilhaft zu injizieren, ist die von SOMO stammende Spindichte vorzugsweise größer als oder gleich 1×10^{16} Spins/cm³, stärker bevorzugt größer als oder gleich 5×10^{16} Spins/cm³, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 1×10^{17} Spins/cm³.

[0067] In einem Herstellungsprozess eines Licht emittierenden Elements werden unterdessen eine EL-Schicht eines Licht emittierenden Elements, insbesondere eine Elektroneninjectionsschicht, und eine Kathode im Allgemeinen durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet. In diesen Fällen ist es vorzuziehen, ein Material zu verwenden, das durch Vakuumverdampfung leicht abgeschieden werden kann, d. h. ein Material mit einem niedrigen Schmelzpunkt. Der Schmelzpunkt eines Elements der Gruppe 11 ist niedriger als der Schmelzpunkt eines Elements der Gruppe 7 oder Gruppe 9; dementsprechend kann ein Element der Gruppe 11 geeignet für die Abscheidung durch Vakuumverdampfung verwendet werden. Unter den Elementen der Gruppe 11 weist Ag einen besonders niedrigen Schmelzpunkt auf und ist vorzuziehen. Darüber hinaus wird vorzugsweise ein Vakuumverdampfungsverfahren eingesetzt, da es das einfache Mischen eines Übergangsmetallatoms und einer organischen Verbindung ermöglicht.

[0068] Ag oder Cu kann auch als Kathodenmaterial verwendet werden. Die Verwendung des gleichen Materials für die Elektroneninjectionsschicht 130 und die Elektrode 102 ist vorzuziehen, da das Licht emittierende Element leicht herzustellen ist. Darüber hinaus kann unter Verwendung des gleichen Materials für die Elektroneninjectionsschicht 130 und die Elektrode 102 die Haftung zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 erhöht werden, wodurch die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements erhöht werden kann. Darüber hinaus können die Herstellungskosten des Licht emittierenden Elements reduziert werden.

[0069] Als Nächstes werden die Stabilisierungsenergie und die SOMO-Niveaus, wenn Ag als Übergangsmetall 132 verwendet wird, verschiedene organische Verbindungen mit ungeteilten Elektronenpaaren als Verbindungen 131 verwendet werden und die Wechselwirkung zwischen den Verbindungen 131 und Ag-Atomen auftritt, durch quantenchemische Berechnungen geschätzt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 2 dargestellt. Die für die Schätzung verwendeten organischen Verbindungen und deren Abkürzungen werden nachfolgend dargestellt. Es sei angemerkt, dass eine Berechnungsverfahren der quantenchemischen Berechnungen einem Berechnungsverfahren zur Berechnung der in Tabelle 1 dargestellten Werte ähnlich ist.

[Chemische Formel 2]



[Tabelle 2]

	Stabilisierungsenergie (eV)	HOMO (eV)	SOMO (eV)	LUMO (eV)
2mDBTBPDBq-II	-	-5,96	-	-2,10
2mDBTBPDBq-II + Ag	-0,08	-5,98	-4,37	-2,71
Alq3	-	-5,25	-	-2,01
Alq3 + Ag	-0,16	-5,42	-3,78	-2,20
HATNA	-	-6,65	-	-2,90
HATNA + Ag	-0,59	-6,30	-4,05	-3,01
2Py3Tzn	-	-6,89	-	-2,20
2Py3Tzn + Ag	-0,28	-6,78	-3,63	-2,45
TmPPPyTz	-	-6,52	-	-2,26

	Stabilisierungsenergie (eV)	HOMO (eV)	SOMO (eV)	LUMO (eV)
TmPPPyTz + Ag	-0,04	-6,55	-4,51	-2,89
Zn(BTZ) ₂	-	-5,60	-	-2,00
Zn(BTZ) ₂ + Ag	-0,14	-5,68	-4,09	-2,33

[0070] In Tabelle 2 weist die Stabilisierungsenergie negative Werte in dem Fall auf, in dem die verschiedenen organischen Verbindungen mit ungeteilten Elektronenpaaren mit Übergangsmetallen gemischt werden (hier Ag), was zeigt, dass ein Verbundmaterial aus der organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar und einem Übergangsmetall durch Wechselwirkung stabilisiert wird.

[0071] In dem Fall, in dem die Verbindung 131 mit einem Atom des Übergangsmetalls 132 wechselwirkt, ist es wünschenswert, dass das Atom des Übergangsmetalls 132 und die Verbindung 131 als Elektronendonator bzw. Elektronenakzeptor dienen. In diesem Fall weist die Verbindung 131 vorzugsweise einen elektronenarmen heteroaromatischen Ring auf. Die Verbindung 131 mit einer solchen Struktur empfängt leicht Elektronen, wodurch die Stabilisierungsenergie, wenn die Verbindung 131 und das Atom des Übergangsmetalls 132 miteinander wechselwirken, gesenkt werden kann. Eine Verbindung mit einem elektronenarmen heteroaromatischen Ring weist eine vorteilhafte Elektronentransporteigenschaft auf; dementsprechend wird eine solche Verbindung vorzugsweise als Verbindung 131 der Elektroneninjectionsschicht zur Reduzierung der Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements verwendet.

[0072] Vorzugsweise ist der elektronenarme heteroaromatische Ring ein stickstoffhaltiger heteroaromatischer Ring; ferner weist der stickstoffhaltige heteroaromatische Ring vorzugsweise mindestens einen aus einem Pyridinring, einem Diazinring (einem Pyrimidinring, einem Pyrazinring oder einem Pyridazinring) und einem Triazinring auf. Licht emittierende Elemente, die diese Ringe beinhalten, können eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, da diese Ringe eine hohe elektrochemische Stabilität aufweisen. Darüber hinaus kann die Betriebsspannung der Licht emittierenden Elemente reduziert werden, da diese Ringe hohe Elektronentransporteigenschaften aufweisen. Es sei angemerkt, dass eine Verbindung mit dem elektronenarmen heteroaromatischen Ring ein Metallkomplex sein kann.

[0073] In dem Fall, in dem eine organische Verbindung als Verbindung 131 verwendet wird, weist die organische Verbindung vorzugsweise 25 bis 100 Kohlenstoffatome auf. Wenn eine organische Verbindung eine solche Anzahl von Kohlenstoffatomen aufweist, kann die organische Verbindung eine hohe Sublimationseigenschaft aufweisen, und dementsprechend kann die thermische Zersetzung der organischen Verbindung beim Vakuumverdampfen unterdrückt werden, wodurch eine vorteilhafte und effiziente Materialnutzung erreicht werden kann. Darüber hinaus ist die Glasübergangstemperatur (T_g) vorzugsweise 100 °C oder höher. Wird für die EL-Schicht eine organische Verbindung mit einer solchen T_g verwendet, kann das Licht emittierende Element eine hohe Wärmebeständigkeit aufweisen.

[0074] Wie in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt, ist die Stabilisierungsenergie in dem Fall, in dem NBPhen, Dichinoxalino[2,3-a:2',3'-c]phenazin (Abkürzung: HATNA) und 2,4,6-Tris[3'-(pyridin-3-yl)biphenyl-3-yl]-1,3,5-triazin (Abkürzung: TmPPPyTz) mit Ag-Atomen wechselwirken, niedriger als die Stabilisierungsenergie in dem Fall, in dem die anderen organischen Verbindungen mit Ag-Atomen wechselwirken. Dies liegt daran, dass die Heterocyclen der obigen Verbindungen (NBPhen, HATNA und TmPPPyTz) jeweils eine konjugierte Doppelbindung N-C-C-N über die Vielzahl von Heterocyclen hinweg aufweisen, so dass ein Chelatring (eine Ringstruktur) durch Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 gebildet werden kann. Dementsprechend wird in dem Fall, in dem die Verbindung 131 auf ein Atom des Übergangsmetalls 132 koordiniert, vorzugsweise ein Chelatring gebildet, weil die Stabilisierungsenergie niedrig wird.

[0075] Das Molverhältnis des Übergangsmetalls 132 zur Verbindung 131 ist vorzugsweise höher als oder gleich 0,1 und niedriger als oder gleich 10, stärker bevorzugt höher als oder gleich 0,2 und niedriger als oder gleich 2, noch stärker bevorzugt höher als oder gleich 0,2 und niedriger als oder gleich 0,8. Wenn das Übergangsmetall 132 und die Verbindung 131 in einem solchen Molverhältnis gemischt werden, kann ein Licht emittierendes Element mit einer vorteilhaften Elektroneninjectionseigenschaft bereitgestellt werden. Für den Fall, dass das Molverhältnis des Übergangsmetalls 132 zur Verbindung 131 im Vergleich zum vorstehend beschriebenen Verhältnis zu niedrig ist, ist die Menge der Verbindung 131, die mit dem Übergangsmetall 132 zur Bildung von SOMO wechselwirkt, gering, was in einigen Fällen zu einer geringeren Elektroneninjectionseigenschaft führt. Für den Fall, dass das Molverhältnis des Übergangsmetalls 132 zur Verbindung 131 im Vergleich zum vorstehend beschriebenen Verhältnis zu hoch ist, wird die Durchlässigkeit der Elektroneninjek-

tionsschicht 130 reduziert, was in einigen Fällen die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements reduziert.

[0076] Die Dicke der Elektroneninjectionsschicht 130 ist vorzugsweise größer als oder gleich 3 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 5 nm. Mit der Struktur kann das Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall 132 und der Verbindung 131 vorteilhaft arbeiten. Die Dicke der Elektroneninjectionsschicht 130 ist vorzugsweise kleiner als oder gleich 50 nm, stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 20 nm, noch stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 10 nm. Mit der Struktur ist es weniger wahrscheinlich, dass die Elektroneninjectionsschicht 130 Licht absorbiert, wodurch das Licht emittierende Element eine hohe Emissionseffizienz aufweisen kann.

[0077] Als Nächstes werden die Stabilisierungsenergie und das SOMO-Niveau für den Fall, dass Eisen (Fe), ein Übergangsmetall, das zu einer geradzahligen Gruppe gehört, als Übergangsmetall 132 und Kupferphthalocyanin (Abkürzung: CuPc) als Verbindung 131 verwendet wird und dass die Wechselwirkung zwischen dem Übergangsmetall 132 und der Verbindung 131 auftritt, durch quantenchemische Berechnungen geschätzt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 3 dargestellt. Es sei angemerkt, dass ein Berechnungsverfahren der quantenchemischen Berechnungen dem Berechnungsverfahren zur Berechnung der in Tabelle 1 dargestellten Werte ähnlich ist.

[Tabelle 3]

	Stabilisierungsenergie (eV)	HOMO (eV)	SOMO (eV)	LUMO (eV)
CuPc	-	-5,17	-6,55	-2,98
CuPc + Fe	-3,80	-4,84	-3,92	-2,95

[0078] Kupferphthalocyanin ist eine Verbindung mit einer ungeraden Anzahl von Elektronen, und das SOMO befindet sich auf dem Energieniveau, das niedriger ist als das HOMO-Niveau. Wie in Tabelle 3 dargestellt, hat die Stabilisierungsenergie einen negativen Wert, wenn Kupferphthalocyanin als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet und mit einem Übergangsmetall einer geradzahligen Gruppe (hier Fe) vermischt wird. Das heißt, es wird gezeigt, dass die Wechselwirkung zwischen der organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar und dem Atom des Übergangsmetalls zur Stabilisierung führt.

[0079] Durch die Wechselwirkung zwischen Kupferphthalocyanin und Fe entsteht ein SOMO eines Verbundmaterials aus Kupferphthalocyanin und Fe. Ein Energieniveau des SOMO liegt zwischen einem HOMO-Niveau und einem LUMO-Niveau von Kupferphthalocyanin. Somit kann unter Verwendung des Verbundmaterials für die Elektroneninjectionsschicht 130 ein Licht emittierendes Element mit einer hohen Elektroneninjectionseigenschaft bereitgestellt werden.

<Strukturbeispiel 2 des Licht emittierenden Elements>

[0080] Strukturbeispiele, die sich von demjenigen des Licht emittierenden Elements 150 unterscheiden, das in Fig. 1A bis Fig. 1C dargestellt wird, werden anhand von Fig. 2A und Fig. 2B beschrieben.

[0081] Fig. 2A und Fig. 2B sind jeweils eine Querschnittsansicht einer Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es sei angemerkt, dass in Fig. 2A und Fig. 2B in einigen Fällen ein Abschnitt mit einer ähnlichen Funktion wie derjenige in Fig. 1A bis Fig. 1C durch das gleiche Schraffurmuster dargestellt und nicht eigens mit einem Bezugszeichen versehen wird. Zudem werden gleiche Bezugszeichen für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und eine ausführliche Beschreibung derartiger Abschnitte wird in einigen Fällen nicht wiederholt.

[0082] Ein Licht emittierendes Element 152, das in Fig. 2A gezeigt wird, umfasst ein Paar von Elektroden (die Elektrode 101 und die Elektrode 102) und eine EL-Schicht 105 zwischen dem Paar von Elektroden. Die EL-Schicht 105 umfasst mindestens die Licht emittierende Schicht 140 und die Elektroneninjectionsschicht 130. Zusätzlich ist eine Pufferschicht 117 enthalten. Die Pufferschicht 117 ist zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 bereitgestellt.

[0083] Die EL-Schicht 105, die in **Fig. 2A** dargestellt wird, umfasst zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 140 Funktionsschichten, wie z. B. die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112 und die Elektronentransportschicht 118.

[0084] Die zwischen der Elektrode 102 und der Elektronentransportschicht 118 bereitgestellte Pufferschicht 117 reduziert die Möglichkeit, dass die Elektronentransportschicht 118, die Elektroneninjectionsschicht 130, die Licht emittierende Schicht 140 und dergleichen mit Sauerstoff und Feuchtigkeit in Berührung kommen; entsprechend kann der Feuchtigkeitswiderstand und der Oxidationswiderstand des Licht emittierenden Elements erhöht werden.

[0085] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das vorstehend beschriebene Verbundmaterial aus der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 für die Elektroneninjectionsschicht 130 verwendet, und für die Pufferschicht 117 wird eine organische Verbindung mit einem elektronenarmen heteroaromatischen Ring verwendet. Ein elektronenarmer heteroaromatischer Ring weist, wie vorstehend beschrieben, eine hohe Elektronentransporteigenschaft auf, so dass die Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements reduziert werden kann.

[0086] Die Pufferschicht 117 ist vorzugsweise zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 bereitgestellt, wobei in diesem Fall eine Energiebarriere zwischen der Elektrode 102 und der Elektroneninjectionsschicht 130 gesenkt werden kann. Die Dicke der Pufferschicht ist vorzugsweise größer als oder gleich 1 nm und kleiner oder gleich 20 nm. Mit einer solchen Struktur kann eine Barriere für die Elektroneninjection gesenkt werden, während eine hohe Elektronentransporteigenschaft erhalten bleibt.

[0087] Das LUMO-Niveau der für die Pufferschicht 117 verwendeten organischen Verbindung ist vorzugsweise niedriger als das SOMO-Niveau, das in der Elektroneninjectionsschicht 130 gebildet wird. Mit einer solchen Struktur kann eine Barriere für die Elektroneninjection zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 gesenkt werden.

[0088] Es sei angemerkt, dass das oben beschriebene Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall 132 und der Verbindung 131 mit einem ungeteilten Elektronenpaar für eine Dünnschichtsolarzelle verwendet werden kann. Insbesondere kann das oben beschriebene Verbundmaterial auch für eine Elektroneninjectionsschicht einer Dünnschichtsolarzelle in geeigneter Weise verwendet werden.

<Strukturbeispiel 3 des Licht emittierenden Elements>

[0089] Ein Licht emittierendes Element 154, das in **Fig. 2B** gezeigt wird, umfasst ein Paar von Elektroden (die Elektrode 101 und die Elektrode 102) und eine EL-Schicht 107 zwischen dem Paar von Elektroden. Die EL-Schicht 107 umfasst mindestens die Licht emittierende Schicht 140 und die Elektroneninjectionsschicht 130. Zusätzlich ist eine Ladungserzeugungsschicht 160 enthalten. Die Ladungserzeugungsschicht 160 ist zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 bereitgestellt.

[0090] Die EL-Schicht 107, die in **Fig. 2B** gezeigt wird, umfasst zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 140 Funktionsschichten, wie z. B. die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112 und die Elektronentransportschicht 118.

[0091] Die zwischen der Elektrode 102 und der Elektronentransportschicht 118 bereitgestellte Ladungserzeugungsschicht 160 reduziert die Menge an Sauerstoff und Feuchtigkeit, die in die Elektronentransportschicht 118, die Elektroneninjectionsschicht 130, die Licht emittierende Schicht 140 und dergleichen eintreten; entsprechend kann der Feuchtigkeitswiderstand und der Oxidationswiderstand des Licht emittierenden Elements erhöht werden.

[0092] Wie vorstehend beschrieben, extrahiert das Elektronenakzeptormaterial der Ladungserzeugungsschicht 160, wenn die Ladungserzeugungsschicht 160 ein Lochtransportmaterial und ein Elektronenakzeptormaterial beinhaltet und die Elektroneninjectionsschicht 130 ein Metallmaterial beinhaltet, das ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall mit einer geringen Arbeitsfunktion beinhaltet, ein Elektron aus einem für die Elektroneninjectionsschicht 130 verwendeten Material. Daher bildet sich in der Nähe der Grenzfläche zwischen der Ladungserzeugungsschicht 160 und der Elektroneninjectionsschicht 130 eine Depletionsschicht (Verarmungsschicht), die in einigen Fällen die Betriebsspannung erhöht. Um die Bildung der Depletionsschicht zu verhindern, wurde zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Ladungserzeugungsschicht 160 konventionell eine Schicht mit einer Funktion zum Übertragen eines Elektrons benötigt.

[0093] Unterdeuten beinhaltet die Elektroneninjektionsschicht 130 im Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und der Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar, wobei in diesem Fall ein Elektron kaum von dem Material mit einer Elektronenakzeptoreigenschaft der Ladungserzeugungsschicht 160 extrahiert wird. Somit kann die Ladungserzeugungsschicht 160 ohne Bildung der vorstehend beschriebenen Depletionsschicht bereitgestellt werden, so dass ein Licht emittierendes Element hergestellt werden kann, das eine geringe Anzahl von übereinander angeordneten Schichten beinhaltet und mit einer niedrigen Betriebsspannung betrieben wird.

[0094] Die Dicke der Ladungserzeugungsschicht 160 ist nicht sonderlich begrenzt und kann entsprechend gesteuert werden. Durch Steuerung der Dicke von der Licht emittierenden Schicht 140 bis zur Elektrode 102 kann beispielsweise das von der Licht emittierenden Schicht 140 emittierte Licht effizient zu der Außenseite des Licht emittierenden Elements extrahiert werden. Das heißt, durch die Steuerung der Dicke der Ladungserzeugungsschicht 160 kann die Lichtextraktionseffizienz erhöht werden.

[0095] Es ist vorzuziehen, dass die Ladungserzeugungsschicht 160 mit der Elektrode 102 in Kontakt ist. Mit der Struktur kann eine Barriere für die Elektroneninjektion zwischen der Elektrode 102 und der EL-Schicht 107 gesenkt werden, wodurch die Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements reduziert werden kann. Es ist ferner vorzuziehen, dass die Ladungserzeugungsschicht 160 in Kontakt mit der Elektroneninjektionsschicht 130 ist. Wie vorstehend beschrieben, kann in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element mit niedriger Betriebsspannung hergestellt werden, auch wenn die Ladungserzeugungsschicht 160 mit der Elektroneninjektionsschicht 130 in Kontakt ist. Mit der Struktur kann die Anzahl von übereinander angeordneten Schichten in der EL-Schicht 107 reduziert werden.

[0096] Als Elektronenakzeptormaterial der Ladungserzeugungsschicht 160 kann ein Übergangsmetalloxid in geeigneter Weise verwendet werden. Beispiele für das Übergangsmetalloxid sind Titanoxid, Vanadiumoxid, Tantaloxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rutheniumoxid, Chromoxid, Zirkonoxid, Hafniumoxid und Silberoxid. Unter diesen ist Molybdänoxid aufgrund seiner hohen Stabilität an der Luft, geringen Hygroskopizität und Kostengünstigkeit besonders vorzuziehen. Unter Verwendung des Übergangsmetalloxids kann eine Barriere für die Elektroneninjektion zwischen der Elektrode 102 und der Ladungserzeugungsschicht 160 gesenkt werden. Somit ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element, bei dem sowohl die Elektroneninjektionsschicht 130 ein Übergangsmetallelement als auch die Ladungserzeugungsschicht 160 ein Übergangsmetallelement beinhaltet. Es sei angemerkt, dass das Elektronenakzeptormaterial der Ladungserzeugungsschicht 160 nicht auf die oben beschriebenen Verbindungen beschränkt ist.

[0097] Als Lochtransportmaterial der Ladungserzeugungsschicht 160 wird vorzugsweise eine organische Verbindung mit einem Pyrrolgerüst, einem Thiophengerüst, einem Furangerüst oder einem aromatischen Amingerüst verwendet. Die organische Verbindung mit dem Gerüst weist eine hohe Lochtransporteigenschaft auf; entsprechend kann bei Verwendung der organischen Verbindung mit dem Gerüst für die Ladungserzeugungsschicht 160 die Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements reduziert werden. Das Lochtransportmaterial der Ladungserzeugungsschicht 160 ist nicht auf die oben beschriebene Verbindung beschränkt.

<Strukturbeispiel 4 des Licht emittierenden Elements>

[0098] Strukturbeispiele, die sich von den Strukturen des Licht emittierenden Elements 150, das in **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** dargestellt wird, und der Licht emittierenden Elemente 152 und 154 unterscheiden, die in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** dargestellt werden, werden anhand von **Fig. 49A** und **Fig. 49B** beschrieben.

[0099] **Fig. 49A** und **Fig. 49B** sind schematische Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements 2250a und eines Licht emittierenden Elements 2250b.

[0100] Die Licht emittierenden Elemente 2250a und 2250b umfassen jeweils eine Elektrode 2101, eine Elektrode 2102, eine Elektrode 2103 und eine Elektrode 2104 über einem Substrat 2200. Mindestens eine Licht emittierende Einheit 2106, eine Licht emittierende Einheit 2108 und eine Elektroneninjektionsschicht 2130 sind zwischen der Elektrode 2101 und der Elektrode 2102, zwischen der Elektrode 2102 und der Elektrode 2103 und zwischen der Elektrode 2102 und der Elektrode 2104 bereitgestellt. Zwischen der Licht emittierenden Einheit 2106 und der Licht emittierenden Einheit 2108 ist eine Ladungserzeugungsschicht 2115 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einheit 2106 und die Licht emittierende Einheit 2108 die gleiche Struktur aufweisen können oder unterschiedliche Strukturen aufweisen können.

[0101] Die Ladungserzeugungsschicht 2115, die zwischen der Licht emittierenden Einheit 2106 und der Licht emittierenden Einheit 2108 bereitgestellt ist, ist beispielsweise derart konfiguriert, dass Elektronen in die Licht emittierende Einheit auf einer Seite injiziert werden und Löcher in die Licht emittierende Einheit auf der anderen Seite injiziert werden, wenn eine Spannung zwischen der Elektrode 2101 und der Elektrode 2102 angelegt wird. Zum Beispiel injiziert in **Fig. 49A** und **Fig. 49B** die Ladungserzeugungsschicht 2115 Elektronen in die Licht emittierende Einheit 2106 und Löcher in die Licht emittierende Einheit 2108, wenn eine Spannung derart angelegt wird, dass das Potential der Elektrode 2102 höher als dasjenige der Elektrode 2101 wird.

[0102] Die Licht emittierende Einheit 2106 beinhaltet beispielsweise eine Lochinjektionsschicht 2111, eine Lochtransportschicht 2112, eine Licht emittierende Schicht 2140 und eine Elektronentransportschicht 2113. Die Licht emittierende Einheit 2108 beinhaltet beispielsweise eine Lochinjektionsschicht 2116, eine Lochtransportschicht 2117, eine Licht emittierende Schicht 2170, eine Elektronentransportschicht 2118 und eine Elektroneninjectionsschicht 2119.

[0103] Wie in **Fig. 49A** und **Fig. 49B** dargestellt, ist es vorzuziehen, dass die Elektroneninjectionsschicht 2130 an die Elektronentransportschicht 2113 angrenzt und zwischen der Licht emittierenden Einheit 2108 und der Elektronentransportschicht 2113 bereitgestellt ist. Es ist vorzuziehen, dass die Ladungserzeugungsschicht 2115 an die Elektroneninjectionsschicht 2130 angrenzt und zwischen der Elektroneninjectionsschicht 2130 und der Licht emittierenden Einheit 2108 angeordnet ist. Mit einer solchen Struktur können Elektronen effizient zur Licht emittierenden Einheit 2106 transportiert werden.

[0104] Es sei angemerkt, dass in den Strukturbeispielen des Licht emittierenden Elements die Elektrode 2101, die Elektrode 2103 und die Elektrode 2104 als Anoden verwendet werden und die Elektrode 2102 als Kathode verwendet wird, aber die Strukturen des Licht emittierenden Elements 2250a und des Licht emittierenden Elements 2250b sind nicht darauf beschränkt. Das heißt, die Elektrode 2101, die Elektrode 2103 und die Elektrode 2104 können Kathoden sein, die Elektrode 2102 kann eine Anode sein, und die Anordnungsreihenfolge der Schichten zwischen den Elektroden kann umgekehrt sein. Das heißt, die Lochinjektionsschicht 2111, die Lochtransportschicht 2112, die Licht emittierende Schicht 2140, die Elektronentransportschicht 2113 und die Elektroneninjectionsschicht 2130 werden in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus in der Licht emittierenden Einheit 2106 übereinander angeordnet, und die Lochinjektionsschicht 2116, die Lochtransportschicht 2117, die Licht emittierende Schicht 2170, die Elektronentransportschicht 2118 und die Elektroneninjectionsschicht 2119 werden in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus in der Licht emittierenden Einheit 2108 übereinander angeordnet.

[0105] Die Strukturen des Licht emittierenden Elements 2250a und des Licht emittierenden Elements 2250b sind nicht auf die in **Fig. 49A** und **Fig. 49B** dargestellten beschränkt. Mindestens die Licht emittierende Schicht 2140, die Licht emittierende Schicht 2170, die Ladungserzeugungsschicht 2115 und die Elektroneninjectionsschicht 2130 sind in jedem der Licht emittierenden Elemente 2250a und 2250b enthalten, aber die Lochinjektionsschicht 2111, die Lochinjektionsschicht 2116, die Lochtransportschicht 2112, die Lochtransportschicht 2117, die Elektronentransportschicht 2113, die Elektronentransportschicht 2118 und die Elektroneninjectionsschicht 2119 können optional enthalten sein.

[0106] Schichten sind nicht auf die obigen Schichten beschränkt, solange sie zwischen dem Paar von Elektroden ausgebildet werden. Mit anderen Worten: Schichten zwischen dem Paar von Elektroden können eine Schicht mit einer der folgenden Funktionen beinhalten: eine Schicht, die eine Loch- oder Elektroneninjectionsbarriere senkt, eine Schicht, die eine Loch- oder Elektronentransporteigenschaft verbessert, eine Schicht, die einen Transport von Löchern oder Elektronen verhindert, eine Schicht, die einen durch eine Elektrode herbeigeführten Quenching-Effekt unterdrückt, oder dergleichen.

[0107] Es sei angemerkt, dass dann, wenn eine Oberfläche einer Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht 2115 ist, wie eine Oberfläche bei der Licht emittierenden Einheit 2108, die Ladungserzeugungsschicht 2115 in einigen Fällen auch als Lochinjektionsschicht in der Licht emittierenden Einheit 2108 dienen kann; daher muss in der Licht emittierenden Einheit in derartigen Fällen eine Lochinjektionsschicht nicht notwendigerweise ausgebildet sein.

[0108] Die Licht emittierenden Elemente, die jeweils zwei Licht emittierende Einheiten aufweisen, werden in **Fig. 49A** und **Fig. 49B** gezeigt; jedoch kann eine ähnliche Struktur auch auf ein Licht emittierendes Element angewandt werden, bei dem drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind. Wenn, wie bei den Licht emittierenden Elementen 2250a und 2250b, eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die durch die Ladungserzeugungsschicht getrennt werden, zwischen einem Paar von Elektroden

angeordnet wird, kann ein Licht emittierendes Element mit hoher Leuchtdichte und einer langen Lebensdauer erzielt werden, während die Stromdichte niedrig gehalten wird. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann ebenfalls erhalten werden.

[0109] In dem Licht emittierenden Element 2250a weisen die Elektrode 2101, die Elektrode 2103 und die Elektrode 2104 jeweils eine Funktion zum Reflektieren von sichtbarem Licht auf, und die Elektrode 2102 weist eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf. Im Licht emittierenden Element 2250b weisen die Elektrode 2101, die Elektrode 2103 und die Elektrode 2104 jeweils eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf, und die Elektrode 2102 weist eine Funktion zum Reflektieren von sichtbarem Licht auf.

[0110] Dementsprechend wird das von dem Licht emittierenden Element 2250a emittierte Licht durch die Elektrode 2102 nach außen geleitet und das von dem Licht emittierenden Element 2250b emittierte Licht wird durch die Elektrode 2101, die Elektrode 2103 und die Elektrode 2104 nach außen geleitet. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, und es kann ein Licht emittierendes Dual-Emission-Element verwendet werden, bei dem Licht sowohl in Topals auch in Bottom-Richtung des Substrats 2200, in dem das Licht emittierende Element ausgebildet wird, entnommen wird.

[0111] Die Elektrode 2101 umfasst eine leitende Schicht 2101a und eine leitende Schicht 2101b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 2101a. Die Elektrode 2103 umfasst eine leitende Schicht 2103a und eine leitende Schicht 2103b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 2103a. Die Elektrode 2104 umfasst eine leitende Schicht 2104a und eine leitende Schicht 2104b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 2104a.

[0112] Die leitende Schicht 2101b, die leitende Schicht 2103b und die leitende Schicht 2104b weisen jeweils eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf. Im Licht emittierenden Element 2250a weisen die leitende Schicht 2101a, die leitende Schicht 2103a und die leitende Schicht 2104a jeweils eine Funktion zum Reflektieren von sichtbarem Licht auf. Im Licht emittierenden Element 2250b weisen die leitende Schicht 2101a, die leitende Schicht 2103a und die leitende Schicht 2104a jeweils eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf.

[0113] Das Licht emittierende Element 2250a, das in **Fig. 49A** dargestellt wird, und das Licht emittierende Element 2250b, das in **Fig. 49B** dargestellt wird, umfassen jeweils eine Trennwand 2145 zwischen einem Bereich 2222B, der zwischen der Elektrode 2101 und der Elektrode 2102 angeordnet ist, einem Bereich 2222G, der zwischen der Elektrode 2102 und der Elektrode 2103 angeordnet ist, und einem Bereich 2222R, der zwischen der Elektrode 2102 und der Elektrode 2104 angeordnet ist. Die Trennwand 2145 weist eine isolierende Eigenschaft auf. Die Trennwand 2145 bedeckt Endabschnitte der Elektroden 2101, 2103 und 2104 und weist Öffnungen auf, die sich mit den Elektroden überlappen. Durch die Trennwand 2145 können die Elektroden, die über dem Substrat 2200 in den Bereichen bereitgestellt sind, in Inselformen geteilt werden.

[0114] In **Fig. 49A** und **Fig. 49B** sind die Lochinjektionsschicht 2111, die Lochinjektionsschicht 2116, die Lochtransportschicht 2112, die Lochtransportschicht 2117, die Licht emittierende Schicht 2140, die Licht emittierende Schicht 2170, die Elektronentransportschicht 2113, die Elektronentransportschicht 2118, die Elektroneninjectionsschicht 2119, die Ladungserzeugungsschicht 2115 und die Elektrode 2102 in den Bereichen bereitgestellt, ohne unterteilt zu sein; sie können jedoch in jedem der Bereiche separat bereitgestellt werden.

[0115] In jedem der Licht emittierenden Elemente 2250a und 2250b einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht ein Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden (der Elektrode 2101 und der Elektrode 2102) im Bereich 2222B, zwischen dem Paar von Elektroden (der Elektrode 2102 und der Elektrode 2103) im Bereich 2222G und zwischen dem Paar von Elektroden (der Elektrode 2102 und der Elektrode 2104) im Bereich 2222R die Elektroneninjektion von der Kathode in die Elektroneninjectionsschicht 2119 und die Lochinjektion von der Anode in die Lochinjektionsschicht 2111, wodurch Strom fließt. Elektronen werden von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Elektroneninjectionsschicht 2130 injiziert und Löcher werden von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Lochinjektionsschicht 2116 injiziert. Durch die Rekombination der injizierten Ladungsträger (Elektronen und Löcher) entstehen Exzitonen. Wenn Ladungsträger (Elektronen und Löcher) rekombinieren und Exzitonen in der Licht emittierenden Schicht 2140 und der Licht emittierenden Schicht 2170, die Licht emittierende Materialien enthalten, gebildet werden, werden die Licht emittierenden Materialien in der Licht emittierenden Schicht 2140 und der Licht emittierenden Schicht 2170 in einen angeregten Zustand versetzt, wodurch eine Lichtemission von den Licht emittierenden Materialien hervorgerufen wird.

[0116] Jede der Licht emittierenden Schichten 2140 und 2170 beinhaltet vorzugsweise ein oder mehrere Licht emittierende Materialien, die Licht von Violett, Blau, Blau-Grün, Grün, Gelb-Grün, Gelb, Gelb-Orange, Orange und Rot emittieren.

[0117] Die Licht emittierende Schicht 2140 und die Licht emittierende Schicht 2170 können jeweils eine zweischichtige Struktur aufweisen. Zwei Licht emittierende Schichten, die jeweils zwei Arten von Licht emittierenden Materialien (eine erste Verbindung und eine zweite Verbindung) zum Emittieren von Licht unterschiedlicher Farben enthalten, ermöglichen das Emittieren von Licht einer Vielzahl von Farben. Vorzugsweise werden insbesondere die Licht emittierenden Materialien der Licht emittierenden Schicht 2140 und der Licht emittierenden Schicht 2170 derart ausgewählt, dass weißes Licht oder Licht einer Farbe nahe Weiß erhalten werden kann, indem Lichtemissionen von den Licht emittierenden Schichten kombiniert werden.

[0118] Die Licht emittierende Schicht 2140 und/oder die Licht emittierende Schicht 2170 können/kann eine mehrschichtige Struktur aus drei oder mehr Schichten aufweisen, bei der eine Schicht enthalten sein kann, die kein Licht emittierendes Material enthält.

[0119] Die Licht emittierenden Elemente 2250a und 2250b umfassen jeweils das Substrat 2220, das mit einem optischen Element 2224B, einem optischen Element 2224G und einem optischen Element 2224R in der Richtung bereitgestellt ist, in der Licht, das von dem Bereich 2222B emittiert wird, Licht, das von dem Bereich 2222G emittiert wird, und Licht, das von dem Bereich 2222R emittiert wird, entnommen werden. Das Licht, das von jedem Bereich emittiert wird, wird zur Außenseite des Licht emittierenden Elements über jedes optische Element emittiert. Mit anderen Worten: Das Licht von dem Bereich 2222B, das Licht von dem Bereich 2222G und das Licht von dem Bereich 2222R werden über das optische Element 2224B, das optische Element 2224G bzw. das optische Element 2224R emittiert.

[0120] Die optischen Elemente 2224B, 2224G und 2224R weisen jeweils eine Funktion zum selektiven Durchlassen von Licht einer bestimmten Farbe des einfallenden Lichts auf. Beispielsweise handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 2222B über das optische Element 2224B emittiert wird, um blaues Licht, handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 2222G über das optische Element 2224G emittiert wird, um grünes Licht, und handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 2222R über das optische Element 2224R emittiert wird, um rotes Licht.

[0121] Es sei angemerkt, dass in **Fig. 49A** und **Fig. 49B** blaues Licht (B), grünes Licht (G) und rotes Licht (R), die über die optischen Elemente von den Bereichen emittiert werden, schematisch durch Pfeile aus gestrichelten Linien dargestellt werden. Das in **Fig. 49A** dargestellte Licht emittierende Element 2250a ist ein Licht emittierendes Top-Emission-Element, und das in **Fig. 49B** dargestellte Licht emittierende Element 2250b ist ein Licht emittierendes Bottom-Emission-Element.

[0122] Eine lichtundurchlässige Schicht 2223 ist zwischen den optischen Elementen bereitgestellt. Die lichtundurchlässige Schicht 2223 weist eine Funktion zum Blockieren von Licht auf, das von benachbarten Bereichen emittiert wird. Es sei angemerkt, dass eine Struktur ohne die lichtundurchlässige Schicht 2223 ebenfalls zum Einsatz kommen kann. Eine Struktur, bei der eines oder mehrere der optischen Elemente 2224B, 2224G und 2224R nicht bereitgestellt ist/sind, kann verwendet werden. Mit der Struktur, bei der das optische Element 2224B, das optische Element 2224G oder das optische Element 2224R nicht bereitgestellt ist, kann die Extraktionseffizienz des von dem Licht emittierenden Element emittierten Lichts erhöht werden.

[0123] Die Ladungserzeugungsschicht 2115 kann mit einem Material, das durch Hinzufügen eines Elektronenakzeptors (Akzeptor) zu einem Lochtransportmaterial erhalten wird, oder einem Material ausgebildet werden, das durch Hinzufügen eines Elektronendonators (Donator) zu einem Elektronentransportmaterial erhalten wird.

[0124] Um die Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements zu reduzieren, ist es vorzuziehen, eine Barriere für die Elektroneninjektion von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Elektronentransportschicht 2113 so zu senken, dass die in der Ladungserzeugungsschicht 2115 erzeugten Elektronen reibungslos injiziert und in die Elektronentransportschicht 2113 transportiert werden. Daher wird die Elektroneninjektionsschicht 2130 vorzugsweise zwischen der Ladungserzeugungsschicht 2115 und der Elektronentransportschicht 2113 bereitgestellt. Die Elektroneninjektionsschicht 2119 und die Elektroneninjektionsschicht 2130 müssen eine hohe Elektroneninjektionseigenschaft aufweisen, und entsprechend wird für die Elektroneninjektionsschichten 2119 und 2130 ein Alkalimetall wie Lithium (Li) oder Cäsium (Cs), eine Verbindung eines Alkalimetalls, ein Erdalkalimetall wie Calcium (Ca) oder eine Verbindung eines Erdalkalimetalls

verwendet. Allerdings fließt in dem Fall, in dem das Metall oder die Verbindung für die Elektroneninjectionsschicht 2130 verwendet wird, wie z. B. in **Fig. 50A** und **Fig. 50B** gezeigt, wenn durch Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode 2103 und der Elektrode 2102 Strom im Bereich 2222G fließt, der Strom auch in den Bereichen 2222B und 2222R angrenzend an den Bereich 2222G durch die Elektroneninjectionsschicht 2130 und die Elektronentransportschicht 2113, wobei Licht in einigen Fällen nicht nur von dem Bereich 2222G, sondern auch von den Bereichen 2222B und 2222R angrenzend an den Bereich 2222G emittiert wird (dieses Phänomen wird in einigen Fällen als Nebensprechen bezeichnet). Es sei angemerkt, dass in **Fig. 50A** und **Fig. 50B** der Strom, der in den Bereichen 2222G, 2222R und 2222B fließt, durch einen durchgezogenen Pfeil angezeigt wird.

[0125] In dem Fall, in dem das Nebensprechen in den Licht emittierenden Elementen wie vorstehend beschrieben auftritt, wird das Licht nicht nur von einem gewünschten Bereich (z. B. dem Bereich 2222G), sondern auch von anderen Bereichen (z. B. den Bereichen 2222B und 2222R) emittiert, was in einigen Fällen zu einer Verringerung der Farbreinheit oder der Intensität des von den Licht emittierenden Elementen 2250a und 2250b emittierten Lichts führt.

[0126] Eine Ursache für das Nebensprechen ist die Diffusion eines Alkalimetalls, eines Erdalkalimetalls oder einer Verbindung eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls aus der Elektroneninjectionsschicht 2130, die zwischen der Ladungserzeugungsschicht 2115 und der Elektronentransportschicht 2113 angeordnet ist, in die Elektronentransportschicht 2113, was die Leitfähigkeit der Elektronentransportschicht 2113 (insbesondere die Leitfähigkeit in einer Richtung senkrecht zur Richtung der Spannungsanlage) erhöht. Insbesondere wird ein Metall mit einer kleinen Ordnungszahl, wie z. B. Li oder Ca, oder eine Verbindung davon in der Elektroneninjectionsschicht 2130 leicht in die Elektronentransportschicht 2113 diffundiert. Daher ist es vorzuziehen, dass ein Alkalimetall und ein Erdalkalimetall nicht in der Elektroneninjectionsschicht 2130 enthalten sind, um das Nebensprechen zu unterdrücken. Andererseits wird dann, wenn ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls nicht in der Elektroneninjectionsschicht 2130 enthalten ist, eine Barriere für die Elektroneninjektion von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Elektronentransportschicht 2113 erhöht und Elektronen werden nicht leicht in die Elektronentransportschicht 2113 injiziert, was in einigen Fällen zu einer Erhöhung der Betriebsspannung oder einer Verringerung der Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements führt.

[0127] Um somit die Betriebsspannung des Licht emittierenden Elements zu reduzieren, die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements zu erhöhen und das Nebensprechen zu unterdrücken, wird vorzugsweise für die Elektroneninjectionsschicht 2130 ein Metall mit hoher Elektroneninjektionseigenschaft verwendet, das nicht leicht diffundiert. Es ist vorzuziehen, ein Metall mit einem langen Atomradius als Metall zu verwenden, das nicht leicht diffundiert und für die Elektroneninjectionsschicht 2130 verwendet wird. Darüber hinaus wird vorzugsweise ein Metall mit einem großen Atomgewicht verwendet.

[0128] Wird jedoch für die Elektroneninjectionsschicht 2130 ein Metall mit langem Atomradius oder großem Atomgewicht verwendet, das nicht leicht diffundiert, so bildet sich zwischen der Ladungserzeugungsschicht 2115 und der Elektronentransportschicht 2113 eine Barriere für die Elektroneninjektion, die in einigen Fällen eine Erhöhung der Betriebsspannung und eine Verringerung der Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements bewirkt.

[0129] In Betracht dessen haben die vorliegenden Erfinder festgestellt, dass dann, wenn das Verbundmaterial aus der Verbindung und des Übergangsmetalls, die SOMO in Kombination bilden, für die Elektroneninjectionsschicht 2130 verwendet wird, die an die Ladungserzeugungsschicht 2115 im Licht emittierenden Element angrenzt, das Licht emittierende Element eine vorteilhafte Elektroneninjektionseigenschaft aufweisen kann und das Nebensprechen im Licht emittierenden Element unterdrückt wird.

[0130] Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, in dem eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten bereitgestellt ist und die Elektroneninjectionsschicht 2130 mit einem Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar zwischen den Licht emittierenden Einheiten bereitgestellt ist.

[0131] Ein Übergangsmetall weist ein großes Atomgewicht auf und wird nicht leicht in einer organischen Verbindung diffundiert, so dass ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden kann, in dem das Nebensprechen unterdrückt wird.

[0132] Es sei angemerkt, dass, da die organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar Elektronen transportiert, die organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar vorzugsweise mindestens ein π -konjugiertes System beinhaltet. In diesem Fall beinhaltet ein Atom mit einem π -Elektron (Pz-Orbital) vorzugsweise das ungeteilte Elektronenpaar, oder ein Atom, das an ein Atom mit einem π -Elektron (Pz-Orbital) gebunden ist (angrenzt), beinhaltet vorzugsweise das ungeteilte Elektronenpaar.

[0133] In dem Fall, in dem ein Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall 132 und der Verbindung 131, die in **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** dargestellt sind, in der Elektroneninjectionsschicht 2130 enthalten ist, ist das HOMO-Niveau, das durch Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und einem Atom des Übergangsmetalls 132 gebildet wird, vorzugsweise ungefähr gleich dem HOMO-Niveau der ursprünglichen Verbindung 131. Für den Fall, dass eine organische Verbindung mit einer Funktion zum Transportieren eines Elektrons für die Verbindung 131 verwendet wird, ist das HOMO-Niveau der Verbindung 131 niedrig, und Löcher werden nicht leicht in die Verbindung 131 injiziert. Daher ist für den Fall, dass das HOMO-Niveau, das durch die Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 gebildet wird, ungefähr gleich dem HOMO-Niveau der ursprünglichen Verbindung 131 ist, eine Barriere für die Lochinjektion zwischen der Elektroneninjectionsschicht 2130 und der Ladungserzeugungsschicht 2115 hoch; dementsprechend dringt ein Loch nicht leicht von der Elektroneninjectionsschicht 2130 zur Ladungserzeugungsschicht 2115 durch, was zu einer Verbesserung der Ladungsträgerbalance im Licht emittierenden Element führt.

[0134] SOMO ist ein Orbital mit nur einem Elektron; in dem Fall, in dem das vorstehend beschriebene Verbundmaterial für die Elektroneninjectionsschicht 2119 und die Elektroneninjectionsschicht 2130 verwendet wird, dient durch Anlegen einer Spannung an das Licht emittierende Element 2250a und das Licht emittierende Element 2250b ein Elektron in SOMO als Ladungsträger im Licht emittierenden Element und wird zur Elektronentransportschicht 2113 und der Licht emittierenden Schicht 2140 transportiert. Darüber hinaus können Elektronen einfach von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Elektroneninjectionsschicht 2130 injiziert werden. Das heißt, wenn die Elektroneninjectionsschicht 2130 Materialien beinhaltet, die SOMO in Kombination bilden, können Elektronen leicht von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Licht emittierende Einheit 2106 injiziert werden. Das SOMO-Niveau ist vorzugsweise niedriger als das LUMO-Niveau der Verbindung 2131. Dementsprechend ist das LUMO-Niveau der Verbindung 131 vorzugsweise hoch. Insbesondere ist das LUMO-Niveau der Verbindung 131 vorzugsweise höher als oder gleich -3,6 eV und niedriger als oder gleich -2,3 eV. Wenn eine organische Verbindung mit einem solchen LUMO-Niveau und ein Übergangsmetall gemischt werden, wird durch die Wechselwirkung zwischen der organischen Verbindung und dem Übergangsmetall ein für die Elektroneninjection geeignetes SOMO-Niveau gebildet, wodurch eine Barriere für die Elektroneninjection zwischen der Elektroneninjectionsschicht 2130 und der Ladungserzeugungsschicht 2115 gesenkt werden kann.

[0135] Durch die Bildung von SOMO durch Wechselwirkung zwischen der Verbindung 131 und dem Übergangsmetall 132 wird in der Elektroneninjectionsschicht 130 ein ungepaartes Elektron gebildet. Somit kann die Bildung von SOMO durch ESR beobachtet werden. Um Elektronen von der Ladungserzeugungsschicht 2115 in die Licht emittierende Schicht 2140 vorteilhaft zu injizieren, ist die von SOMO stammende Spindichte vorzugsweise größer als oder gleich 1×10^{16} Spins/cm³, stärker bevorzugt größer als oder gleich 5×10^{16} Spins/cm³, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 1×10^{17} Spins/cm³. Um das Nebensprechen zu unterdrücken, ist die von SOMO stammende Spindichte vorzugsweise kleiner als oder gleich 5×10^{17} Spins/cm³.

<Komponenten des Licht emittierenden Elements>

[0136] Die Komponenten der in **Fig. 1A** bis **Fig. 1C**, **Fig. 2A** und **Fig. 2B**, **Fig. 49A** und **Fig. 49B** sowie **Fig. 50A** und **Fig. 50B** dargestellten Licht emittierenden Elemente werden im Folgenden ausführlich beschrieben. [0144]

<<Elektroneninjectionsschicht>>

[0137] Die Elektroneninjectionsschichten 130, 2130 und 2119 sind Schichten, die jeweils eine Substanz mit einer hohen Elektroneninjectionseigenschaft beinhalten, und das oben beschriebene Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und der organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar kann für die Schichten in geeigneter Weise verwendet werden. Als organische Verbindung für die Elektroneninjectionsschichten 130, 2130 und 2119 wird vorzugsweise ein Material mit hoher Elektronentransporteigenschaft verwendet, und insbesondere kann beispielsweise ein Metallkomplex oder eine nachfolgend beschriebene heteroaromatische Verbindung verwendet werden.

[0138] Für die Elektroneninjectionsschicht 130, die Elektroneninjectionsschicht 2130 und die Elektroneninjectionsschicht 2119 kann ein Metallkomplex mit einem Chinolinliganden, einem Benzochinolinliganden, einem Oxazolliganden oder einem Thiazolliganden, einem Pyridinderivat, einem Pyrimidinderivat, einem Pyrazinderivat, einem Triazinderivat, einem Oxadiazolderivat, einem Triazolderivat, einem Phenanthrolinderivat oder dergleichen verwendet werden. Insbesondere kann ein Metallkomplex, wie z. B. Alq_3 , Almq_3 , BeBq_2 , Balq , Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO), oder Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ) verwendet werden. Des Weiteren kann eines der Folgenden verwendet werden: heterocyclische Verbindungen mit Azol-Gerüsten, wie z. B. 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzol (Abkürzung: OXD-7), 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 3-(4-tert-Butylphenyl)-4-(4-ethylphenyl)-5-(4-biphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: p-EtTAZ), 4,4'-Bis(5-methylbenzoxazol-2-yl)stilben (Abkürzung: BzOs), 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-m-II); heterocyclische Verbindungen mit Diazin-Gerüsten, wie z. B. 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-Carbazol-9-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mCzBPDBq), 2-[4-(3,6-Diphenyl-9H-carbazol-9-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2CzPDBq-III), 7-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 6mDBTPDBq-II), 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm), 4,6-Bis[3-(4-dibenzothienyl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II), 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm) und 4-{3-[3'-(9H-Carbazol-9-yl)]biphenyl-3-yl}benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4mCzBPBfpm); heterocyclische Verbindungen mit Triazin-Gerüsten, 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), 2,4,6-Tris[3'-(pyridin-3-yl)biphenyl-3-yl]-1,3,5-triazin (Abkürzung: TmPPPyTz) und 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: 2Py3Tzn); und heterocyclische Verbindungen mit Pyridingerüsten, wie z. B. 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy), 1,3,5-Tri[3-(3-pyridyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TmPyPB), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) und 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1, 10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen). Unter den vorstehend beschriebenen Materialien weisen die heterocyclischen Verbindungen mit Diazin-Gerüsten und Triazin-Gerüsten und die heterocyclischen Verbindungen mit Pyridin-Gerüsten eine hohe Zuverlässigkeit auf und sind somit vorzuziehen. Insbesondere weisen die heterocyclischen Verbindungen mit Diazin- (Pyrimidin- oder Pyrazin-) Gerüsten und diejenigen mit Triazin-Gerüsten eine hohe Elektronentransporteigenschaft auf und tragen zu einer Verringerung der Betriebsspannung bei. 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 auch andere Substanzen für die Elektroneninjectionsschicht 130, die Elektroneninjectionsschicht 2130 und die Elektroneninjectionsschicht 2119 verwendet werden können, solange ihre Elektronentransporteigenschaften höher sind als ihre Lochtransporteigenschaften.

<<Lochinjektionsschicht>>

[0139] Die Lochinjektionsschichten 111 und 2111 weisen jeweils eine Funktion zum Fördern der Lochinjektion durch die Verringerung einer Barriere für eine Lochinjektion von einer Elektrode des Paares von Elektroden (der Elektrode 101 oder der Elektrode 102 oder der Elektrode 2101 oder der Elektrode 2102) auf, und die Lochinjektionsschicht 2116 weist eine Funktion zum Fördern der Lochinjektion durch die Verringerung einer Barriere für eine Lochinjektion von der Ladungserzeugungsschicht 2115 auf. Die Lochinjektionsschichten 111, 2111 und 2116 werden jeweils beispielsweise unter Verwendung eines Übergangsmetalloxids, eines Phthalocyanin-Derivats oder eines aromatischen Amins ausgebildet. Als Übergangsmetalloxid kann Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Rutheniumoxid, Wolframoxid, Manganoxid oder dergleichen angegeben werden. Als Phthalocyanin-Derivat kann Phthalocyanin, Metallphthalocyanin oder dergleichen angegeben werden. Als aromatisches Amin kann ein Benzidin-Derivat, ein Phenylendiamin-Derivat oder dergleichen angegeben werden. Es ist auch möglich, eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Polythiophen oder Polyanilin, zu verwenden; ein typisches Beispiel dafür ist Poly(ethylendioxythiophen)/Poly(styrolsulfonsäure), welches ein selbstdotiertes Polythiophen ist.

[0140] Für jede der Lochinjektionsschichten 111, 2111 und 2116 kann auch eine Schicht verwendet werden, die ein Verbundmaterial aus einem Lochtransportmaterial und einem Material enthält, das eine Eigenschaft zum Aufnehmen von Elektronen von dem Lochtransportmaterial aufweist. Als Alternative kann auch eine Schichtanordnung aus einer Schicht, die ein Material enthält, das eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, und einer Schicht verwendet werden, die ein Lochtransportmaterial enthält. In einem stabilen Zustand

oder in Anwesenheit eines elektrischen Feldes können elektrische Ladungen zwischen diesen Materialien übertragen werden. Als Beispiele für das Material, das eine Eigenschaft zum Aufnehmen von Elektronen aufweist, können organische Akzeptoren, wie z. B. ein Chinodimethan-Derivat, ein Chloranil-Derivat und ein Hexaazatriphenylen-Derivat, angegeben werden. Ein spezifisches Beispiel ist eine Verbindung mit einer elektronenziehenden Gruppe (einer Halogen-Gruppe oder einer Cyano-Gruppe), wie z. B. 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (Abkürzung: F₄-TCNQ), Chloranil oder 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaazatriphenylen (Abkürzung: HAT-CN). Alternativ kann auch ein Übergangsmetall-oxid, wie z. B. ein Oxid eines Metalls der Gruppe 4 bis Gruppe 8, verwendet werden. Insbesondere kann Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid, Rheniumoxid oder dergleichen verwendet werden. Im Besonderen wird Molybdänoxid bevorzugt, weil es an der Luft stabil ist, eine nur geringe hygroskopische Eigenschaft aufweist und leicht gehandhabt werden kann.

[0141] Ein Material mit einer Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen kann als Lochtransportmaterial verwendet werden, wobei ein Material mit einer Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher vorzuziehen ist. Insbesondere kann ein beliebiges von einem aromatischen Amin, einem Carbazol-Derivat, einem aromatischen Kohlenwasserstoff, einem Stilben-Derivat und dergleichen, die als Beispiele für das Lochtransportmaterial, das bei der Licht emittierenden Schicht 140 verwendet werden kann, beschrieben worden sind, verwendet werden. Ferner kann es sich bei dem Lochtransportmaterial um eine hochmolekulare Verbindung handeln.

[0142] Als weitere Beispiele für das Lochtransportmaterial können aromatische Kohlenwasserstoffe, wie z. B. 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, angegeben werden. Weitere Beispiele umfassen Pentacen, Coronen und dergleichen. Der aromatische Kohlenwasserstoff, der eine Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher und 14 bis 42 Kohlenstoffatome aufweist, wird besonders bevorzugt.

[0143] Der aromatische Kohlenwasserstoff kann ein Vinyl-Gerüst aufweisen. Als aromatischer Kohlenwasserstoff mit einer Vinylgruppe werden zum Beispiel die Folgenden angegeben: 4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl (Abkürzung: DPVBi), 9,10-Bis[4-(2,2-diphenylvinyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: DPVPA) und dergleichen.

[0144] Weitere Beispiele umfassen Thiophenverbindungen, Furanverbindungen, Fluorenverbindungen, Triphenylenverbindungen, Phenanthrenverbindungen und dergleichen, wie z. B. 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II), 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II), 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)benzol (Abkürzung: DBT3P-II), 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III), 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV) und 4-[3-(Triphenylen-2-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: mDBTPTp-II). Unter den vorstehenden Verbindungen werden Verbindungen, die ein Pyrrol-Gerüst, ein Furan-Gerüst, ein Thiophen-Gerüst oder ein aromatisches Amin-Gerüst umfassen, auf Grund ihrer hohen Stabilität und Zuverlässigkeit bevorzugt. Außerdem weisen die Verbindungen mit derartigen Gerüsten eine hohe Lochtransporteigenschaft auf, wodurch sie zu einer Verringerung der Betriebsspannung beitragen.

<<Lochtransportschicht>>

[0145] Die Lochtransportschichten 112, 2112 und 2117 beinhalten jeweils ein Lochtransportmaterial und können unter Verwendung eines beliebigen der Materialien ausgebildet werden, die als Beispiele für die Materialien der Lochinjektionsschichten 111, 2111 und 2116 angegeben worden sind. Die Lochtransportschichten 112, 2112 und 2117 weisen jeweils eine Funktion auf, ein von den Lochinjektionsschichten 111, 2111 und 2116 injiziertes Loch zu den Licht emittierenden Schichten 140, 2140 und 2170 zu transportieren.

[0146] In diesem Fall wird für die Lochtransportschicht 112 vorzugsweise ein Lochtransportmaterial verwendet, dessen HOMO-Niveau zwischen dem LUMO-Niveau des Akzeptormaterials der Lochinjektionsschicht

111 und dem HOMO-Niveau des Materials der Licht emittierenden Schicht 140 liegt. Ebenso wird für die Lochtransportschicht 2112 vorzugsweise ein Lochtransportmaterial verwendet, dessen HOMO-Niveau zwischen dem LUMO-Niveau des Akzeptormaterials der Lochinjektionsschicht 2111 und dem HOMO-Niveau des Materials der Licht emittierenden Schicht 2140 liegt. Jede der Lochtransportschichten 112, 2112 und 2117 ist nicht auf eine einzige Schicht beschränkt und kann eine Schichtanordnung von zwei oder mehr Schichten beinhalten. In diesem Fall ist es vorzuziehen, Lochtransportmaterialien übereinander anzuordnen, um das HOMO-Niveau so zu senken, dass die HOMO-Niveaus der Lochtransportmaterialien auf der Seite der Licht emittierenden Schicht 140, auf der Seite der Licht emittierenden Schicht 2140 und auf der Seite der Licht emittierenden Schicht 2170 niedriger sind als diejenigen der Lochtransportmaterialien auf der Seite der Lochinjektionsschicht 111, auf der Seite der Lochinjektionsschicht 2111 bzw. auf der Seite der Lochinjektionsschicht 2116. Für den Fall, dass die Lochtransportschichten 112, 2112 und 2117 jeweils eine Schichtanordnung von zwei oder mehr Schichten beinhalten, um Löcher reibungslos zu transportieren, ist der Unterschied im HOMO-Niveau zwischen den Lochtransportmaterialien vorzugsweise größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,5 eV, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV.

[0147] Beispiele für das Lochtransportmaterial umfassen Verbindungen mit aromatischen Amin-Gerüsten, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-Phenyl-3'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: mBPAFLP), 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), 9,9-Dimethyl-N-phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBAF) oder N-Phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]spiro-9,9'-bifluoren-2-amin (Abkürzung: PCBASF), eine Verbindung mit einem Carbazol-Gerüst, wie z. B. 1,3-Bis(N-carbazolyl)benzol (Abkürzung: mCP), 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 3,6-Bis(3,5-diphenylphenyl)-9-phenylcarbazol (Abkürzung: CzTP) oder 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), eine Verbindung mit einem Thiophen-Gerüst, 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) oder 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV), sowie eine Verbindung mit einem Furan-Gerüst, wie z. B. 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II) oder 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II). Unter den obigen Materialien werden eine Verbindung mit einem aromatischen Amin-Gerüst und eine Verbindung mit einem Carbazol-Gerüst bevorzugt, da diese Verbindungen sehr zuverlässig sind und hohe Lochtransporteigenschaften aufweisen, wodurch sie zu einer Verringerung der Betriebsspannung beitragen. Es können Lochtransportmaterialien sowohl aus verschiedenen Substanzen als auch aus den vorstehend angegebenen Lochtransportmaterialien ausgewählt werden.

[0148] Des Weiteren umfassen Beispiele für die Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft Verbindungen mit aromatischen Amin-Gerüsten, wie z. B. 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn), 4-Phenyl-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBA1BP), 4,4'-Di(1-naphthyl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBNBB), 4-Phenyldiphenyl-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)amin (Abkürzung: PCA1BP), 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), N-[4-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-N-(4-phenyl)phenylanilin (Abkürzung: YGA1BP), 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)-benzol (Abkürzung: DBT3P-II), 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-[3-(Triphenylen-2-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: mDBTPTp-II), 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); 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 Carbazolverbindungen, wie z. B. 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP) und 1,3,5-Tris[4-(N-carbazolyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TCPB); Aminverbindungen; Dibenzothiophenverbindungen; Dibenzofuranverbindungen; Fluorenverbindungen; Triphenylenverbindungen; und Phenanthrenverbindungen. Die hier angegebenen Substanzen sind hauptsächlich Substanzen, die eine Löcherbeweglichkeit von 1×10^{-6} cm²/Vs oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass ein beliebiges anderes Material verwen-

det werden kann, solange es eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen aufweist.

[0149] Es sei angemerkt, dass eine beliebige dieser Verbindungen, die für die Lochtransportschicht verwendet werden können, auch für die Lochinjektionsschicht verwendet werden kann.

<<Ladungserzeugungsschicht>>

[0150] Jede der Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 kann entweder eine Struktur, bei der einem Lochtransportmaterial eine Akzeptorsubstanz, bei der es sich um einen Elektronenakzeptor handelt, zugesetzt ist, oder eine Struktur aufweisen, bei der einem Elektronentransportmaterial eine Donatorsubstanz, bei der es sich um einen Elektronendonator handelt, zugesetzt ist. Alternativ können beide dieser Strukturen übereinander angeordnet sein.

[0151] In dem Fall, in dem jede der Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, kann das Verbundmaterial, das für die vorstehend beschriebene Lochinjektionsschicht 111 verwendet werden kann, für das Verbundmaterial verwendet werden. Als organische Verbindung können verschiedene Verbindungen, wie z. B. eine aromatische Aminverbindung, eine Carbazolverbindung, ein aromatischer Kohlenwasserstoff und eine hochmolekulare Verbindung (wie z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer oder ein Polymer), verwendet werden. Eine Substanz mit einer Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher wird vorzugsweise als organische Verbindung verwendet. Es sei angemerkt, dass ein beliebiges anderes Material verwendet werden kann, solange es eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen aufweist. Da das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz ausgezeichnete Ladungsträgerinjektions- und Ladungsträgertransporteigenschaften aufweist, kann ein Betrieb bei einer niedrigen Spannung oder ein Betrieb mit einem niedrigen Strom erzielt werden. Es sei angemerkt, dass dann, wenn Oberflächen von Licht emittierenden Einheiten auf der Anodenseite in Kontakt mit den Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 sind, die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 jeweils auch als Lochinjektionsschicht oder Lochtransportschicht der Licht emittierenden Einheit dienen können; daher muss in der Licht emittierenden Einheit eine Lochinjektionsschicht oder eine Lochtransportschicht nicht notwendigerweise enthalten sein.

[0152] Die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 können jeweils eine mehrschichtige Struktur aus einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, und einer Schicht aufweisen, die ein anderes Material enthält. Beispielsweise können die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 jeweils ausgebildet werden, indem eine Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, mit einer Schicht kombiniert wird, die eine Verbindung, die aus Materialien mit einer Elektronen abgebenden Eigenschaft ausgewählt wird, und eine Verbindung mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft enthält. Außerdem können die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 jeweils unter Verwendung einer Kombination einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, mit einer Schicht, die ein durchsichtiges leitendes Material beinhaltet, ausgebildet werden.

[0153] Es sei angemerkt, dass hinsichtlich der Lichtextraktionseffizienz die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 bevorzugt sichtbares Licht durchlassen (im Besonderen weisen die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 jeweils eine Lichtdurchlässigkeit für sichtbares Licht von höher als oder gleich 40 % auf). Die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 arbeiten selbst dann, wenn sie eine niedrigere Leitfähigkeit aufweisen als das Paar von Elektroden (die Elektroden 2101, 2102, 2103 und 2104).

[0154] Indem die Ladungserzeugungsschichten 160 und 2115 unter Verwendung eines beliebigen der vorstehenden Materialien ausgebildet werden, kann ein Anstieg der Antriebsspannung, der durch die Schichtanordnung aus den Licht emittierenden Schichten hervorgerufen wird, unterdrückt werden.

<<Licht emittierende Schicht>>

[0155] Die Licht emittierenden Schichten 140, 2140 und 2170 beinhalten jeweils ein Licht emittierendes Material mit einer Funktion, mindestens eines von violetterem Licht, blauem Licht, blau-grünem Licht, grünem Licht, gelb-grünem Licht, gelbem Licht, orangem Licht und rotem Licht zu emittieren. Darüber hinaus beinhalten die Licht emittierenden Schichten 140, 2140 und 2170 neben dem Licht emittierenden Material jeweils ein Elektronentransportmaterial und/oder ein Lochtransportmaterial als Wirtsmaterial.

[0156] Als Licht emittierendes Material kann jede Licht emittierende Substanz, die Singulett-Anregungsenergie in Lumineszenz umwandelt, und jede Licht emittierende Substanz, die Triplett-Anregungsenergie in Lumineszenz umwandelt, verwendet werden. Beispiele für die Licht emittierende Substanz werden im Folgenden angegeben.

[0157] Beispiele für die Licht emittierende Substanz, die Singulett-Anregungsenergie in eine Lumineszenz umwandeln kann, umfassen Substanzen, die eine Fluoreszenz emittieren (eine fluoreszierende Verbindung). Obwohl es keine besondere Einschränkung hinsichtlich der fluoreszierenden Verbindung gibt, wird vorzugsweise ein Anthracen-Derivat, ein Tetracen-Derivat, ein Chrysen-Derivat, ein Phenanthren-Derivat, ein Pyren-Derivat, ein Perylen-Derivat, ein Stilben-Derivat, ein Acridon-Derivat, ein Cumarin-Derivat, ein Phenoxazin-Derivat, ein Phenothiazin-Derivat oder dergleichen verwenden, und beispielsweise kann eine der folgenden Substanzen verwendet werden.

[0158] Spezifische Beispiele für die fluoreszierende Verbindung umfassen 5,6-Bis[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAP2BPy), 5,6-Bis[4'-(10-phenyl-9-anthryl)biphenyl-4-yl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAPP2BPy), N,N'-Diphenyl-N,N'-bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6FLPAPrn), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), N,N'-Bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-N,N'-bis(4-tert-butylphenyl)pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6tBu-FLPAPrn), N,N'-Diphenyl-N,N'-bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-3,8-dicyclohexylpyren-1,6-diamin (Abkürzung: ch-1,6FLPAPrn), N,N'-(Pyrene-1,6-diyl)bis[(6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-8-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn-03), 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-diylid-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin] (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-phenylendiamin (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-carbazol-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-phenylanthracen-2-amin (Abkürzung: 2YGABPhA), N,N,9-Triphenylanthracen-9-amin (Abkürzung: DPhAPhA), Cumarin 6, Cumarin 545T, N,N'-Diphenylchinacridon (Abkürzung: DPQd), Rubren, 2,8-Di-tert-butyl-5,11-bis(4-tert-butylphenyl)-6,12-diphenyltetracen (Abkürzung: TBRb), Nilrot, 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT), 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: DCJTI), 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 5,10,15,20-Tetraphenylbisbenzo[5,6]indeno[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]perylene.

[0159] Als ein Beispiel für die Licht emittierende Substanz, die Triplett-Anregungsenergie in eine Lumineszenz umwandeln kann, kann eine Substanz, die eine Phosphoreszenz emittiert (eine phosphoreszierende Verbindung) angegeben werden. Als phosphoreszierende Verbindung kann ein auf Iridium, Rhodium oder Platin basierender metallorganischer Komplex oder Metallkomplex verwendet werden. Des Weiteren können ein Platinkomplex mit einem Porphyrin-Liganden, ein Organoiridium-Komplex und dergleichen angegeben werden, im Besonderen wird ein Organoiridium-Komplex, wie z. B. ein auf Iridium basierender, ortho-metallierter Komplex, bevorzugt. Als ortho-metallierter Ligand kann ein 4H-Triazol-Ligand, ein 1H-Triazol-Ligand, ein Imidazol-Ligand, ein Pyridin-Ligand, ein Pyrimidin-Ligand, ein Pyrazin-Ligand, ein Isochinolin-Ligand oder dergleichen angegeben werden. In diesem Fall weist die phosphoreszierende Verbindung ein Absorptionsband auf, das auf einem Triplett-MLCT-(metal to ligand charge transfer, Metall-zu-Ligand-Ladungsübergang) Übergang beruht.

[0160] Beispiele für die Substanz, die einen Emissionspeak im blauen oder grünen Wellenlängenbereich aufweist, umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-κN2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-dmp)₃), Tris(5-methyl-3,4-diphenyl-4H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Mptz)₃), Tris[4-(3-biphenyl)-5-isopropyl-3-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrptz-3b)₃) und Tris[3-(5-biphenyl)-5-isopropyl-4-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPr5btz)₃); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem 1H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris[3-methyl-1-(2-methylphenyl)-5-phenyl-1H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Mptz1-mp)₃) und Tris(1-methyl-5-phenyl-3-propyl-1H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Prptz1-Me)₃); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Imidazol-Gerüst, wie z. B. fac-Tris[1-(2,6-diisopropylphenyl)-2-phenyl-1H-imidazol]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrpmi)₃) und Tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f]phenanthridinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmpimpt-Me)₃); und metallorganische Iridiumkomplexe, bei denen ein Phenylpyridin-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Flr6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N, C^{2'}]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Flrpic), Bis{2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Ir(CF₃ppy)₂(pic)) und Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Flr(acac)). Unter den vorstehend angegebenen Materialien weisen die metallorganischen Iridiumkomplexe, die ein fünfgliedriges stickstoffhaltiges heterocyclisches Gerüst umfassen, wie z. B. ein 4H-Triazol-Gerüst, ein 1H-Triazol-Gerüst oder ein Imidazol-Gerüst, eine hohe Triplett-Anregungsenergie, Zuverlässigkeit und Emissionseffizienz auf und werden daher besonders bevorzugt.

[0161] Beispiele für die Substanz, die einen Emissionspeak im grünen oder gelben Wellenlängenbereich aufweist, umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)₃), Tris(4-tert-butyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)₃), (Acetylacetonato)bis(6-methyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis[4-(2-norbornyl)-6-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(nbppm)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis[4,6-dimethyl-2-[6-(2,6-dimethylphenyl)-4-pyrimidinyl-κN3]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmppm-dmp)₂(acac)) und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(dppm)₂(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppr-Me)₂(acac)) und (Acetylacetonato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppr-iPr)₂(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(2-phenylpyridinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: Ir(ppy)₃), Bis(2-phenylpyridinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(ppy)₂(acac)), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bzq)₂(acac)), Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(bzq)₃), Tris(2-phenylchinolinato-N, C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: Ir(pq)₃) und Bis(2-phenylchinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(pq)₂(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe, wie z. B. Bis(2,4-diphenyl-1,3-oxazolato-N, C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(dpo)₂(acac)), Bis{2-[4'-(perfluorphenyl)phenyl]pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(p-PF-ph)₂(acac)), und Bis(2-phenylbenzothiazolato-N, C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bt)₂(acac)); und einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: Tb(acac)₃(Phen)). Unter den vorstehend angegebenen Materialien weisen die metallorganischen Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst eine sehr hohe Zuverlässigkeit und eine sehr hohe Emissionseffizienz auf und werden daher besonders bevorzugt.

[0162] Beispiele für die Substanz, die einen Emissionspeak im gelben oder roten Wellenlängenbereich aufweist, umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. (Diisobutyrylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)₂(dibm)), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)₂(dpm)) und Bis[4,6-di(naphthalen-1-yl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(d1npm)₂(dpm)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)₂(acac)), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)₂(dpm)) und (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorphenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Fdpq)₂(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(1-phenylisochinolinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: Ir(piq)₃) und Bis(1-phenylisochinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(piq)₂(acac)); einen Platinkomplex, wie z. B. 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrin-platin(II) (Abkürzung: PtOEP); und Seltenerdmetallkomplexe, wie z. B. Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: Eu(DBM)₃(Phen)) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato](monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: Eu(TTA)₃(Phen)). Unter den vorstehend

angegebenen Materialien weisen die metallorganischen Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst eine sehr hohe Zuverlässigkeit und eine sehr hohe Emissionseffizienz auf und werden daher besonders bevorzugt. Außerdem kann aus einem metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyrazin-Gerüst eine rote Lichtemission mit vorteilhafter Chromatizität erhalten werden.

[0163] Als Beispiel für das Material, das die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann, kann, zusätzlich zu einer phosphoreszierenden Verbindung, ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (thermally activated delayed fluorescence, TADF-) Material angegeben werden. Demzufolge kann der Begriff „phosphoreszierende Verbindung“ in der Beschreibung durch den Begriff „thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Verbindung“ ersetzt werden. Die thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Verbindung ist ein Material, das eine kleine Differenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau und dem Triplett-Anregungsenergieniveau und eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Singulett-Anregungsenergie durch ein umgekehrtes Intersystem-Crossing aufweist. Das thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Material kann somit unter Verwendung einer geringen Menge an thermischer Energie einen Triplett-Anregungszustand in einen Singulett-Anregungszustand aufwärts wandeln (d. h., ein umgekehrtes Intersystem-Crossing ist damit möglich) und Licht (Fluoreszenz) in effizienter Weise von dem Singulett-Anregungszustand emittieren. Die TADF wird unter der Bedingung effizient erhalten, bei der die Differenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau und dem Triplett-Anregungsenergieniveau bevorzugt größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV, stärker bevorzugt größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV, noch stärker bevorzugt größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,1 eV ist.

[0164] In dem Fall, in dem die thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Verbindung aus einer Materialart besteht, kann beispielsweise ein beliebiges der folgenden Materialien verwendet werden.

[0165] Als Erstes können ein Fulleren, ein Derivat davon, ein Akridin-Derivat wie z. B. Proflavin, Eosin und dergleichen, angegeben werden. Weitere Beispiele umfassen ein metallhaltiges Porphyrin, wie z. B. ein 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 (SnF_2 (Proto IX)), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF_2 (Meso IX)), einen Hämatorporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF_2 (Hämato IX)), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (SnF_2 (Copro III-4Me)), einen Oktaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF_2 (OEP)), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF_2 (Etio I)) und einen Oktaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (PtCl_2 OEP).

[0166] Für die thermisch aktivierte, verzögert fluoreszierende Verbindung, die aus einer Materialart besteht, kann auch eine heterocyclische Verbindung, die ein π -elektronenreiches heteroaromatisches Gerüst und ein π -elektronenarmes heteroaromatisches Gerüst umfasst, verwendet werden. Insbesondere können 2-(Biphenyl-4-yl)-4,6-bis(12-phenylindolo[2,3-a]carbazol-11-yl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(N-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-9-yl]phenyl}-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PCCzPTzn), 2-[4-(10H-Phenoxazin-10-yl)phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-Phenyl-5,10-dihydrophenazin-10-yl)phenyl]-4,5-diphenyl-1,2,4-triazol (Abkürzung: PPZ-3TPT), 3-(9,9-Dimethyl-9H-acridin-10-yl)-9H-xanthen-9-on (Abkürzung: ACRXTN), Bis[4-(9,9-dimethyl-9,10-dihydroacridin)phenyl]sulfon (Abkürzung: DMAC-DPS) oder 10-Phenyl-10H,10'H-spiro[acridin-9,9'-anthracen]-10'-on (Abkürzung: ACRSA) verwendet werden. Die heterocyclische Verbindung wird vorzugsweise verwendet, da sie das π -elektronenreiche heteroaromatische Gerüst und das π -elektronenarme heteroaromatische Gerüst aufweist; deswegen sind die Elektronentransporteigenschaft und die Lochtransporteigenschaft hoch. Unter den π -elektronenarmen heteroaromatischen Gerüsten weisen ein Diazin-Gerüst (ein Pyrimidin-Gerüst, ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyridazin-Gerüst) und ein Triazin-Gerüst eine hohe Stabilität und eine hohe Zuverlässigkeit auf und sind insbesondere vorzuziehen. Unter den π -elektronenreichen heteroaromatischen Gerüsten weisen ein Acridin-Gerüst, ein Phenoxazin-Gerüst, ein Phenothiazin-Gerüst, ein Furan-Gerüst, ein Thiophen-Gerüst und ein Pyrrol-Gerüst eine hohe Stabilität und eine hohe Zuverlässigkeit auf; demzufolge ist/sind eines oder mehrere dieser Gerüste vorzugsweise enthalten. Als Pyrrol-Gerüst ist insbesondere ein Indol-Gerüst, ein Carbazol-Gerüst oder ein 9-Phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol-Gerüst vorzuziehen. Es sei angemerkt, dass eine Substanz, in der das π -elektronenreiche heteroaromatische Gerüst direkt an das π -elektronenarme heteroaromatische Gerüst gebunden ist, besonders bevorzugt wird, da sowohl die Donatoreigenschaft des π -elektronenreichen heteroaromatischen Gerüsts als auch die Akzeptoreigenschaft des π -elektronenarmen heteroaromatischen Gerüsts erhöht werden und die Differenz zwischen dem Singulett-Anregungsenergieniveau und dem Triplett-Anregungsenergieniveau klein wird.

[0167] Das Material, das eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz emittiert, kann ein Material sein, das durch ein umgekehrtes Intersystem-Crossing einen Singulett-Anregungszustand aus einem Triplett-Anre-

gungszustand bilden kann, oder kann eine Kombination einer Vielzahl von Materialien sein, die einen Exciplex bilden.

[0168] Als Wirtsmaterial, das für die Licht emittierenden Schichten 140, 2140 und 2170 verwendet wird, können Lochtransportmaterialien und Elektronentransportmaterialien verwendet werden.

[0169] Obwohl es keine besondere Beschränkung hinsichtlich eines Material gibt, das als Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht verwendet werden kann, kann beispielsweise jede der nachfolgenden Substanzen als Wirtsmaterial verwendet werden: Metallkomplexe, wie z. B. Tris(8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Alq₃), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Almq₃), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAiq), 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, wie z. B. 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzol (Abkürzung: OXD-7), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-Benzotriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) und 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11); und aromatische Aminverbindungen, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB oder α-NPD), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), und 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB). Darüber hinaus können kondensierte polycyclische aromatische Verbindungen, wie z. B. Anthracen-Derivate, Phenanthren-Derivate, Pyren-Derivate, Chrysen-Derivate und Dibenzo[g,p]chrysen-Derivate verwendet werden. Spezifische Beispiele für die kondensierte polycyclische aromatische Verbindung umfassen 9,10-Diphenylantracen (Abkürzung: DPAnth), N,N-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: CzA1PA), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: DPhPA), YGAPA, PCAPA, N,9-Diphenyl-N-{4-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]phenyl}-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPBA), 2PCAPA, 6,12-Dimethoxy-5,11-diphenylchrysen, DBC1, 9-[4-(10-Phenyl-9-anthracenyl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 3,6-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: DPCzPA), 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 9,9'-Bianthryl (Abkürzung: BANT), 9,9'-(Stilben-3,3'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS), 9,9'-(Stilben-4,4'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS2) und 1,3,5-Tri(1-pyrenyl)benzol (Abkürzung: TPB3). Eine oder mehrere Substanzen mit einer größeren Energielücke als das oben beschriebene Licht emittierende Material werden vorzugsweise aus diesen Substanzen und verschiedenen Substanzen ausgewählt. In dem Fall, in dem das Licht emittierende Material eine phosphoreszierende Verbindung ist, wird eine Substanz mit Triplett-Anregungsenergie, die höher ist als diejenige des Licht emittierenden Materials, vorzugsweise als Wirtsmaterial ausgewählt.

[0170] In dem Fall, in dem eine Vielzahl von Materialien als Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht verwendet wird, wird vorzugsweise eine Kombination zweier Arten von Verbindungen verwendet, die einen Exciplex bilden. In diesem Fall können verschiedene Ladungsträgertransportmaterialien in angemessener Weise verwendet werden. Um einen Exciplex effizient zu bilden, ist es besonders vorteilhaft, ein Elektronentransportmaterial und ein Lochtransportmaterial zu kombinieren.

[0171] Dies liegt daran, dass in dem Fall, in dem die Kombination aus einem Material mit einer Elektronentransporteigenschaft und einem Material mit einer Lochtrasporteigenschaft, die einen Exciplex bilden, als Wirtsmaterial verwendet wird, das Ladungsträgergleichgewicht zwischen Löchern und Elektronen in der Licht emittierenden Schicht leicht optimiert werden kann, indem das Mischverhältnis des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft und des Materials mit einer Lochtrasporteigenschaft 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 der Bereich, in dem Elektronen und Löcher rekombinieren, auf einer Seite existiert, kann die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements verbessert werden.

[0172] Als Elektronentransportmaterial kann ein Zink oder Aluminium enthaltender Metallkomplex, eine π-elektronenarme heteroaromatische Verbindung, wie z. B. eine stickstoffhaltige heteroaromatische Verbindung, oder dergleichen verwendet werden. Konkret kann eines der folgenden Materialien verwendet werden: Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAiq), 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).

ZnBTZ); heterocyclische Verbindungen mit Azol-Gerüsten, 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-m-II); heterocyclische Verbindungen mit Diazin-Gerüsten, 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), 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm) und 4-[3-(3'-(9H-Carbazol-9-yl)biphenyl-3-yl)benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4mCzBPBfpm), heterocyclische Verbindungen mit Triazin-Gerüsten, 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), 2,4,6-Tris[3'-(pyridin-3-yl)biphenyl-3-yl]-1,3,5-triazin (Abkürzung: TmPPPyTz) und 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: 2Py3Tz) und heterocyclische Verbindungen mit Pyridin-Gerüsten, wie z. B. 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy) und 1,3,5-Tris[3-(3-pyridyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TmPyPB). Unter den vorstehend beschriebenen Materialien sind die heterocyclischen Verbindungen mit Diazin-Gerüsten und Triazin-Gerüsten und die heterocyclischen Verbindungen mit Pyridin-Gerüsten sehr zuverlässig und somit vorzuziehen. Die heterocyclischen Verbindungen mit Diazin-(Pyrimidin- oder Pyrazin-) Gerüsten und Triazin-Gerüsten weisen eine hohe Elektronentransporteigenschaft auf und tragen zu einer Verringerung der Betriebsspannung bei.

[0173] Als Lochtransportmaterial 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 Amin-Gerüsten, 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-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: PCASF), 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), 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: 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), 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-Phenyl-3'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: mBPAFLP), N-(9,9-Dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-N-{9,9-dimethyl-2-[N'-phenyl-N'-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)amino]-9H-fluoren-7-yl}phenylamin (Abkürzung: DFLADFL), 3-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA1), 3-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA1), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA2), N,N'-Bis[4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl]-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin (Abkürzung: DNTPD), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-(1-naphthyl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzTPN2), 3,6-Bis[N-(9-phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: 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 Carbazol-Gerüsten, wie z. B. 1,3-Bis(N-carbazolyl)benzol (Abkürzung: mCP), 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: 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 Thiophen-Gerüsten, 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-phenyldiben-

zothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV) und Verbindungen mit Furan-Gerüsten, 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} d ibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II). Unter den obigen Materialien werden eine Verbindung mit einem aromatischen Amin-Gerüst und eine Verbindung mit einem Carbazol-Gerüst bevorzugt, da diese Verbindungen sehr zuverlässig sind und hohe Lochtransporteigenschaften aufweisen, was zu einer Verringerung der Betriebsspannung beiträgt.

[0174] Es ist zu beachten, dass die Kombination der Materialien, die einen Exciplex bilden und als Wirtsmaterial verwendet werden, nicht auf die oben beschriebenen Verbindungen beschränkt ist, solange sie Träger transportieren können, die Kombination einen Exciplex bilden kann und die Lichtemission des Exciplexes mit einem Absorptionsband auf der längsten Wellenlängenseite in einem Absorptionsspektrum eines Licht emittierenden Materials überlappt (eine Absorption, die dem Übergang des Licht emittierenden Materials vom Singulett-Grundzustand zum Singulett-Anregungszustand entspricht), und andere Materialien verwendet werden können.

[0175] Als Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht kann ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes Material verwendet werden.

[0176] Als Elektronentransportmaterial für die Licht emittierende Schicht kann ein Material verwendet werden, das dem für die Elektroneninjektionsschicht verwendeten Elektronentransportmaterial entspricht. Dies vereinfacht die Herstellung des Licht emittierenden Elements und reduziert die Herstellungskosten des Licht emittierenden Elements.

<<Elektronentransportschicht>>

[0177] Die Elektronentransportschichten 118, 2113 und 2118 enthalten jeweils eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft. Beispiele für die Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, die für die Elektronentransportschichten 118, 2113 und 2118 verwendet wird, umfassen Metallkomplexe mit einem Chinolin-Liganden, einem Benzochinolin-Liganden, einem Oxazol-Liganden und einem Thiazol-Liganden; ein Oxadiazol-Derivat; ein Triazol-Derivat; ein Phenanthrolin-Derivat; ein Pyridin-Derivat; und ein Bipyridin-Derivat. Insbesondere kann ein beliebiger der Metallkomplexe und der heteroaromatischen Verbindungen, die als Beispiele für die Verbindung angegeben worden sind, die für die Elektroneninjektionsschichten 130, 2130 und 2119 verwendet werden kann, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass für die Elektronentransportschichten 118, 2113 und 2118 auch andere Substanzen verwendet werden können, solange ihre Elektronentransporteigenschaften höher sind als ihre Lochtransporteigenschaften.

[0178] Die Elektronentransportschichten 118, 2113 und 2118 sind nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt und können eine Schichtanordnung aus zwei oder mehr Schichten sein, die die vorstehend angegebenen Substanzen enthalten.

[0179] Eine Schicht, die den Transport bzw. das Übertragen von Elektronenladungsträgern steuert, kann zwischen der Elektronentransportschicht 118 und der Licht emittierenden Schicht 140, zwischen der Elektronentransportschicht 2113 und der Licht emittierenden Schicht 2140 und zwischen der Elektronentransportschicht 2118 und der Licht emittierenden Schicht 2170 bereitgestellt werden. Diese ist eine Schicht, die ausgebildet wird, indem dem vorstehend beschriebenen Material mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft eine kleine Menge einer Substanz mit einer hohen Elektroneneinfangeigenschaft zugesetzt wird, und die Schicht kann durch Unterdrücken des Transports von Elektronenladungsträgern das Ladungsträgergleichgewicht regulieren. Eine derartige Struktur ist sehr effektiv zum Verhindern eines Problems (wie z. B. einer Verkürzung der Lebensdauer des Elements), das auftritt, wenn Elektronen die Licht emittierende Schicht passieren.

[0180] Als Elektronentransportmaterial für die Elektronentransportschicht kann ein Material verwendet werden, das dem für die Elektroneninjektionsschicht verwendeten Elektronentransportmaterial entspricht. Als Elektronentransportmaterial für die Elektronentransportschicht kann ein Material verwendet werden, das dem für die Licht emittierende Schicht verwendeten Elektronentransportmaterial entspricht. Mit dieser Struktur kann das Licht emittierende Element leicht hergestellt werden und können die Herstellungskosten des Licht emittierenden Elements verringert werden

[0181] Es sei angemerkt, dass die Lochinjektionsschicht, die Lochtransportschicht, die Licht emittierende Schicht, die Elektronentransportschicht und die Elektroneninjektionsschicht, welche vorstehend beschrieben

worden sind, jeweils durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Tiefdruckverfahren oder dergleichen ausgebildet werden können. Neben den vorstehend erwähnten Materialien kann eine anorganische Verbindung, wie z. B. ein Quantenpunkt, oder eine hochmolekulare Verbindung (z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer oder ein Polymer), in der Lochinjektionsschicht, der Lochtransportschicht, der Licht emittierenden Schicht, der Elektronentransportschicht und der Elektroneninjectionsschicht verwendet werden.

[0182] Bei dem Quantenpunkt kann es sich beispielsweise um einen gallertartigen Quantenpunkt, einen legierten Quantenpunkt, einen Kern-Schale-Quantenpunkt oder einen Kern-Quantenpunkt handeln. Der Quantenpunkt, der Elemente, die zu den Gruppen 2 und 16 gehören, Elemente, die zu den Gruppen 13 und 15 gehören, Elemente, die zu den Gruppen 13 und 17 gehören, Elemente, die zu den Gruppen 11 und 17 gehören, oder Elemente enthält, die zu den Gruppen 14 und 15 gehören, kann verwendet werden. Alternativ kann der Quantenpunkt verwendet werden, der ein Element, wie z. B. Cadmium (Cd), Selen (Se), Zink (Zn), Schwefel (S), Phosphor (P), Indium (In), Tellur (Te), Blei (Pb), Gallium (Ga), Arsen (As) oder Aluminium (Al), enthält.

[0183] Ein Beispiel für das Flüssigkeitsmedium, das für den Nassprozess verwendet wird, umfasst ein organisches Lösemittel von Ketonen, wie z. B. Methylethylketon und Cyclohexanon; Fettsäureester, wie z. B. Ethylacetat; halogenierte Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Dichlorbenzol; aromatische Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Toluol, Xylol, Mesitylen und Cyclohexylbenzol; aliphatische Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Cyclohexan, Decalin und Dodecan; Dimethylformamid (DMF); Dimethylsulfoxid (DMSO); oder dergleichen.

[0184] Beispiele für die hochmolekulare Verbindung, die für die Licht emittierende Schicht verwendet werden kann, umfassen ein Phenylenvinyl- (PPV-) Derivat, wie z. B. Poly[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenvinyl] (Abkürzung: MEH-PPV) oder Poly(2,5-dioctyl-1,4-phenylenvinyl); ein Polyfluoren-Derivat, wie z. B. Poly(9,9-di-n-octylfluorenyl-2,7-diyl) (Abkürzung: PF8), Poly[(9,9-di-n-octylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(benzo[2,1,3]thiadiazol-4,8-diyl)] (Abkürzung: F8BT), Poly(9,9-di-n-octylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(2,2'-bithiophen-5,5'-diyl)] (Abkürzung: F8T2), Poly[(9,9-dioctyl-2,7-divinylfluorenyl)-alt-(9,10-anthracen)] oder Poly[(9,9-dihexylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(2,5-dimethyl-1,4-phenyl)] (Abkürzung: P3HT); ein Polyalkylthiophen- (PAT-) Derivat, wie z. B. Poly(3-hexylthiophen-2,5-diyl) (Abkürzung: P3HT); und ein Polyphenyl-Derivat. Diese hochmolekularen Verbindungen oder eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Poly(9-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK), Poly(2-vinylnaphthalen) oder Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amin] (Abkürzung: PTAA), können mit einer niedermolekularen Verbindung dotiert sein, die eine Licht emittierende Eigenschaft aufweist, und für die Licht emittierende Schicht verwendet werden. Als niedermolekulare Verbindung mit einer Licht emittierenden Eigenschaft können beliebige der vorstehend beschriebenen fluoreszierenden Verbindungen verwendet werden.

<<Paar von Elektroden>>

[0185] Die Elektroden 101, 102, 2101, 2102, 2103 und 2104 dienen jeweils als Anode oder Kathode des Licht emittierenden Elements. Die Elektroden 101, 102, 2101, 2102, 2103 und 2104 können jeweils unter Verwendung von einem Metall, einer Legierung, einer leitenden Verbindung, einem Gemisch oder einer Schichtanordnung dieser ausgebildet werden.

[0186] Die Elektrode 101 oder die Elektrode 102 wird vorzugsweise unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht ausgebildet. Die Elektrode 2102 oder die Elektroden 2101, 2103 und 2104 wird/werden vorzugsweise unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht ausgebildet. Beispiele für das leitende Material umfassen Aluminium (Al), eine Legierung, die Al enthält, und dergleichen. Beispiele für die Legierung, die Al enthält, umfassen eine Legierung, die Al und L enthält (L stellt eines oder mehrere von Titan (Ti), Neodym (Nd), Nickel (Ni) und Lanthan (La) dar), wie z. B. eine Legierung, die Al und Ti enthält, und eine Legierung, die Al, Ni und La enthält. Aluminium weist einen niedrigen Widerstand und ein hohes Lichtreflexionsvermögen auf. Aluminium kommt in großer Menge in der Erdkruste vor und ist günstig; demzufolge ist es möglich, die Kosten zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements mit Aluminium zu verringern. Silber (Ag) kann aufgrund seines hohen Lichtreflexionsvermögens vorteilhaft als Material für die Elektrode verwendet werden. Darüber hinaus ist Ag ein Übergangsmetall der Gruppe 11, und Ag wird vorzugsweise als Kathode des Licht emittierenden Elements verwendet, in dem Ag für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird, wodurch die Haftung zwischen der Elektrode und der Elektroneninjectionsschicht verbessert wird. Alternativ kann beispielsweise eine Legierung aus Ag und N (N stellt eines oder mehrere von Yttrium (Y), Nd, Magnesium (Mg), Ytterbium (Yb), Al, Ti, Gallium (Ga), Zink (Zn), Indium (In), Wolfram (W), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Eisen (Fe), Ni, Kupfer (Cu), Palla-

dium (Pd), Iridium (Ir) und Gold (Au) dar) verwendet werden. Beispiele für die silberhaltige Legierung umfassen eine Legierung, die Silber, Palladium und Kupfer enthält, eine Legierung, die Silber und Kupfer enthält, eine Legierung, die Silber und Magnesium enthält, eine Legierung, die Silber und Nickel enthält, eine Legierung, die Silber und Gold enthält, eine Legierung, die Silber und Ytterbium enthält, und dergleichen. Daneben kann ein Übergangsmetall, wie z. B. Wolfram, Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Kupfer oder Titan, verwendet werden.

[0187] Licht, das von der Licht emittierenden Schicht emittiert wird, wird über die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 oder über die Elektrode 2102 und/oder die Elektroden 2101, 2103 und 2104 entnommen. Demzufolge werden mindestens eine von der Elektrode 101 und der Elektrode 102 und mindestens eine von der Elektrode 2102 und einer Gruppe der Elektroden 2101, 2103 und 2104 vorzugsweise unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht ausgebildet. Als leitendes Material kann ein leitendes Material verwendet werden, dessen Lichtdurchlässigkeit für sichtbares Licht höher als oder gleich 40 % und niedriger als oder gleich 100 %, bevorzugt höher als oder gleich 60 % und niedriger als oder gleich 100 % ist, und dessen spezifischer Widerstand niedriger als oder gleich $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ ist.

[0188] Die Elektroden 101, 102, 2101, 2102, 2103 und 2104 können jeweils unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht und Reflektieren von Licht ausgebildet werden. Als leitendes Material kann ein leitendes Material verwendet werden, dessen Reflexionsvermögen für sichtbares Licht höher als oder gleich 20 % und niedriger als oder gleich 80 %, bevorzugt höher als oder gleich 40 % und niedriger als oder gleich 70 % ist, und dessen spezifischer Widerstand niedriger als oder gleich $1 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ ist. Beispielsweise können eine oder mehrere Arten von leitenden Metallen und Legierungen, leitenden Verbindungen und dergleichen verwendet werden. Insbesondere kann ein Metalloxid, wie z. B. Indiumzinnoxid (indium tin oxide, nachfolgend als ITO bezeichnet), Silizium oder Siliziumoxid enthaltendes Indiumzinnoxid (ITSO), Indiumoxid-Zinkoxid (Indiumzinkoxid), Titan enthaltendes Indiumoxid-Zinnoxid, Indiumtitanoxid oder Wolframoxid und Zinkoxid enthaltendes Indiumoxid, verwendet werden. Ein dünner Metallfilm mit einer Dicke, die das Durchlassen von Licht erlaubt (vorzugsweise eine Dicke von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 30 nm), kann ebenfalls verwendet werden. Als Metall kann Ag, eine Legierung aus Ag und Al, eine Legierung aus Ag und Mg, eine Legierung aus Ag und Au, eine Legierung aus Ag und Yb oder dergleichen verwendet werden.

[0189] Die leitende Schicht 2101b, die leitende Schicht 2103b und die leitende Schicht 2104b werden jeweils vorzugsweise unter Verwendung des vorstehend beschriebenen leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht ausgebildet. Die leitende Schicht 2101a, die leitende Schicht 2103a und die leitende Schicht 2104a werden jeweils vorzugsweise unter Verwendung des leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht, des leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht oder des leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen und Reflektieren von Licht ausgebildet.

[0190] In dieser Beschreibung und dergleichen wird als Material mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht ein Material verwendet, das sichtbares Licht durchlässt und Leitfähigkeit aufweist. Beispiele für das Material umfassen, neben dem vorstehend beschriebenen Oxidleiter, für den ITO ein typisches Beispiel ist, einen Oxidhalbleiter und einen organischen Leiter, der eine organische Substanz enthält. Beispiele für den organischen Leiter, der eine organische Substanz enthält, umfassen ein Verbundmaterial, in dem eine organische Verbindung und ein Elektronendonator (Donator) vermischt sind, und ein Verbundmaterial, in dem eine organische Verbindung und ein Elektronenakzeptor (Akzeptor) vermischt sind. Alternativ kann ein anorganisches, auf Kohlenstoff basierendes Material, wie z. B. Graphen, verwendet werden. Der spezifische Widerstand des Materials ist bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$.

[0191] Alternativ können/kann die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 und die Elektrode 2102 und/oder die Gruppe der Elektroden 2101, 2103 und 2104 ausgebildet werden, indem eine Vielzahl der vorstehend beschriebenen Materialien übereinander angeordnet werden.

[0192] Um die Lichtextraktionseffizienz zu verbessern, kann ein Material, dessen Brechungsindex höher ist als derjenige einer Elektrode mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht, in Kontakt mit der Elektrode ausgebildet werden. Das Material kann elektrisch leitend oder nicht leitend sein, solange es eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht aufweist. Zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Oxidleitern können ein Oxidhalbleiter und eine organische Substanz als Beispiele für das Material angegeben werden. Beispiele für die organische Substanz umfassen die Materialien für die Licht emittierende Schicht, die Lochinjektionsschicht, die Lochtransportschicht, die Elektronentransportschicht und die Elektroneninjectionsschicht. Alter-

nativ kann ein anorganisches, auf Kohlenstoff basierendes Material oder ein Metallfilm verwendet werden, der dünn genug ist, um Licht durchzulassen. Als weitere Alternative können übereinander angeordnete Schichten mit einer Dicke von mehreren Nanometern bis mehreren zehn Nanometern verwendet werden.

[0193] In dem Fall, in dem die Elektrode 101 oder die Elektrode 102 als Kathode dient, enthält die Elektrode vorzugsweise ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit (3,8 eV oder niedriger). In dem Fall, in dem die Elektrode 2102 oder die Elektroden 2101, 2103 und 2104 als Kathode dient/dienen, enthält/enhalten die Elektrode/n vorzugsweise ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit (3,8 eV oder niedriger).

[0194] In dem Fall, in dem die Elektrode 101 oder die Elektrode 102 als Anode verwendet wird, enthält die Anode vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit (4,0 eV oder höher). In dem Fall, in dem die Elektrode 2102 oder die Elektroden 2101, 2103 und 2104 als Anode dient/dienen, enthält die Anode vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit (4,0 eV oder höher).

[0195] Die Elektrode 101 und die Elektrode 102 können eine Schichtanordnung aus einem leitenden Material mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht und einem leitenden Material mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht sein. Eine derartige Struktur ist vorzuziehen, da die Elektrode 101 und die Elektrode 102 jeweils eine Funktion zum Anpassen der optischen Weglänge aufweisen können, so dass Licht einer erwünschten Wellenlänge, das von jeder Licht emittierenden Schicht emittiert wird, schwingt und verstärkt wird. Die Elektrode 2102 und/oder die Elektroden 2101, 2103 und 2104 können auf ähnliche Weise jeweils eine Schichtanordnung aus einem leitenden Material mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht und einem leitenden Material mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht sein. Eine derartige Struktur ist vorzuziehen, da die Elektroden 2101, 2102, 2103 und 2104 jeweils eine Funktion zum Anpassen der optischen Weglänge aufweisen können, so dass Licht einer erwünschten Wellenlänge, das von jeder Licht emittierenden Schicht emittiert wird, schwingt und verstärkt wird.

[0196] Als Verfahren zum Ausbilden der Elektroden 101, 102, 2101, 2102, 2103 und 2104 können je nach Bedarf ein Sputterverfahren, ein Verdampfungsverfahren, ein Druckverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Molekularstrahlepitaxie- (molecular beam epitaxy, MBE-) Verfahren, ein CVD-Verfahren, ein Puls laserabscheidungsverfahren, ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren oder dergleichen verwendet werden.

<<Mikrokavitätsstruktur>>

[0197] Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine mikrooptische Resonator- (Mikrokavitäts-) Struktur verwenden, bei der die Elektrode 2101 unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht ausgebildet wird und die Elektrode 2102 unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Durchlassen und Reflektieren von Licht ausgebildet wird, wie beispielsweise in **Fig. 49A** und **Fig. 49B** dargestellt. Mit einer derartigen Struktur kann das von der Licht emittierenden Schicht 2140 oder der Licht emittierenden Schicht 2170 emittierte Licht zwischen den Elektroden schwingen und gewünschtes Licht unter Licht, das durch die Elektrode 2102 emittiert wird, kann verstärkt werden.

[0198] Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform Licht zur Seite der Elektrode 2102 (Kathodenseite) extrahiert wird, jedoch kann Licht zur Seite der Elektrode 2101 (Anodenseite) extrahiert werden. In diesem Fall wird die Elektrode 2101 unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren und Durchlassen von Licht ausgebildet, und die Elektrode 2102 wird unter Verwendung eines leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht ausgebildet.

[0199] Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 2140 und der Licht emittierenden Schicht 2170 emittiert wird, schwingt zwischen einem Paar von Elektroden (z. B. der Elektrode 2101 und der Elektrode 2102). Die Licht emittierende Schicht 2140 und die Licht emittierende Schicht 2170 werden an Stellen ausgebildet, die die Intensität des Lichts einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das emittiert werden soll, verstärken. Indem beispielsweise eine optische Weglänge von einem reflektierenden Bereich der Elektrode 2101 zu einem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 2170 sowie eine optische Weglänge von einem reflektierenden Bereich der Elektrode 2102 zu dem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 2170 angepasst wird, kann das Licht einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 2170 emittiert wird, verstärkt werden. Indem beispielsweise eine optische Weglänge von dem reflektierenden Bereich der Elektrode 2101 zu einem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 2140 sowie eine optische Weglänge von dem reflektierenden Bereich der Elektrode 2102 zu

dem Licht emittierenden Bereich der Licht emittierenden Schicht 2140 angepasst werden, kann das Licht einer erwünschten Wellenlänge unter Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 2140 emittiert wird, verstärkt werden. Wenn ein Licht emittierendes Element eine Schichtanordnung aus einer Vielzahl von Licht emittierenden Schichten (hier die Licht emittierenden Schichten 2140 und 2170) aufweist, werden die optischen Weglängen der Licht emittierenden Schichten 2140 und 2170 vorzugsweise optimiert.

[0200] Um beispielsweise Licht einer erwünschten Wellenlänge (Wellenlänge: λ), das von der Licht emittierenden Schicht 2140 erhalten wird, zu verstärken, werden vorzugsweise die optische Weglänge von dem reflektierenden Bereich der Elektrode 2101 bis zu einem Bereich, in dem das Licht der erwünschten Wellenlänge in der Licht emittierenden Schicht 2140 erhalten wird (einem Licht emittierenden Bereich), und die optische Weglänge von dem reflektierenden Bereich der Elektrode 2102 bis zu dem Bereich, in dem das Licht der erwünschten Wellenlänge in der Licht emittierenden Schicht 2140 erhalten wird (dem Licht emittierenden Bereich), auf etwa $(2m'-1)\lambda/4$ (m' ist eine natürliche Zahl) angepasst. Hier bezeichnet der Licht emittierende Bereich einen Bereich, in dem Löcher und Elektronen in der Licht emittierenden Schicht 2140 rekombinieren.

[0201] Durch eine derartige optische Anpassung kann sich das Spektrum von Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 2140 erhalten wird, verschmälern und eine Lichtemission mit hoher Farbreinheit kann erhalten werden.

<<Substrat>>

[0202] Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann über einem Substrat aus Glas, Kunststoff oder dergleichen ausgebildet werden. Als eine Möglichkeit zum Übereinanderanordnen von Schichten über dem Substrat können Schichten sequenziell von der Seite der Elektrode 101 aus oder sequenziell von der Seite der Elektrode 102 aus angeordnet werden. Als Art und Weise des Übereinanderanordnens von Schichten des Licht emittierenden Elements 2250a und des Licht emittierenden Elements 2250b können die Schichten sequenziell von der Seite der Elektrode 2101, der Seite der Elektrode 2102 und der Seite der Elektrode 2103 oder sequenziell von der Seite der Elektrode 2102 aus angeordnet werden.

[0203] Für das Substrat, über dem das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet werden kann, können beispielsweise Glas, Quarz, Kunststoff oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann ein flexibles Substrat verwendet werden. Das flexible Substrat ist beispielsweise ein Substrat, das gebogen werden kann, wie z. B. ein Kunststoffsubstrat aus Polycarbonat oder Polyarylat. Alternativ kann ein Film, ein durch Aufdampfung ausgebildeter anorganischer Film oder dergleichen verwendet werden. Ein anderes Material kann verwendet werden, solange das Substrat als Träger bei einem Herstellungsprozess der Licht emittierenden Elemente oder der optischen Elemente dient. Ein anderes Material mit einer Funktion zum Schützen der Licht emittierenden Elemente oder der optischen Elemente kann verwendet werden.

[0204] Beispielsweise kann in dieser Beschreibung und dergleichen ein Licht emittierendes Element unter Verwendung verschiedener Substrate ausgebildet werden. Der Typ eines Substrats ist nicht besonders beschränkt. Beispiele für das Substrat umfassen ein Halbleitersubstrat (z. B. ein einkristallines Substrat oder ein Siliziumsubstrat), ein SOI-Substrat, ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Kunststoffsubstrat, ein Metallsubstrat, ein Edstahlsubstrat, ein Substrat, das eine Edstahlfolie enthält, ein Wolframsubstrat, ein Substrat, das eine Wolframfolie enthält, ein flexibles Substrat, einen Befestigungsfilm, Cellulose-Nanofaser (CNF) und Papier, die ein Fasermaterial enthalten, einen Basismaterialfilm und dergleichen. Als Beispiel für ein Glassubstrat können ein Bariumborosilikatglas-Substrat, ein Aluminiumborosilikatglas-Substrat, ein Kaltnatronglas-Substrat und dergleichen angegeben werden. Beispiele für das flexible Substrat, den Befestigungsfilm, den Basismaterialfilm und dergleichen umfassen Substrate aus Kunststoffen, für die Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylenaphthalat (PEN), Polyethersulfon (PES) und Polytetrafluorethylen (PTFE) typische Beispiele sind. Ein weiteres Beispiel umfasst ein Harz, wie z. B. Acryl. Alternativ kann Polypropylen, Polyester, Polyvinylfluorid, Polyvinylchlorid oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann Polyamid, Polyimid, Aramid, Epoxid, ein durch Aufdampfung ausgebildeter anorganischer Film, Papier oder dergleichen verwendet werden.

[0205] Ein flexibles Substrat kann als Substrat verwendet werden, und das Licht emittierende Element kann direkt über dem flexiblen Substrat bereitgestellt werden. Eine Trennschicht kann zwischen dem Substrat und dem Licht emittierenden Element bereitgestellt werden. Die Trennschicht kann verwendet werden, wenn ein Teil des Licht emittierenden Elements oder das gesamte Licht emittierende Element, das über der Trenn-

schicht ausgebildet ist, fertig gestellt, von dem Substrat getrennt und auf ein anderes Substrat übertragen wird. In einem derartigen Fall kann das Licht emittierende Element auch auf ein Substrat mit geringer Wärmebeständigkeit oder auf ein flexibles Substrat übertragen werden. Für die vorstehende Trennschicht kann beispielsweise eine Schichtanordnung, die anorganische Filme, nämlich einen Wolframfilm und einen Siliziumoxidfilm, umfasst, oder ein Harzfilm aus Polyimid oder dergleichen verwendet werden, der über einem Substrat ausgebildet ist.

[0206] Mit anderen Worten: Nachdem das Licht emittierende Element unter Verwendung eines Substrats ausgebildet worden ist, kann das Licht emittierende Element auf ein anderes Substrat übertragen werden. Beispiele für ein Substrat, auf das das Licht emittierende Element übertragen wird, umfassen, zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Substraten, ein Zellglassubstrat, ein Steinsubstrat, ein Holzsubstrat, ein Stoffsubstrat (darunter auch eine Naturfaser (z. B. Seide, Baumwolle oder Hanf), eine Kunstfaser (z. B. Nylon, Polyurethan oder Polyester), eine Regeneratfaser (z. B. Acetat, Cupro, Viskose oder regenerierten Polyester) oder dergleichen), ein Ledersubstrat und ein Gummisubstrat. Wenn ein derartiges Substrat verwendet wird, kann ein Licht emittierendes Element mit hoher Beständigkeit, ein Licht emittierendes Element mit hoher Wärmebeständigkeit, ein leichtes, Licht emittierendes Element oder ein dünnes, Licht emittierendes Element erhalten werden.

[0207] Das Licht emittierende Element 150, das Licht emittierende Element 2250a und das Licht emittierende Element 2250b können jeweils beispielsweise über einer Elektrode, die elektrisch mit einem Feldeffekttransistor (field-effect transistor, FET) verbunden ist, der über einem der vorstehend beschriebenen Substrate ausgebildet ist, ausgebildet werden. Auf diese Weise kann eine Aktivmatrix-Anzeigevorrichtung hergestellt werden, in der der FET den Betrieb des Licht emittierenden Elements steuert.

[0208] Als Substrat 2220, über dem das optische Element ausgebildet ist, kann das oben beschriebene Substrat verwendet werden.

<<lichtundurchlässige Schicht>>

[0209] Die lichtundurchlässige Schicht 2223 weist eine Funktion zum Verringern der Reflexion von Außenlicht auf. Die lichtundurchlässige Schicht 2223 weist eine Funktion zum Verhindern einer Mischung von Licht auf, das von einem benachbarten Licht emittierenden Element emittiert wird. Als lichtundurchlässige Schicht 2223 kann ein Metall, ein Harz, das ein schwarzes Pigment enthält, Kohlen schwarz, ein Metalloxid, ein Verbundoxid, das eine feste Lösung aus einer Vielzahl von Metalloxiden enthält, oder dergleichen verwendet werden.

<<optisches Element>>

[0210] Die optischen Elemente 2224B, 2224G und 2224R weisen jeweils eine Funktion zum selektiven Durchlassen von Licht einer bestimmten Farbe des einfallenden Lichts auf. Beispielsweise handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 2222B über das optische Element 2224B emittiert wird, um blaues Licht, handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 2222G über das optische Element 2224G emittiert wird, um grünes Licht, und handelt es sich bei dem Licht, das von dem Bereich 2222R über das optische Element 2224R emittiert wird, um rotes Licht.

[0211] Beispielsweise kann eine Farbschicht (auch als Farbfilter bezeichnet), ein Bandpassfilter, ein Multilayer-Filter oder dergleichen für die optischen Elemente 2224R, 2224G und 2224B verwendet werden. Alternativ können Farbumwandlungselemente als optische Elemente verwendet werden. Ein Farbumwandlungselement ist ein optisches Element, das einfallendes Licht in Licht mit einer längeren Wellenlänge als das einfallende Licht umwandelt. Als Farbumwandlungselemente können Quantenpunktelemente vorteilhaft verwendet werden. Die Verwendung des Quantenpunktes kann die Farbproduzierbarkeit der Anzeigevorrichtung erhöhen.

[0212] Ein oder mehrere optische Element/e kann/können ferner über jedem der optischen Elemente 2224R, 2224G und 2224B angeordnet werden. Als weiteres optisches Element kann beispielsweise eine zirkular polarisierende Platte, ein Antireflexionsfilm oder dergleichen bereitgestellt werden. Eine zirkular polarisierende Platte, die auf der Seite bereitgestellt ist, auf der Licht, das von dem Licht emittierenden Element der Anzeigevorrichtung emittiert wird, entnommen wird, kann ein Phänomen verhindern, bei dem Licht, das von der Außenseite der Anzeigevorrichtung einfällt, in der Anzeigevorrichtung reflektiert und zurück nach außen geleitet wird. Ein Antireflexionsfilm kann Außenlicht, das von einer Oberfläche der Anzeigevorrichtung reflek-

tiert wird, schwächen. Dies führt zu einer eindeutigen Beobachtung von Licht, das von der Anzeigevorrichtung emittiert wird.

<<Trennwand>>

[0213] Die Trennwand 2145 weist eine isolierende Eigenschaft auf und wird unter Verwendung eines anorganischen oder organischen Materials ausgebildet. Beispiele für das anorganische Material umfassen Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid und Aluminiumnitrid. Beispiele für das organische Material umfassen lichtempfindliche Harzmaterialien, wie z. B. ein Acrylharz und ein Polyimidharz.

[0214] Es sei angemerkt, dass ein Siliziumoxynitridfilm einen Film meint, bei dem der Sauerstoffanteil höher ist als der Stickstoffanteil. Der Siliziumoxynitridfilm enthält vorzugsweise Sauerstoff, Stickstoff, Silizium und Wasserstoff in den jeweiligen Bereichen von 55 Atom-% bis 65 Atom-%, 1 Atom-% bis 20 Atom-%, 25 Atom-% bis 35 Atom-% und 0,1 Atom-% bis 10 Atom-%. Ein Siliziumnitridoxidfilm meint einen Film, bei dem der Stickstoffanteil höher ist als der Sauerstoffanteil. Der Siliziumnitridoxidfilm enthält vorzugsweise Stickstoff, Sauerstoff, Silizium und Wasserstoff in den jeweiligen Bereichen von 55 Atom-% bis 65 Atom-%, 1 Atom-% bis 20 Atom-%, 25 Atom-% bis 35 Atom-% und 0,1 Atom-% bis 10 Atom-%.

[0215] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen kombiniert werden.

(Ausführungsform 2)

[0216] Bei dieser Ausführungsform werden im Folgenden ein Licht emittierendes Element mit einer Struktur, die sich von derjenigen unterscheidet, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, sowie ein Lichtemissionsmechanismus des Licht emittierenden Elements anhand von **Fig. 3A** und **Fig. 3B** beschrieben. In **Fig. 3A** und **Fig. 3B** wird in einigen Fällen ein Abschnitt mit einer ähnlichen Funktion wie derjenige in **Fig. 1A** durch das gleiche Schraffurmuster wie in **Fig. 1A** dargestellt und nicht eigens mit einem Bezugszeichen versehen. Zudem werden gleiche Bezugszeichen für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und eine ausführliche Beschreibung der Abschnitte wird in einigen Fällen weggelassen.

<Strukturbeispiel 5 des Licht emittierenden Elements>

[0217] **Fig. 3A** und **Fig. 3B** sind schematische Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements 250 und eines Licht emittierenden Elements 252.

[0218] Die Licht emittierenden Elemente 250 und 252, die in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** dargestellt werden, umfassen jeweils eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten (eine Licht emittierende Einheit 106 und eine Licht emittierende Einheit 108 in **Fig. 3A** und **Fig. 3B**) zwischen dem Paar von Elektroden (der Elektrode 101 und der Elektrode 102). Es sei angemerkt, dass die Elektrode 101 als Anode dient und dass die Elektrode 102 als Kathode bei der folgenden Beschreibung der Licht emittierenden Elemente 250 und 252 dient; jedoch können die Funktionen bei dem Licht emittierenden Element 250 ausgetauscht werden.

[0219] In den Licht emittierenden Elementen 250 und 252, die in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** dargestellt werden, sind die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 übereinander angeordnet, und eine Ladungserzeugungsschicht 115 ist zwischen der Licht emittierenden Einheit 106 und der Licht emittierenden Einheit 108 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 die gleiche Struktur aufweisen können oder unterschiedliche Strukturen aufweisen können.

[0220] Die Licht emittierenden Elemente 250 und 252 umfassen jeweils eine Licht emittierende Schicht 140 und die Licht emittierende Schicht 170. Die Licht emittierende Einheit 106 umfasst neben der Licht emittierenden Schicht 170 die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 113 und eine Elektroneninjectionsschicht 114. Die Licht emittierende Einheit 108 umfasst neben der Licht emittierenden Schicht 140 eine Lochinjektionsschicht 116, eine Lochtransportschicht 119, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjectionsschicht 130.

[0221] Das Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und der organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar, das in Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, kann für die Elektroneninjektions-

schicht 114 und die Elektroneninjectionsschicht 130 in geeigneter Weise verwendet werden. Mit einer solchen Struktur kann ein hochzuverlässiges Licht emittierendes Element mit hoher Feuchtigkeitsbeständigkeit bereitgestellt werden, das mit einer niedrigen Spannung betrieben werden kann. Darüber hinaus kann die Ladungserzeugungsschicht 160 zwischen der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektrode 102 wie in dem in **Fig. 3B** dargestellten Licht emittierenden Element 252 bereitgestellt sein. Mit der Struktur kann die Feuchtigkeitsbeständigkeit und die Oxidationsbeständigkeit des Elements weiter verbessert werden.

[0222] Jede der Ladungserzeugungsschichten 115 und 160 kann, wie vorstehend beschrieben, entweder eine Struktur, bei der einem Lochtransportmaterial eine Akzeptorsubstanz, d. h. ein Elektronenakzeptor, zugesetzt ist, oder eine Struktur aufweisen, bei der einem Elektronentransportmaterial eine Donatorsubstanz, d. h. ein Elektronendonator, zugesetzt ist. Alternativ können beide dieser Strukturen übereinander angeordnet sein. Mit der Struktur kann auf einfache Weise ein Licht emittierendes Element mit hoher Feuchtigkeitsbeständigkeit hergestellt werden.

[0223] In den Licht emittierenden Elementen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können die Ladungserzeugungsschichten 115 und 160 unter Verwendung des gleichen Materials ausgebildet werden. So können beispielsweise die Ladungserzeugungsschichten 115 und 160 unter Verwendung des gleichen Lochtransportmaterials und des gleichen Akzeptormaterials ausgebildet werden. Mit der Struktur kann auf einfache Weise ein Licht emittierendes Element mit hoher Feuchtigkeitsbeständigkeit hergestellt werden.

[0224] Die Ladungserzeugungsschicht 115, die zwischen der Licht emittierenden Einheit 106 und der Licht emittierenden Einheit 108 bereitgestellt ist, kann eine beliebige Struktur aufweisen, solange Elektronen in die Licht emittierende Einheit auf einer Seite injiziert werden können und Löcher in die Licht emittierende Einheit auf der anderen Seite injiziert werden können, wenn eine Spannung zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 angelegt wird. Zum Beispiel injiziert in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** die Ladungserzeugungsschicht 115 Elektronen in die Licht emittierende Einheit 106 und Löcher in die Licht emittierende Einheit 108, wenn eine Spannung derart angelegt wird, dass das Potential der Elektrode 101 höher ist als dasjenige der Elektrode 102.

[0225] Das Licht emittierende Element, das zwei Licht emittierende Einheiten aufweist, ist anhand von **Fig. 3A** und **Fig. 3B** beschrieben worden; jedoch kann eine ähnliche Struktur auch auf ein Licht emittierendes Element angewandt werden, bei dem drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind. Durch eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die von der Ladungserzeugungsschicht getrennt werden, zwischen einem Paar von Elektroden kann, genauso wie bei dem Licht emittierenden Element 250, ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das Licht mit hoher Leuchtdichte emittieren kann, wobei die Stromdichte niedrig gehalten wird, und eine lange Lebensdauer aufweist. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann ebenfalls bereitgestellt werden.

[0226] Es sei angemerkt, dass bei jeder der vorstehend beschriebenen Strukturen die Emissionsfarben der Gastmaterialien, die in der Licht emittierenden Einheit 106 und der Licht emittierenden Einheit 108 verwendet werden, gleich oder unterschiedlich sein können. In dem Fall, in dem Gastmaterialien, die Licht der gleichen Farbe emittieren, für die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 verwendet werden, können die Licht emittierenden Elemente 250 und 252 eine hohe Emissionsleuchtdichte bei einem kleinen Stromwert aufweisen, was vorzuziehen ist. In dem Fall, in dem Gastmaterialien, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren, für die Licht emittierende Einheit 106 und die Licht emittierende Einheit 108 verwendet werden, kann das Licht emittierende Element 250 eine mehrfarbige Lichtemission aufweisen, was vorzuziehen ist. In diesem Fall emittiert dann, wenn eine Vielzahl von Licht emittierenden Materialien mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen in einer oder beiden der Licht emittierenden Schichten 140 und 170 verwendet wird, das Licht emittierende Element 250 Licht, das durch Synthetisieren von Lichtern mit unterschiedlichen Emissionspeaks erhalten wird. Das heißt: Das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 250 weist mindestens zwei Peaks auf.

[0227] Die vorstehende Struktur ist ebenfalls dazu geeignet, eine weiße Lichtemission zu erhalten. Wenn die Licht emittierende Schicht 140 und die Licht emittierende Schicht 170 Licht von Komplementärfarben emittieren, kann eine weiße Lichtemission erhalten werden. Vorzugsweise werden die Gastmaterialien insbesondere derart ausgewählt, dass eine weiße Lichtemission mit hohen Farbwiedergabeeigenschaften oder Lichtemission von mindestens Rot, Grün und Blau erhalten werden kann.

[0228] Es sei angemerkt, dass bei Verwendung eines Licht emittierenden Elements, in dem drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind, die Emissionsfarben der in den Licht emittieren-

den Einheiten verwendeten Gastmaterialien gleich oder unterschiedlich sein können. Für den Fall, dass ein Licht emittierendes Element Licht emittierende Einheiten beinhaltet, die die gleiche Emissionsfarbe aufweisen, kann die Emissionsfarbe der Licht emittierenden Einheiten bei einem kleineren Stromwert eine höhere Lichtemissionsleuchtdichte aufweisen als eine andere Emissionsfarbe einer Licht emittierenden Einheit. Eine solche Struktur kann geeignet genutzt werden, um Lichtemissionsfarben einzustellen. Die Struktur eignet sich besonders gut, wenn Gastmaterialien mit unterschiedlicher Emissionseffizienz und unterschiedlichen Emissionsfarben verwendet werden. Wenn beispielsweise das Licht emittierende Element drei Schichten von Licht emittierenden Einheiten beinhaltet, sind die Licht emittierenden Einheiten zwei Licht emittierende Einheiten, die eine fluoreszierende Verbindung beinhalten und Licht derselben Farbe emittieren, und eine Licht emittierende Einheit, die eine phosphoreszierende Verbindung beinhalten und Licht einer anderen Farbe als die Farbe der fluoreszierenden Verbindung emittiert, wobei in diesem Fall die Intensität der Fluoreszenz und der Phosphoreszenz eingestellt werden kann. Das heißt, die Emissionsintensität des Lichts jeder Farbe kann durch die Anzahl der Licht emittierenden Einheiten eingestellt werden.

[0229] Wenn das Licht emittierende Element zwei Schichten von Fluoreszenz emittierenden Einheiten und eine Schicht einer Phosphoreszenz emittierenden Einheit beinhaltet, sind die bevorzugten Kombinationen der emittierenden Einheiten wie folgt: eine Kombination der zwei Schichten von Fluoreszenz emittierenden Einheiten, die eine blaue fluoreszierende Verbindung beinhalten, und der einen Schicht der phosphoreszierenden Einheit, die eine gelbe Phosphoreszenz emittierende Verbindung beinhalten; eine Kombination der zwei Schichten von Fluoreszenz emittierenden Einheiten, die eine blaue fluoreszierende Verbindung beinhalten, und der einen Schicht der Phosphoreszenz emittierenden Einheit, die eine rote phosphoreszierende Verbindung und eine grüne phosphoreszierende Verbindung beinhalten; und eine Kombination der zwei Schichten von Fluoreszenz emittierenden Einheiten, die eine blaue fluoreszierende Verbindung beinhalten, und der einen Schicht der phosphoreszierenden Einheit, die eine rote Phosphoreszenz emittierende Verbindung, eine gelbe phosphoreszierende Verbindung und eine grüne phosphoreszierende Verbindung beinhalten. Die Kombinationen sind vorzuziehen, da sie eine effiziente Weißlicht-Emission ermöglichen.

[0230] Mindestens eine der Licht emittierenden Schichten 140 und 170 kann ferner in Schichten unterteilt sein, und die geteilten Schichten können unterschiedliche Licht emittierende Materialien aufweisen. Das heißt: Mindestens eine der Licht emittierenden Schichten 140 und 170 kann aus zwei oder mehr Schichten bestehen. Beispielsweise wird in dem Fall, in dem die Licht emittierende Schicht ausgebildet wird, indem eine erste Licht emittierende Schicht und eine zweite Licht emittierende Schicht in dieser Reihenfolge von der Lochtransportschichtseite aus übereinander angeordnet werden, die erste Licht emittierende Schicht unter Verwendung eines Materials mit einer Lochtransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet und wird die zweite Licht emittierende Schicht unter Verwendung eines Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft als Wirtsmaterial ausgebildet. In diesem Fall kann ein Licht emittierendes Material, das in der ersten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, einem Licht emittierenden Material, das in der zweiten Licht emittierenden Schicht enthalten ist, gleichen oder sich von ihm unterscheiden. Außerdem können die Materialien Funktionen zum Emittieren von Licht der gleichen Farbe oder Licht unterschiedlicher Farben aufweisen. Eine weiße Lichtemission mit einer hohen Farbwiedergabeeigenschaft, die aus drei Primärfarben oder vier oder mehr Farben gebildet wird, kann erhalten werden, indem eine Vielzahl von Licht emittierenden Materialien verwendet wird, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren.

[0231] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Einheiten 106 und 108 sowie die Ladungserzeugungsschicht 115 durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, Tiefdruck oder dergleichen ausgebildet werden können.

[0232] Es sei angemerkt, dass die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur nach Bedarf mit einer der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 3)

[0233] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele einer Licht emittierenden Vorrichtung, bei der das bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Element verwendet wird, unter Bezugnahme auf **Fig. 4A** und **Fig. 4B**, **Fig. 5A** und **Fig. 5B** sowie **Fig. 6** beschrieben.

[0234] **Fig. 4A** ist eine Draufsicht auf die Licht emittierende Vorrichtung, und **Fig. 4B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linien A-B und C-D in **Fig. 4A**. Die Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet einen Treiberschaltungsabschnitt (Sourceseiten-Treiberschaltung) 601, einen Pixelabschnitt 602 und einen Treiberschaltungsabschnitt (Gateseiten-Treiberschaltung) 603, welche die Lichtemission eines Licht emittierenden

Elements steuern und durch gepunktete Linien dargestellt sind. Des Weiteren bezeichnet ein Bezugszeichen 604 ein Dichtungssubstrat, ein Bezugszeichen 625 ein Trocknungsmittel und ein Bezugszeichen 605 ein Dichtungsmaterial. Ein Abschnitt, der von dem Dichtungsmaterial 605 umgeben ist, ist ein Raum 607.

[0235] Es sei angemerkt, dass eine Anschlussleitung 608 eine Leitung zum Senden von Signalen, die in die Sourceseiten-Treiberschaltung 601 und die Gateseiten-Treiberschaltung 603 einzugeben sind, und zum Empfangen von einem Videosignal, einem Taktsignal, einem Startsignal, einem Rücksetzsignal und dergleichen von einer als externer Eingangsanschluss dienenden flexiblen gedruckten Schaltung (flexible printed circuit; FPC) 609 ist. Obwohl hier nur die FPC dargestellt wird, kann eine gedruckte Leiterplatte (printed wiring board, PWB) an der FPC befestigt werden. Die Licht emittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung umfasst in ihrer Kategorie nicht nur die Licht emittierende Vorrichtung an sich, sondern auch die Licht emittierende Vorrichtung, die mit der FPC oder der PWB versehen ist.

[0236] Als Nächstes wird eine Querschnittsstruktur der Licht emittierenden Vorrichtung anhand von **Fig. 4B** beschrieben. Der Treiberschaltungsabschnitt und der Pixelabschnitt sind über einem Elementsubstrat 610 ausgebildet. Hier werden die Sourceseiten-Treiberschaltung 601, die der Treiberschaltungsabschnitt ist, und ein Pixel des Pixelabschnitts 602 dargestellt.

[0237] In der Sourceseiten-Treiberschaltung 601 wird eine CMOS-Schaltung ausgebildet, in der ein n-Kanal-TFT 623 und ein p-Kanal-TFT 624 kombiniert werden. Die Treiberschaltung kann unter Verwendung verschiedener Schaltungen, wie z. B. einer CMOS-Schaltung, einer PMOS-Schaltung oder einer NMOS-Schaltung ausgebildet werden. Zudem wird bei dieser Ausführungsform ein treiberintegrierter Typ beschrieben, bei dem die Treiberschaltung über dem Substrat ausgebildet ist; jedoch muss die Treiberschaltung nicht notwendigerweise über dem Substrat ausgebildet sein und kann außerhalb des Substrats ausgebildet sein.

[0238] Der Pixelabschnitt 602 beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln mit einem Schalt-TFT 611, einem Stromsteuer-TFT 612 und einer ersten Elektrode 613, die elektrisch mit einem Drain des Stromsteuer-TFT 612 verbunden ist. Es sei angemerkt, dass ein Isolator 614 ausgebildet ist, um einen Endabschnitt der ersten Elektrode 613 zu bedecken. Der Isolator 614 kann unter Verwendung eines positiven lichtempfindlichen Harzfilm ausgebildet werden.

[0239] Um die Abdeckung mit einem Film, der über dem Isolator 614 ausgebildet wird, zu verbessern, wird der Isolator 614 derart ausgebildet, dass er eine gekrümmte Oberfläche mit einer Krümmung an seinem oberen oder unteren Endabschnitt aufweist. Beispielsweise weist in dem Fall, in dem ein lichtempfindliches Acryl für ein Material des Isolators 614 verwendet wird, vorzugsweise nur der obere Endabschnitt des Isolators 614 eine gekrümmte Oberfläche auf. Der Krümmungsradius der gekrümmten Oberfläche ist vorzugsweise größer als oder gleich $0,2\ \mu\text{m}$ und kleiner als oder gleich $0,3\ \mu\text{m}$. Als Isolator 614 kann entweder ein negatives lichtempfindliches Material oder ein positives lichtempfindliches Material verwendet werden.

[0240] Eine EL-Schicht 616 und eine zweite Elektrode 617 sind über der ersten Elektrode 613 ausgebildet. Als Material für die erste Elektrode 613, die als Anode dient, wird vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit verwendet. Beispielsweise kann ein einschichtiger Film aus einem ITO-Film, einem Indiumzinnoxidfilm enthaltend Silizium, einem Indiumoxidfilm enthaltend 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid, einem Titanitridfilm, einem Chromfilm, einem Wolframfilm, einem Zn-Film, einem Pt-Film oder dergleichen, eine Schichtanordnung aus einem Titanitridfilm und einem Film, der Aluminium als seine Hauptkomponente enthält, eine Schichtanordnung aus drei Schichten, nämlich einem Titanitridfilm, einem Film, der Aluminium als seine Hauptkomponente enthält, und einem Titanitridfilm, oder dergleichen verwendet werden. Die mehrschichtige Struktur ermöglicht einen niedrigen Leitungswiderstand, einen guten ohmschen Kontakt und eine Funktion als Anode.

[0241] Die EL-Schicht 616 wird durch eines von verschiedenen Verfahren ausgebildet, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren, bei dem eine Verdampfungsmaske verwendet wird, ein Tintenstrahlverfahren und ein Rotationsbeschichtungsverfahren. Als weiteres Material, das in der EL-Schicht 616 enthalten ist, kann eine niedermolekulare Verbindung oder eine hochmolekulare Verbindung (darunter auch ein Oligomer oder ein Dendrimer) verwendet werden.

[0242] Als Material für die zweite Elektrode 617, die über der EL-Schicht 616 ausgebildet ist und als Kathode dient, wird vorzugsweise ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit (z. B. Al) verwendet. Wenn in der EL-Schicht 616 erzeugtes Licht durch die zweite Elektrode 617 geleitet wird, wird für die zweite Elektrode 617 vorzugsweise eine Schichtanordnung aus einem dünnen Metallfilm und einem durchsichtigen leitenden Film

(z. B. ITO, Indiumoxid enthaltend 2 Gew.-% oder mehr und 20 Gew.-% oder weniger Zinkoxid, Indiumzinnoxid enthaltend Silizium oder Zinkoxid (ZnO)) verwendet.

[0243] Es sei angemerkt, dass das Licht emittierende Element 618 von der ersten Elektrode 613, der EL-Schicht 616 und der zweiten Elektrode 617 gebildet wird. Das Licht emittierende Element 618 weist vorzugsweise die bei der Ausführungsform 1 und der Ausführungsform 2 beschriebene Struktur auf. Bei der Licht emittierenden Vorrichtung dieser Ausführungsform kann der Pixelabschnitt, der eine Vielzahl von Licht emittierenden Elementen beinhaltet, sowohl das Licht emittierende Element mit der bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 2 beschriebenen Struktur als auch ein Licht emittierendes Element mit einer anderen Struktur enthalten.

[0244] Das Dichtungssubstrat 604 wird mit dem Dichtungsmittel 605 an dem Elementsubstrat 610 befestigt, so dass das Licht emittierende Element 618 in dem Raum 607 bereitgestellt ist, der von dem Elementsubstrat 610, dem Dichtungssubstrat 604 und dem Dichtungsmittel 605 umschlossen ist. Der Raum 607 ist mit einem Füllstoff gefüllt. Der Füllstoff kann ein Inertgas (wie z. B. Stickstoff oder Argon) oder ein Harz und/oder ein Trockenmittel sein.

[0245] Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise für das Dichtungsmittel 605 verwendet. Außerdem handelt es sich bei diesen Materialien vorzugsweise um Materialien, die möglichst wenig Feuchtigkeit oder Sauerstoff durchlassen. Als Dichtungssubstrat 604 kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat aus faserverstärktem Kunststoff (fiber reinforced plastic, FRP), Poly(vinylfluorid) (PVF), Polyester, Acryl oder dergleichen verwendet werden.

[0246] Wie oben beschrieben, kann die Licht emittierende Vorrichtung, die das in den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Element beinhaltet, erhalten werden.

<Strukturbeispiel 1 für Licht emittierende Vorrichtung>

[0247] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** zeigen jeweils als ein Beispiel für eine Licht emittierende Vorrichtung eine Licht emittierende Vorrichtung, die ein Licht emittierendes Element, das weißes Licht emittiert, und eine Farbschicht (einen Farbfilter) beinhaltet.

[0248] **Fig. 5A** stellt ein Substrat 1001, einen Basis-Isolierfilm 1002, einen Gate-Isolierfilm 1003, Gate-Elektroden 1006, 1007 und 1008, einen ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020, einen zweiten Zwischenschicht-Isolierfilm 1021, einen Peripherieabschnitt 1042, einen Pixelabschnitt 1040, einen Treiberschaltungsabschnitt 1041, erste Elektroden 1024W, 1024R, 1024G und 1024B von Licht emittierenden Elementen, eine Trennwand 1026, eine EL-Schicht 1028, eine zweite Elektrode 1029 der Licht emittierenden Elemente, ein Dichtungssubstrat 1031, ein Dichtungsmittel 1032 und dergleichen dar.

[0249] In **Fig. 5A** und **Fig. 5B** sind ferner Farbschichten (eine rote Farbschicht 1034R, eine grüne Farbschicht 1034G und eine blaue Farbschicht 1034B) an einem durchsichtigen Basismaterial 1033 bereitgestellt. Zusätzlich kann eine schwarze Schicht (Schwarzmatrix) 1035 bereitgestellt werden. Das durchsichtige Basismaterial 1033, das mit den Farbschichten und der schwarzen Schicht versehen ist, ist an dem Substrat 1001 positioniert und befestigt. Es sei angemerkt, dass die Farbschichten und die schwarze Schicht mit einer Abdeckungsschicht 1036 bedeckt sind. In **Fig. 5A** passiert Licht, das von einigen der Licht emittierenden Schichten emittiert wird, nicht die Farbschichten, während Licht, das von den anderen der Licht emittierenden Schichten emittiert wird, die Farbschichten passiert. Da das die Farbschichten nicht passierende Licht weiß ist und das eine der Farbschichten passierende Licht rot, blau oder grün ist, kann ein Bild unter Verwendung von Pixeln der vier Farben angezeigt werden.

[0250] **Fig. 5B** stellt ein Beispiel dar, in dem die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B zwischen dem Gate-Isolierfilm 1003 und dem ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020 ausgebildet sind. Wie in **Fig. 5B** gezeigt, können die Farbschichten zwischen dem Substrat 1001 und dem Dichtungssubstrat 1031 bereitgestellt sein.

[0251] Die oben beschriebene Licht emittierende Vorrichtung weist eine Struktur auf, bei der Licht von der Seite des Substrats 1001 entnommen wird, wo die TFTs ausgebildet sind (Bottom-Emission-Struktur), aber sie kann auch eine Struktur aufweisen, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats 1031 entnommen wird (Top-Emission-Struktur).

<Strukturbeispiel 2 der Licht emittierenden Vorrichtung>

[0252] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht einer Licht emittierenden Vorrichtung mit Top-Emission-Struktur. In diesem Fall kann ein Substrat, das kein Licht durchlässt, als Substrat 1001 verwendet werden. Der Prozess bis zum Schritt zum Ausbilden einer Verbindungselektrode, die den TFT und die Anode des Licht emittierenden Elements verbindet, wird auf eine Weise durchgeführt werden, die derjenigen der Licht emittierenden Vorrichtung mit einer Bottom-Emission-Struktur ähnlich ist. Ein dritter Zwischenschicht-Isolierfilm 1037 wird dann ausgebildet, um eine Elektrode 1022 zu bedecken. Dieser isolierende Film kann eine Ebnungsfunktion aufweisen. Der dritte Zwischenschicht-Isolierfilm 1037 kann unter Verwendung eines Materials, das demjenigen des zweiten Zwischenschicht-Isolierfilms 1021 ähnlich ist, oder unter Verwendung anderer verschiedener Materialien ausgebildet werden.

[0253] Die ersten unteren Elektroden 1025W, 1025R, 1025G und 1025B der Licht emittierenden Elemente dienen hier zwar als Anoden, aber sie können auch als Kathoden dienen. Außerdem handelt es sich im Falle der Licht emittierenden Vorrichtung mit Top-Emission-Struktur, wie in Fig. 6 gezeigt, bei den unteren Elektroden 1025W, 1025R, 1025G und 1025B vorzugsweise um reflektierende Elektroden. Es sei angemerkt, dass die zweite Elektrode 1029 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht und eine Funktion zum Durchlassen von Licht aufweist. Es ist vorzuziehen, dass zwischen der zweiten Elektrode 1029 und den unteren Elektroden 1025W, 1025R, 1025G und 1025B eine Mikrokavitätsstruktur verwendet wird, wobei in diesem Fall Licht mit einer bestimmten Wellenlänge verstärkt wird. Die EL-Schicht 1028 wird mit einer Struktur ausgebildet, die der bei der Ausführungsform 2 beschriebenen Struktur ähnlich ist, wodurch eine Weißlichtemission erhalten werden kann.

[0254] In Fig. 5A und Fig. 5B und Fig. 6 kann die Struktur der EL-Schicht zum Bereitstellen von einer Weißlichtemission durch z. B. Verwenden einer Vielzahl von Licht emittierenden Schichten oder einer Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten erzielt werden. Es sei angemerkt, dass die Struktur zum Bereitstellen von einer Weißlichtemission nicht auf das Vorstehende beschränkt ist.

[0255] Bei einer Top-Emission-Struktur wie in Fig. 6 kann das Abdichten mit dem Dichtungssubstrat 1031 durchgeführt werden, an dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) bereitgestellt sind. Das Dichtungssubstrat 1031 kann mit der schwarzen Schicht (Schwarzmatrix) 1030 versehen sein, die zwischen Pixeln positioniert ist. Die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) und die schwarze Schicht (Schwarzmatrix) können mit der Abdeckungsschicht bedeckt sein. Es sei angemerkt, dass ein lichtdurchlässiges Substrat als Dichtungssubstrat 1031 verwendet wird.

[0256] Obwohl hier ein Beispiel gezeigt wird, in dem eine Vollfarbanzeige unter Verwendung von vier Farben, nämlich Rot, Grün, Blau und Weiß, durchgeführt wird, gibt es keine besondere Beschränkung, und eine Vollfarbanzeige kann unter Verwendung von drei Farben, nämlich Rot, Grün und Blau, oder vier Farben, nämlich Rot, Grün, Blau und Gelb, durchgeführt werden.

[0257] Wie oben beschrieben, kann die Licht emittierende Vorrichtung, die das in den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Element beinhaltet, erhalten werden.

[0258] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen angemessen kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 4)

[0259] Bei dieser Ausführungsform wird ein Transistor, der in einer Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, unter Bezug auf Fig. 7A bis 7G beschrieben.

[0260] Ein in Fig. 7A gezeigter Transistor ist ein sogenannter kanalgeätzter Bottom-Gate-Transistor. Der Transistor umfasst über einem Substrat 411 eine leitende Schicht 431, die als Gate-Elektrode dient, eine Isolierschicht 434, die als Gate-Isolierschicht dient, eine Halbleiterschicht 432 sowie ein Paar leitender Schichten 433a und 433b, die als Source-Elektrode und Drain-Elektrode dienen. Ein Bereich der Halbleiterschicht 432, der sich mit der leitenden Schicht 431 überlappt, dient als Kanalbildungsbereich. Die Halbleiterschicht 432 ist mit der leitenden Schicht 433a und der leitenden Schicht 433b verbunden.

[0261] Der Transistor, der in **Fig. 7A** gezeigt wird, umfasst ein Paar von Verunreinigungshalbleiterschichten 435, die als Source-Bereich und Drain-Bereich dienen. Die Verunreinigungshalbleiterschichten 435 sind zwischen der Halbleiterschicht 432 und der leitenden Schicht 433a sowie zwischen der Halbleiterschicht 432 und der leitenden Schicht 433b bereitgestellt. Die Halbleiterschicht 432 und die Verunreinigungshalbleiterschichten 435 sind derart bereitgestellt, dass sie in Kontakt miteinander sind. Die Verunreinigungshalbleiterschicht 435 ist derart bereitgestellt, dass sie in Kontakt mit der leitenden Schicht 433a oder der leitenden Schicht 433b ist.

[0262] So kann beispielsweise ein Halbleiter, der Silizium enthält, als Halbleiterschicht 432 verwendet werden. Als Halbleiter, der Silizium enthält, kann beispielsweise hydriertes amorphes Silizium, mikrokristallines Silizium oder polykristallines Silizium verwendet werden. Insbesondere wird vorzugsweise hydriertes amorphes Silizium verwendet, da es über einem großen Substrat mit hoher Ausbeute ausgebildet werden kann. Die Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Bild auch mit einem Transistor vorteilhaft anzeigen, der amorphes Silizium enthält, das eine relativ geringe Feldeffektmobilität aufweist.

[0263] Für die Halbleiterschicht 432 kann eine organische Substanz verwendet werden. So kann beispielsweise das oben beschriebene Elektronentransportmaterial oder Lochtransportmaterial als organische Substanz verwendet werden. Darüber hinaus kann eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Polythiophen, Polyparaphenylenvinyl oder Polydiacetylen, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass die organische Substanz nicht darauf beschränkt ist.

[0264] Der Verunreinigungshalbleiterfilm, der die Verunreinigungshalbleiterschicht 435 bildet, wird unter Verwendung eines Halbleiters ausgebildet, dem ein Verunreinigungselement zugesetzt worden ist, das einen Leitfähigkeitstyp verleiht. In dem Fall, in dem der Transistor n-Kanal-Transistor ist, kann als Halbleiter, dem ein Verunreinigungselement zugesetzt worden ist, das einen Leitfähigkeitstyp verleiht, beispielsweise Silizium, dem P oder As zugesetzt worden ist, angegeben werden. Wenn der Transistor beispielsweise ein p-Kanal-Transistor ist, ist es möglich, B als Verunreinigungselement hinzuzufügen, das einen Leitfähigkeitstyp verleiht; es wird jedoch vorzugsweise ein n-Kanal-Transistor verwendet. Es sei angemerkt, dass die Verunreinigungshalbleiterschicht unter Verwendung eines amorphen Halbleiters oder unter Verwendung eines kristallinen Halbleiters, wie z. B. eines mikrokristallinen Halbleiters, ausgebildet werden kann. Es sei angemerkt, dass das Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und der organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar, das in Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, für die Verunreinigungshalbleiterschicht 435 geeignet verwendet werden kann.

[0265] Ein Transistor, der in **Fig. 7B** gezeigt wird, umfasst zwischen der Halbleiterschicht 432 und der Verunreinigungshalbleiterschicht 435 eine Halbleiterschicht 437.

[0266] Die Halbleiterschicht 437 kann unter Verwendung des gleichen Halbleiterfilms wie die Halbleiterschicht 432 ausgebildet werden. Die Halbleiterschicht 437 kann als Ätzstopper dienen, um zu verhindern, dass die Halbleiterschicht 432 beim Ätzen der Verunreinigungshalbleiterschicht 435 entfernt wird. Obwohl **Fig. 7A** ein Beispiel darstellt, in dem die Halbleiterschicht 37 in einen rechten und einen linken Abschnitt unterteilt ist, kann ein Teil der Halbleiterschicht 437 einen Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht 432 bedecken.

[0267] Darüber hinaus kann die Konzentration einer Verunreinigung in der Halbleiterschicht 437 niedriger als die in der Verunreinigungshalbleiterschicht 435 sein. Somit kann die Halbleiterschicht 437 als leicht dotierter Drain- (LDD) Bereich dienen und eine Hot-Carrier-Degradation unterdrücken, wenn der Transistor angesteuert wird.

[0268] In einem in **Fig. 7C** gezeigten Transistor ist über einem Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht 432 eine Isolierschicht 484 bereitgestellt. Die Isolierschicht 484 dient zum Zeitpunkt des Ätzens der Verunreinigungshalbleiterschicht 435 als Ätzstopper.

[0269] Ein in **Fig. 7D** gezeigter Transistor beinhaltet eine Halbleiterschicht 432p anstelle der Halbleiterschicht 432. Die Halbleiterschicht 432p beinhaltet einen Halbleiterfilm mit hoher Kristallinität. So beinhaltet beispielsweise die Halbleiterschicht 432p einen polykristallinen Halbleiter oder einen einkristallinen Halbleiter. Somit kann ein Transistor mit hoher Feldeffektmobilität bereitgestellt werden.

[0270] Ein in **Fig. 7E** gezeigter Transistor beinhaltet die Halbleiterschicht 432p in einem Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht 432. So kann beispielsweise der in **Fig. 7E** gezeigte Transistor durch Bestrahlung eines Halbleiterfilms, der zur Halbleiterschicht 432 wird, mit Laserlicht oder dergleichen ausgebildet werden, so dass der Halbleiterfilm lokal kristallisiert wird. Somit kann ein Transistor mit hoher Feldeffektmobilität bereitgestellt werden.

[0271] Ein in **Fig. 7F** gezeigter Transistor beinhaltet die Halbleiterschicht 432p mit Kristallinität in einem Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht 432 des in **Fig. 7B** gezeigten Transistors.

[0272] Ein in **Fig. 7G** gezeigter Transistor beinhaltet die Halbleiterschicht 432p mit Kristallinität in einem Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht 432 des in **Fig. 7C** dargestellten Transistors.

[0273] Nachfolgend werden Komponenten des Transistors im Detail beschrieben.

[0274] Die Transistoren beinhalten jeweils eine leitende Schicht, die als Gate-Elektrode dient, die Halbleiterschicht, eine leitende Schicht, die als Source-Elektrode dient, eine leitende Schicht, die als Drain-Elektrode dient, und eine Isolierschicht, die als Gate-Isolierschicht dient.

[0275] Es sei angemerkt, dass es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Struktur des Transistors gibt, der in der Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist. Beispielsweise kann ein Planartransistor, ein Staggered-Transistor oder ein Inverted-Staggered-Transistor verwendet werden. Es kann ein Top-Gate-Transistor oder ein Bottom-Gate-Transistor verwendet werden. Gate-Elektroden können über und unter einem Kanal bereitgestellt werden.

[0276] Es gibt keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Kristallinität eines Halbleitermaterials, das für die Transistoren verwendet wird, und ein amorpher Halbleiter oder ein Halbleiter mit Kristallinität (ein mikrokristalliner Halbleiter, ein polykristalliner Halbleiter, ein einkristalliner Halbleiter oder ein Halbleiter, der teilweise Kristallbereiche enthält) kann verwendet werden. Vorzugsweise wird ein Halbleiter mit Kristallinität verwendet, wobei in diesem Falle eine Verschlechterung der Transistoreigenschaften unterdrückt werden kann.

[0277] So kann beispielsweise Silizium als Halbleiter verwendet werden, in dem ein Kanal des Transistors gebildet wird. Als Silizium wird besonders vorzugsweise amorphes Silizium verwendet. Unter Verwendung von amorphem Silizium kann ein Transistor über einem großen Substrat mit hoher Ausbeute ausgebildet werden, was zu einer hohen Massenproduktivität führt.

[0278] Darüber hinaus kann Silizium mit Kristallinität, wie z. B. mikrokristallines Silizium, polykristallines Silizium oder einkristallines Silizium, verwendet werden. Insbesondere kann polykristallines Silizium bei einer niedrigeren Temperatur als einkristallines Silizium ausgebildet werden, und es weist eine höhere Feldeffektmobilität und eine höhere Zuverlässigkeit auf als amorphes Silizium.

[0279] Der Bottom-Gate-Transistor, der bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, wird bevorzugt, da die Anzahl von Herstellungsschritten verringert werden kann. Wenn amorphes Silizium, das bei einer niedrigeren Temperatur ausgebildet werden kann als polykristallines Silizium, für die Halbleiterschicht verwendet wird, können auch Materialien mit geringer Wärmebeständigkeit für eine Leitung, eine Elektrode oder ein Substrat unter der Halbleiterschicht verwendet werden, was zu einer größeren Auswahl an Materialien führt. Beispielsweise kann ein sehr großes Glassubstrat vorteilhaft verwendet werden. Andererseits wird der Top-Gate-Transistor bevorzugt, da sich ein Verunreinigungsbereich leicht selbstjustiert bildet und Schwankungen der Eigenschaften verringert werden können. In einigen Fällen ist der Top-Gate-Transistor besonders vorzuziehen, wenn polykristallines Silizium, einkristallines Silizium oder dergleichen zum Einsatz kommt.

<<Substrat>>

[0280] Es gibt keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Eigenschaft eines Materials und dergleichen des Substrats 411, solange das Material eine Wärmebeständigkeit aufweist, die ausreicht, um zumindest einer späteren Wärmebehandlung standzuhalten. Beispielsweise kann ein Glassubstrat, ein Keramiksubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Saphirsubstrat oder dergleichen als Substrat 411 verwendet werden. Alternativ kann ein einkristallines Halbleitersubstrat oder ein polykristallines Halbleitersubstrat aus Silizium oder Siliziumkarbid, ein Verbund-Halbleitersubstrat aus Siliziumgermanium oder dergleichen, ein SOI- (silicon on insulator, Silizium auf Isolator) Substrat oder dergleichen als das Substrat 411 verwendet werden, oder es kann ein beliebiges dieser Substrate, das mit einem Halbleiterelement versehen ist, als Substrat 411 verwendet wer-

den. In dem Fall, in dem ein Glassubstrat als Substrat 411 verwendet wird, kann ein großes Glassubstrat mit einer der folgenden Größen verwendet werden: die sechste Generation (1500 mm × 1850 mm), die siebte Generation (1870 mm × 2200 mm), die achte Generation (2200 mm × 2400 mm), die neunte Generation (2400 mm × 2800 mm) und die zehnte Generation (2950 mm × 3400 mm). Folglich kann eine große Anzeigevorrichtung hergestellt werden. Ein derartig großes Substrat wird vorzugsweise verwendet, da dadurch die Herstellungskosten verringert werden können.

[0281] Alternativ kann auch ein flexibles Substrat als Substrat 411 verwendet werden, und der Transistor kann direkt auf dem flexiblen Substrat bereitgestellt werden. Eine Trennschicht kann zwischen dem Substrat 411 und dem Transistor bereitgestellt werden. Die Trennschicht kann verwendet werden, wenn ein Teil des oder der gesamte Transistor, der über der Trennschicht ausgebildet ist, fertig gestellt, von dem Substrat 411 getrennt und auf ein anderes Substrat übertragen wird. In einem solchen Fall kann der Transistor auch auf ein Substrat mit geringer Wärmebeständigkeit oder auf ein flexibles Substrat übertragen werden.

<<Leitende Schicht>>

[0282] Als Materialien für ein Gate, eine Source und einen Drain eines Transistors können beliebige Metalle, wie z. B. Aluminium, Titan, Chrom, Nickel, Kupfer, Yttrium, Zirkonium, Molybdän, Silber, Tantal und Wolfram, oder eine Legierung, die ein beliebiges dieser Metalle als ihre Hauptkomponenten enthält, verwendet werden. Eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur aus einem Film, der ein beliebiges dieser Materialien enthält, kann verwendet werden. Beispielsweise können die folgenden Strukturen angegeben werden: eine einschichtige Struktur eines Silizium enthaltenden Aluminiumfilms, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Aluminiumfilm über einem Titanfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Aluminiumfilm über einem Wolframfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Kupferfilm über einem Kupfer-Magnesium-Aluminium-Legierungsfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Kupferfilm über einem Titanfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Kupferfilm über einem Wolframfilm angeordnet ist, eine dreischichtige Struktur, bei der ein Titanfilm oder ein Titannitridfilm, ein Aluminiumfilm oder ein Kupferfilm und ein Titanfilm oder ein Titannitridfilm in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet sind, und eine dreischichtige Struktur, bei der ein Molybdänfilm oder ein Molybdännitridfilm, ein Aluminiumfilm oder ein Kupferfilm und ein Molybdänfilm oder ein Molybdännitridfilm in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet sind. Es sei angemerkt, dass ein Oxid, wie z. B. Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid, verwendet werden kann. Kupfer, das Mangan enthält, wird vorzugsweise verwendet, da die Formsteuerbarkeit bei der Ätzverarbeitung erhöht wird.

[0283] Als lichtdurchlässiges leitendes Material, das für das Gate, die Source und den Drain des Transistors verwendet werden kann, kann ein leitendes Oxid, wie z. B. Indiumoxid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Zinkoxid, Zinkoxid oder Zinkoxid, dem Gallium zugesetzt wird, oder Graphen verwendet werden. Es kann auch ein Metallmaterial, wie z. B. Gold, Silber, Platin, Magnesium, Nickel, Wolfram, Chrom, Molybdän, Eisen, Kobalt, Kupfer, Palladium oder Titan, ein Legierungsmaterial, das eines dieser Metallmaterialien enthält, oder ein Nitrid des Metallmaterials (z. B. Titannitrid) verwendet werden. Im Falle der Verwendung des Metallmaterials oder des Legierungsmaterials (oder des Nitrids davon) wird die Filmdicke derart eingestellt, dass sie klein genug ist, um Licht durchzulassen. Alternativ kann für die leitenden Schichten ein mehrschichtiger Film aus beliebigen der vorstehenden Materialien verwendet werden. Beispielsweise wird vorzugsweise ein mehrschichtiger Film aus Indiumzinnoxid und einer Legierung von Silber und Magnesium verwendet, da die Leitfähigkeit erhöht werden kann. Sie können auch für leitende Schichten, wie z. B. verschiedene Leitungen und Elektroden, die in einer Anzeigevorrichtung enthalten sind, und leitende Schichten (wie z. B. leitende Schichten, die als Pixelelektrode oder gemeinsame Elektrode dienen), die in einem Anzeigeelement enthalten sind, verwendet werden.

<<Isolierschicht>>

[0284] Beispiele für ein Isoliermaterial, das für die Isolierschichten verwendet werden kann, umfassen ein Harz, wie z. B. ein Acryl- oder Epoxidharz, ein Harz mit einer Siloxanbindung, wie z. B. Silikon, und ein anorganisches Isoliermaterial, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid.

[0285] Beispiele für den Isolierfilm mit niedriger Wasserdurchlässigkeit umfassen einen Film, der Stickstoff und Silizium enthält (z. B. einen Siliziumnitridfilm und einen Siliziumnitridoxidfilm), und einen Film, der Stickstoff und Aluminium enthält (z. B. einen Aluminiumnitridfilm). Als Alternative kann ein Siliziumoxidfilm, ein Siliziumoxynitridfilm, ein Aluminiumoxidfilm oder dergleichen verwendet werden.

[0286] Es sei angemerkt, dass die Filme, die in dem Transistor, der bei der Ausführungsform 4 beschrieben worden ist, enthalten sind (d. h. der leitende Film, der Isolierfilm, der Halbleiterfilm und dergleichen), durch ein Sputterverfahren, ein chemischen Gasphasenabscheidungs- (chemical vapor deposition, CVD-) Verfahren, ein plasmaunterstütztes CVD- (plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD-) Verfahren, ein Vakuumverdampfungsverfahren oder ein Impulslaserabscheidungs- (pulsed laser deposition, PLD-) Verfahren ausgebildet werden können. Jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt, und die Filme können beispielsweise durch ein Beschichtungsverfahren, ein Druckverfahren, ein thermisches CVD-Verfahren oder ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren ausgebildet werden. Der leitende Film, der Isolierfilm, der Halbleiterfilm und dergleichen können durch ein thermisches CVD-Verfahren, wie z. B. ein metallorganisches CVD- (MOCVD-) Verfahren ausgebildet werden.

(Ausführungsform 5)

[0287] Bei dieser Ausführungsform werden elektronische Geräte einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0288] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, bei dem eine organische EL zum Einsatz kommt, so dass hochzuverlässige elektronische Geräte mit ebenen Oberflächen und vorteilhafter Emissionseffizienz hergestellt werden können. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können hochzuverlässige elektronische Geräte mit gekrümmten Oberflächen und vorteilhafter Emissionseffizienz hergestellt werden.

[0289] Beispiele für die elektronischen Geräte umfassen ein Fernsehgerät, einen Schreibtisch- oder Notebook-Personal-Computer, einen Monitor eines Computers oder dergleichen, eine Digitalkamera, eine digitale Videokamera, einen digitalen Fotorahmen, ein Mobiltelefon, eine tragbare Spielkonsole, ein tragbares Informationsendgerät, eine Audiowiedergabevorrichtung und einen großen Spielautomaten, wie z. B. einen Flipperautomaten.

[0290] Ein tragbares Informationsendgerät 900, das in **Fig. 8A** und **Fig. 8B** gezeigt wird, beinhaltet ein Gehäuse 901, ein Gehäuse 902, einen Anzeigeabschnitt 903, einen Gelenkabschnitt 905 und dergleichen.

[0291] Das Gehäuse 901 und das Gehäuse 902 sind über den Gelenkabschnitt 905 miteinander verbunden. Das tragbare Informationsendgerät 900 kann, wie in **Fig. 8B** gezeigt, von einem geschlossen Zustand (**Fig. 8A**) geöffnet werden. Somit weist das tragbare Informationsendgerät 900 eine hohe Tragbarkeit beim Tragen und eine ausgezeichnete Sichtbarkeit beim Verwenden dank seinem großen Anzeigebereich auf.

[0292] Im tragbaren Informationsendgerät 900 ist der flexible Anzeigeabschnitt 903 über das Gehäuse 901 und das Gehäuse 902 hinweg bereitgestellt, die durch den Gelenkabschnitt 905 miteinander verbunden sind.

[0293] Die Licht emittierende Vorrichtung, die unter Verwendung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wird, kann für den Anzeigeabschnitt 903 verwendet werden. So kann das tragbare Informationsendgerät mit hoher Ausbeute hergestellt werden.

[0294] Der Anzeigeabschnitt 903 kann mindestens eines von einem Text, einem Standbild, einem bewegten Bild und dergleichen anzeigen. Wenn ein Text auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird, kann das tragbare Informationsendgerät 900 als E-Book-Lesegerät verwendet werden.

[0295] Wenn das tragbare Informationsendgerät 900 geöffnet wird, ist der Anzeigeabschnitt 903 deutlich gekrümmt. So wird beispielsweise der Anzeigeabschnitt 903 gehalten, während er einen gekrümmten Abschnitt mit einem Krümmungsradius von größer als oder gleich 1 mm und kleiner als oder gleich 50 mm, bevorzugt größer als oder gleich 5 mm und kleiner als oder gleich 30 mm beinhaltet. Ein Teil des Anzeigeabschnitts 903 kann in gebogenem Zustand ein Bild anzeigen, da Pixel von dem Gehäuse 901 bis zum Gehäuse 902 fortlaufend angeordnet sind.

[0296] Der Anzeigeabschnitt 903 dient als Touchscreen und kann mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen bedient werden.

[0297] Der Anzeigeabschnitt 903 wird vorzugsweise unter Verwendung einer flexiblen Anzeige ausgebildet. Somit kann ein kontinuierliches Bild zwischen dem Gehäuse 901 und dem Gehäuse 902 angezeigt werden.

Es sei angemerkt, dass sowohl das Gehäuse 901 als auch das Gehäuse 902 mit einer Anzeige versehen sein können.

[0298] Der Gelenkabschnitt 905 umfasst vorzugsweise einen Arretierungsmechanismus, so dass ein Winkel, der zwischen dem Gehäuse 901 und dem Gehäuse 902 gebildet wird, nicht größer als ein vorbestimmter Winkel wird, wenn das tragbare Informationsendgerät 900 geöffnet ist. Beispielsweise ist ein Winkel, bei dem das Gehäuse 901 und Gehäuse 902 arretiert sind (sie werden nicht weiter geöffnet), vorzugsweise größer als oder gleich 90° und kleiner als 180° und kann typischerweise 90°, 120°, 135°, 150°, 175° oder dergleichen sein. In diesem Falle können die Zweckmäßigkeit, die Sicherheit und die Zuverlässigkeit des tragbaren Informationsendgeräts 900 verbessert werden.

[0299] Wenn der Gelenkabschnitt 905 einen Arretierungsmechanismus umfasst, wird keine übermäßige Kraft auf den Anzeigeabschnitt 903 ausgeübt; somit kann eine Beschädigung des Anzeigeabschnitts 903 verhindert werden. Folglich kann ein sehr zuverlässiges tragbares Informationsendgerät bereitgestellt werden.

[0300] Für das Gehäuse 901 und das Gehäuse 902 können ein Einschaltknopf, ein Bedienknopf, ein externer Verbindungsanschluss, ein Lautsprecher, ein Mikrofon oder dergleichen bereitgestellt werden.

[0301] Entweder das Gehäuse 901 oder das Gehäuse 902 ist mit einem drahtlosen Kommunikationsmodul versehen, und Daten können über ein Computernetzwerk, wie z. B. das Internet, ein lokales Netzwerk (LAN, local area network) oder Wi-Fi (eingetragenes Warenzeichen), übertragen und empfangen werden.

[0302] Ein tragbares Informationsendgerät 910, das in **Fig. 8C** gezeigt wird, beinhaltet ein Gehäuse 911, einen Anzeigeabschnitt 912, einen Bedienknopf 913, einen externen Verbindungsanschluss 914, einen Lautsprecher 915, ein Mikrofon 916, eine Kamera 917 und dergleichen.

[0303] Die Licht emittierende Vorrichtung, die unter Verwendung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wird, kann für den Anzeigeabschnitt 912 verwendet werden. So kann das tragbare Informationsendgerät mit hoher Ausbeute hergestellt werden.

[0304] Das tragbare Informationsendgerät 910 beinhaltet einen Berührungssensor in dem Anzeigeabschnitt 912. Bedienungen, wie z. B. Telefonieren und Texteingabe, können durch Berührung des Anzeigeabschnitts 912 mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen durchgeführt werden.

[0305] Mit den Bedienknöpfen 913 kann der Strom ein-/ausgeschaltet werden. Außerdem können die Arten von Bildern, die auf dem Anzeigeabschnitt 912 angezeigt werden, umgeschaltet werden, beispielsweise kann ein Bild von einem Bildschirm zum E-Mail-Schreiben mit dem Bedienknopf 913 auf einen Hauptmenübildschirm umgeschaltet werden.

[0306] Wenn eine Detektionsvorrichtung, wie z. B. ein Gyroskop-Sensor oder ein Beschleunigungssensor, innerhalb des tragbaren Informationsendgeräts 910 bereitgestellt ist, kann die Richtung der Anzeige auf dem Bildschirm des Anzeigeabschnitts 912 durch Bestimmung der Orientierung des tragbaren Informationsendgeräts 910 (ob das tragbare Informationsendgerät 910 horizontal oder vertikal angeordnet ist) automatisch geändert werden. Die Richtung der Anzeige auf dem Bildschirm kann auch durch Berührung des Anzeigeabschnitts 912, durch Bedienung mit dem Bedienknopf 913, durch die Toneingabe mit dem Mikrofon 916 oder dergleichen geändert werden.

[0307] Das tragbare Informationsendgerät 910 dient beispielsweise als eines oder mehrere von einem Telefon, einem Notizbuch und einem Informationssuchsystem. Insbesondere kann das tragbare Informationsendgerät 910 als Smartphone verwendet werden. Das tragbare Informationsendgerät 910 kann verschiedene Applikationen ausführen, beispielsweise das Durchführen von Mobiltelefongesprächen, das Verschicken und Empfangen von E-Mails, das Anzeigen und Bearbeiten von Texten, das Wiedergeben von Musik, das Wiedergeben von bewegten Bildern, Internet-Kommunikation und das Ausführen von Computerspielen.

[0308] Eine Kamera 920, die in **Fig. 8D** gezeigt wird, beinhaltet ein Gehäuse 921, einen Anzeigeabschnitt 922, Bedienknöpfe 923, einen Auslöseknopf 924 und dergleichen. Des Weiteren ist eine anbringbare Linse 926 an der Kamera 920 angebracht.

[0309] Die Licht emittierende Vorrichtung, die unter Verwendung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wird, kann für den Anzeigeabschnitt 922 verwendet werden. So kann eine Kamera mit geringem Stromverbrauch hergestellt werden.

[0310] Obwohl die Linse 926 der Kamera 920 hier zum Auswechseln von dem Gehäuse 921 abnehmbar ist, kann die Linse 926 in dem Gehäuse 921 integriert sein.

[0311] Ein Standbild oder ein bewegtes Bild kann mit der Kamera 920 aufgenommen werden, wenn der Auslöseknopf 924 gedrückt wird. Darüber hinaus können Bilder auch durch Berühren des Anzeigeabschnitts 922 aufgenommen werden, der eine Funktion eines Touchscreens aufweist.

[0312] Es sei angemerkt, dass ein Stroboskop, ein Sucher oder dergleichen zusätzlich an der Kamera 920 angebracht sein kann. Alternativ können diese in dem Gehäuse 921 integriert sein.

[0313] **Fig. 9A** ist eine perspektivische Ansicht eines armbanduhrentypigen tragbaren Informationsendgeräts 9200. **Fig. 9B** ist eine perspektivische Ansicht eines armbanduhrentypigen tragbaren Informationsendgeräts 9201.

[0314] Das tragbare Informationsendgerät 9200, das in **Fig. 9A** gezeigt wird, kann verschiedene Applikationen ausführen, beispielsweise das Durchführen von Mobiltelefongesprächen, das Verschicken und Empfangen von E-Mails, das Anzeigen und Bearbeiten von Texten, das Wiedergeben von Musik, Internet-Kommunikation und das Ausführen von Computerspielen. Die Anzeigefläche des Anzeigeabschnitts 9001 ist gebogen, und ein Bild kann auf der gebogenen Anzeigefläche angezeigt werden. Das tragbare Informationsendgerät 9200 kann die Nahbereichskommunikation entsprechend einem Kommunikationsstandard verwenden. Zum Beispiel kann in diesem Fall eine gegenseitige Kommunikation zwischen dem tragbaren Informationsendgerät 9200 und einem Headset, das zur drahtlosen Kommunikation in der Lage ist, durchgeführt werden, wodurch ein Freisprechen ermöglicht wird. Das tragbare Informationsendgerät 9200 beinhaltet den Verbindungsanschluss 9006, und Daten können über einen Verbinder direkt zu einem weiteren Informationsendgerät gesendet und von diesem empfangen werden. Ein Aufladen über den Verbindungsanschluss 9006 ist auch möglich. Es sei angemerkt, dass der Ladevorgang ohne den Verbindungsanschluss 9006 durch drahtlose Stromzufuhr durchgeführt werden kann.

[0315] Im Gegensatz zu dem in **Fig. 9A** gezeigten tragbaren Informationsendgerät ist die Anzeigefläche des Anzeigeabschnitts 9001 in dem in **Fig. 9B** gezeigten tragbaren Informationsendgerät 9201 nicht gekrümmt. Darüber hinaus ist der äußere Zustand des Anzeigeabschnitts des tragbaren Informationsendgeräts 9201 eine nicht rechteckige Form (eine kreisförmige Form in **Fig. 9B**).

[0316] **Fig. 9C** bis **Fig. 9E** sind perspektivische Ansichten eines zusammenklappbaren, tragbaren Informationsendgeräts 9202. **Fig. 9C** ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9202, das geöffnet ist, darstellt. **Fig. 9D** ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9202, das geöffnet oder zusammengeklappt wird, darstellt. **Fig. 9E** ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9202, das zusammengeklappt ist darstellt.

[0317] Das zusammengeklappte, tragbare Informationsendgerät 9202 ist sehr gut tragbar, und das geöffnete, tragbare Informationsendgerät 9202 ist sehr gut durchsuchbar dank eines nahtlosen großen Anzeigebereichs. Der Anzeigeabschnitt 9001 des tragbaren Informationsendgeräts 9202 wird von drei Gehäusen 9000 getragen, die durch Gelenke 9055 miteinander verbunden sind. Die Form des tragbaren Informationsendgeräts 9202 kann reversibel von dem geöffneten Zustand zu dem zusammengeklappten Zustand geändert werden, indem das tragbare Informationsendgerät 9202 an einem Verbindungsabschnitt zwischen zwei Gehäusen 9000 mit den Gelenken 9055 zusammengeklappt wird. Beispielsweise kann das tragbare Informationsendgerät 9202 mit einem Krümmungsradius von größer als oder gleich 1 mm und kleiner als oder gleich 150 mm gebogen werden.

[0318] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen angemessen kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 6)

[0319] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele, in denen das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für verschiedene Beleuchtungsvorrichtungen verwendet wird, anhand

von **Fig. 10A** bis **Fig. 10C** und **Fig. 11** beschrieben. Unter Verwendung des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine sehr zuverlässige Beleuchtungsvorrichtung mit vorteilhafter Emissionseffizienz hergestellt werden.

[0320] Ein elektronisches Gerät oder eine Beleuchtungsvorrichtung, das/die einen Licht emittierenden Bereich mit einer gekrümmten Oberfläche aufweist, kann unter Verwendung des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden, das über einem Substrat mit Flexibilität hergestellt wird.

[0321] Des Weiteren kann eine Licht emittierende Vorrichtung, bei der das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, auch für eine Beleuchtung für Fahrzeuge verwendet werden; Beispiele dafür sind eine Beleuchtung für eine Windschutzscheibe, eine Fahrzeugdecke und dergleichen.

[0322] **Fig. 10A** ist eine perspektivische Ansicht, die eine Oberfläche eines Multifunktionsgeräts 3500 darstellt, und **Fig. 10B** ist eine perspektivische Ansicht, die die andere Oberfläche des Multifunktionsgeräts 3500 darstellt. In einem Gehäuse 3502 des Multifunktionsgeräts 3500 sind ein Anzeigeabschnitt 3504, eine Kamera 3506, eine Beleuchtung 3508 und dergleichen eingebaut. Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für die Beleuchtung 3508 verwendet werden.

[0323] Die Beleuchtung 3508, die die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst, dient als planare Lichtquelle. Demzufolge kann die Beleuchtung 3508 im Gegensatz zu einer Punktlichtquelle, für die eine LED ein typisches Beispiel ist, eine Lichtemission mit niedriger Richtwirkung bereitstellen. Wenn die Beleuchtung 3508 und die Kamera 3506 beispielsweise in Kombination verwendet werden, kann eine Bilderfassung durch die Kamera 3506 mit der Beleuchtung 3508 durchgeführt werden, die aufleuchtet oder blitzt. Da die Beleuchtung 3508 als planare Lichtquelle dient, kann ein Foto genauso aufgenommen werden wie unter natürlichem Licht.

[0324] Es sei angemerkt, dass das Multifunktionsgerät 3500, das in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** dargestellt wird, wie bei den elektronischen Geräten, die in **Fig. 9A** bis **Fig. 9C** gezeigt werden, eine Vielzahl von Funktionen aufweisen kann.

[0325] Das Gehäuse 3502 kann einen Lautsprecher, einen Sensor (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen oder Erfassen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemischer Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrischem Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussrate, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahlen), ein Mikrofon und dergleichen umfassen. Wenn eine Erfassungsvorrichtung, die einen Sensor, wie z. B. einen Gyroskopsensor oder einen Beschleunigungssensor, zum Erfassen der Neigung beinhaltet, innerhalb des Multifunktionsgeräts 3500 bereitgestellt ist, kann die Anzeige auf dem Bildschirm des Anzeigeabschnitts 3504 automatisch durch Bestimmung der Ausrichtung des Multifunktionsgeräts 3500 (ob das Multifunktionsgerät horizontal oder vertikal zu einem Querformat oder Hochformat angeordnet ist) geändert werden.

[0326] Der Anzeigeabschnitt 3504 kann als Bildsensor dienen. Zum Beispiel wird ein Bild eines Handabdrucks, eines Fingerabdrucks oder dergleichen durch Berührung des Anzeigeabschnitts 3504 mit der Handfläche oder dem Finger aufgenommen, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt werden kann. Ferner kann, indem eine Hintergrundbeleuchtung oder eine Abtast-Lichtquelle, die Nah-Infrarotlicht emittiert, in dem Anzeigeabschnitt 3504 bereitgestellt ist, ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Anzeigeabschnitt 3504 verwendet werden kann.

[0327] **Fig. 10C** ist eine perspektivische Ansicht eines Sicherheitslichts 3600. Das Sicherheitslicht 3600 umfasst eine Beleuchtung 3608 an der Außenseite des Gehäuses 3602, und ein Lautsprecher 3610 und dergleichen sind in dem Gehäuse 3602 eingebaut. Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für die Beleuchtung 3608 verwendet werden.

[0328] Das Sicherheitslicht 3600 emittiert Licht, wenn die Beleuchtung 3608 beispielsweise gegriffen oder gehalten wird. Eine elektronische Schaltung, die die Art der Lichtemission von dem Sicherheitslicht 3600 steuern kann, kann in dem Gehäuse 3602 bereitgestellt sein. Die elektronische Schaltung kann eine Schaltung sein, die eine Lichtemission einmalig oder periodisch vielzählige Male ermöglicht, oder kann eine Schal-

tung sein, die die Menge an emittierten Licht anpassen kann, indem sie den Stromwert für die Lichtemission steuert. Eine Schaltung kann eingebaut sein, mit der ein lauter akustischer Alarm von dem Lautsprecher 3610 gleichzeitig mit der Lichtemission von der Beleuchtung 3608 ausgegeben wird.

[0329] Das Sicherheitslicht 3600 kann Licht in verschiedene Richtungen emittieren; demzufolge ist es möglich einen Verbrecher oder dergleichen mit Licht, oder Licht und Lärm, einzuschüchtern. Des Weiteren kann das Sicherheitslicht 3600 eine Kamera enthalten, wie z. B. eine digitale Fotokamera, um eine Fotografiefunktion aufzuweisen.

[0330] Fig. 11 stellt ein Beispiel dar, in dem das Licht emittierende Element für eine Innenraumbelichtungs-
vorrichtung 8501 verwendet wird. Da das Licht emittierende Element eine größere Fläche aufweisen kann, kann auch eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer großen Fläche ausgebildet werden. Zudem kann auch eine Beleuchtungsvorrichtung 8502, bei der ein Licht emittierender Bereich eine gekrümmte Oberfläche aufweist, unter Verwendung eines Gehäuses mit einer gekrümmten Oberfläche ausgebildet werden. Ein Licht emittierendes Element, das bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, weist die Form eines Dünnfilms auf, was es ermöglicht, das Gehäuse freier zu gestalten. Folglich kann die Beleuchtungsvorrichtung auf verschiedene Weisen kunstvoll gestaltet werden. Darüber hinaus kann eine Wand des Zimmers mit einer großen Beleuchtungsvorrichtung 8503 versehen sein. Berührungssensoren können in den Beleuchtungsvorrichtungen 8501, 8502 und 8503 bereitgestellt sein, um das Ein- oder Ausschalten der Beleuchtungsvorrichtungen zu steuern.

[0331] Wenn das Licht emittierende Element auf der Oberflächenseite eines Tisches verwendet wird, kann ferner eine Beleuchtungsvorrichtung 8504 mit einer Funktion als Tisch erhalten werden. Wenn das Licht emittierende Element als Teil eines anderen Möbelstücks verwendet wird, kann eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Funktion als betreffendes Möbelstück erhalten werden.

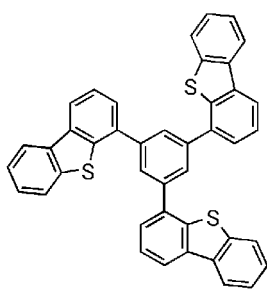
[0332] Wie vorstehend beschrieben worden ist, können die Beleuchtungsvorrichtungen und die elektronischen Geräte unter Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung für Beleuchtungsvorrichtungen und elektronische Geräte auf verschiedenen Gebieten verwendet werden kann, ohne dabei auf die Beleuchtungsvorrichtungen und die elektronischen Geräte beschränkt zu sein, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind.

[0333] Die vorstehend bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in angemessener Weise mit einer beliebigen der Strukturen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

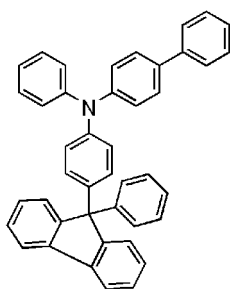
[Beispiel 1]

[0334] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 1 beschrieben. In Fig. 12 wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 4 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Chemische Formeln der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der anderen Verbindungen auf die Ausführungsform 1 verwiesen werden kann.

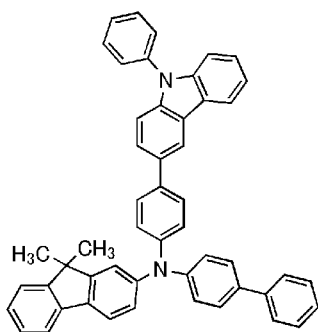
[Chemische Formel 3]



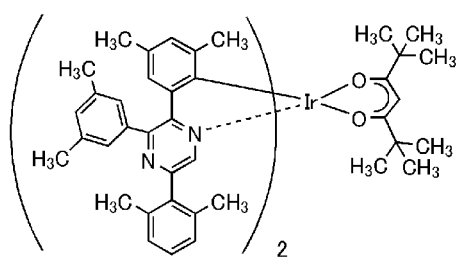
DBT3P-II



BPAFLP



PCBBiF

 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$

[Tabelle 4]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittieren- des Vergleichs- element 1	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	130	1	LiF	-
	Elektronentransport- schicht	118(2)	20	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittieren- des Element 2	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	130	10	NBPhen:Ag	1:0,38
	Elektronentransport- schicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittieren- des Element 3	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	130	10	Alq ₃ :Ag	1:0,48
	Elektronentransport- schicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 4	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjectionsschicht	130	10	2mDBTBPDQ-II:Ag	1:0,40
	Elektronentransport-schicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDQ-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDQ-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjectionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

[0335] Die LUMO-Niveaus der organischen Verbindungen, die in der Elektroneninjectionsschicht 130 der Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet.

[0336] Ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Messeinrichtung verwendet. Um eine Lösung für die CV-Messung herzustellen, wurde wasserfreies Dimethylformamid (DMF, hergestellt von Sigma-Aldrich Inc., 99,8 %, Katalognr. 22705-6) als Lösungsmittel verwendet, und Tetra-n-butylammoniumperchlorat (n-Bu₄NClO₄, hergestellt von Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., Katalognr. T0836) wurde als Trägerelektrolyt bei einer Konzentration von 100 mmol/l aufgelöst. Des Weiteren wurde das zu messende Objekt ebenfalls bei einer Konzentration von 2 mmol/l aufgelöst. 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 (RE7-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] in Bezug auf die Bezugselektrode wurden gemessen. Das Potential E_a ist ein Zwischenpotential einer Oxidations-Reduktions-Welle und das Potential E_c ist ein Zwischenpotential einer Reduktions-Oxidations-Welle. Da hier die Potentialenergie der Bezugselektrode, die in diesem Beispiel verwendet wurde, in Bezug auf das Vakuumniveau bekanntermaßen -4,94 [eV] ist, können das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau durch die folgenden Formeln berechnet werden: HOMO-Niveau [eV] = -4,94 - E_a und LUMO-Niveau [eV] = -4,94 - E_c.

[0337] Aus der obigen Messung berechneten sich die LUMO-Niveaus von NBPhen, Alq₃ und 2mDBTBPDQ-II zu -2,83 eV, -2,80 eV bzw. -2,94 eV.

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0338] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. Das Licht emittierende Vergleichselement 1 verwendet LiF, eine Li-Verbindung, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 verwenden jeweils für die Elektroneninjectionsschicht ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 1>>

[0339] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über einem Substrat 210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0340] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 60 nm abgeschieden.

[0341] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0342] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis{4,6-dimethyl-2-[5-(2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl-κN]phenyl-κC}{2,2',6,6'-tetramethyl-3,5-heptandionato-κ²O,O'}iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (ein phosphoreszierendes Material) ist.

[0343] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(1) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0344] Als Elektronentransportschicht 118(2) wurde dann NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0345] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0346] Als Nächstes wurde als Elektrode 102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

[0347] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 1 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 2>>

[0348] Das Licht emittierende Element 2 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 1 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118(2) und der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0349] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 2 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0350] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,38 in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 3 und 4>>

[0351] Die Licht emittierenden Elemente 3 und 4 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 2 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 130.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 3>

[0352] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden Alq₃ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq₃: Ag = 1:0,48 in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 3 abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 4>

[0353] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden 2mDBTBPDBq-II und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: Ag = 1:0,40 in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 4 abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0354] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 1 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 gemessen. Die Leuchtdichte und die CIE-Chromatizität wurden mit einem Leuchtdichte-Farbmessgerät (BM-5A, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen, und die Elektrolumineszenzspektren wurden mit einem Mehrkanalspektrometer (PMA-11, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen.

[0355] Fig. 13 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 1 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 2 bis 4; Fig. 14 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften davon; Fig. 15 zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und Fig. 16 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Es sei angemerkt, dass die Messungen der Licht emittierenden Elemente bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurden. Fig. 17 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0356] Tabelle 5 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 1 und der Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 5]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 1	3,3	2,1	(0,67, 0,33)	747	35	34	31
Licht emittierendes Element 2	3,6	3,0	(0,67, 0,33)	1021	34	30	29
Licht emittierendes Element 3	5,6	3,7	(0,66, 0,34)	1017	28	17	23
Licht emittierendes Element 4	4,4	3,3	(0,66, 0,34)	1072	32	23	27

[0357] Wie in Fig. 16 und Tabelle 5 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 1 und die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 20 %. Das Licht emittierende Vergleichselement 1 und die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in den Fig. 13 und Fig. 15 dargestellt. Insbesondere zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 1, das Licht emittierende Element 2 und das Licht emittierende Element 4 eine signifikant hohe externe Quanteneffizienz von über 25 %. Die Licht emittierenden Elemente 2 und 4 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 1 entspricht, das LiF verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[0358] Wie in Fig. 14 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 1 und die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. Insbesondere sind die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 2 gleich denen des Licht emittierenden Vergleichselements 1, was darauf hindeutet, dass das Verbundmaterial aus NBPhen und Ag signifikant hohe Elektroneninjectionseigenschaften aufweist.

[0359] Wie in **Fig. 17** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 1 und die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 619 nm und eine Halbwertsbreite von 58 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dmp})$ emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0360] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an dem Licht emittierenden Vergleichselement 1 und den Licht emittierenden Elementen 2 bis 4 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Im Allgemeinen verursacht Feuchtigkeit, die in das Licht emittierende Element eintritt bzw. eindringt, dunkle Flecken (Nicht-Emissionsbereiche in einem Licht emittierenden Abschnitt) oder Schwund (Nicht-Emissionsbereiche am Ende des Licht emittierenden Abschnitts), was die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements negativ beeinträchtigt. Somit ermöglicht der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit eine Bewertung der Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements gegen Feuchtigkeit.

[0361] Das Licht emittierende Vergleichselement 1 und die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 wurden 48 Stunden lang in einem thermostatischen Bad, das bei einer Temperatur von 65 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 95 % gehalten wurde, platziert; anschließend wurde der Emissionszustand jedes Licht emittierenden Elements gemessen.

[0362] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Die Ergebnisse werden in Tabelle 6 gezeigt.

[Tabelle 6]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Vergleichselement 1	6%
Licht emittierendes Element 2	56 %
Licht emittierendes Element 3	83 %
Licht emittierendes Element 4	68 %

[0363] In Tabelle 6 ist der Anteil der Emissionsfläche (%) die Emissionsfläche nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit / die Emissionsfläche vor dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit $\times 100$. Tabelle 6 zeigt, dass die Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung jeweils eine größere Emissionsfläche aufweisen als das Licht emittierende Vergleichselement 1, das LiF , eine Alkalimetallverbindung, für die Elektroneninjektionsschicht verwendet. Dies deutet darauf hin, dass die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine höhere Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen als das Licht emittierende Element, das für die Elektroneninjektionsschicht ein Material mit einer geringen Arbeitsfunktion, wie z. B. ein Alkalimetall, verwendet. Dies liegt daran, dass das Material mit einer geringen Arbeitsfunktion stark mit Wasser reagiert und Feuchtigkeit in das Licht emittierende Element eindringen lässt. Im Gegensatz dazu dringt Feuchtigkeit nur schwer in die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein, die ein Übergangsmetall verwenden, das anfällig für eine Reaktion mit Wasser ist. Somit können hochfeuchtigkeitsbeständige Licht emittierende Elemente verwirklicht werden.

<Absorptionsspektrum des Verbundmaterials aus der organischen Verbindung und dem Übergangsmetall>

[0364] Anschließend wurde das Absorptionsspektrum eines Dünnsfilms bestehend aus einem Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und Ag, das für die Elektroneninjektionsschichten der Licht emittierenden Elemente 2 bis 4 verwendet wird, gemessen. Darüber hinaus wurden die Absorptionsspektren eines Ag-Dünnsfilms und eines Dünnsfilms einer organischen Verbindung gemessen. Die Ergebnisse werden in **Fig. 18** bis **Fig. 20** gezeigt. Der Dünnsfilm bestehend aus dem Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und Ag wurde über einem Quarzsubstrat durch Vakuumverdampfung in einem Molverhältnis der organischen Verbindung: Ag = 1:1 in einer Dicke von 50 nm ausgebildet. Der Dünnsfilm der organischen Verbindung wurde

über einem Quarzsubstrat durch Vakuumverdampfung in einer Dicke von 50 nm ausgebildet. Der Ag-Dünnschicht wurde durch Vakuumverdampfung über einem Quarzsubstrat in einer Dicke von 2 nm ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Menge an Ag, die in dem 2 nm dicken Ag-Dünnschicht enthalten ist, ungefähr gleich der Menge an Ag ist, die in dem 50 nm dicken Dünnschicht bestehend aus dem Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und Ag enthalten ist. Das Absorptionsspektrum wurde mit einem Spektrophotometer (U-4100 Spektrophotometer, hergestellt von Hitachi High-Technologies Corporation) gemessen.

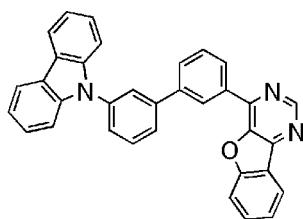
[0365] Wie in **Fig. 18** bis **20** gezeigt, wurde bei etwa 450 nm für den Ag-Dünnschicht ein für einen Metallschicht spezifischer Oberflächen-Plasmon-Peak beobachtet. Im Gegensatz dazu wurde der Oberflächen-Plasmon-Peak für das Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und Ag nicht beobachtet. Oberflächenplasmonen werden auf einer Oberfläche eines winzigen (sich im Nanometerbereich befindenden) Metalls, z. B. eines Metallschicht oder eines Metallnanopartikels, beobachtet. Daher ist Ag im Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und Ag nicht als Gruppe von Ag-Atomen wie ein Ag-Dünnschicht oder Ag-Nanopartikel vorhanden, sondern in einem solchen Zustand, dass ein Ag-Atom mit der organischen Verbindung wechselwirkt. Mit anderen Worten, in dem Verbundfilm aus der organischen Verbindung und Ag als Übergangsmetall wechselwirken sie miteinander.

[0366] Aus diesem Grund weist das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Elektroneninjektionseigenschaften auf und weist daher eine niedrige Betriebsspannung und eine hohe Emissionseffizienz auf. Darüber hinaus ist das Licht emittierende Element sehr feuchtigkeitsbeständig, da es kein Material mit geringer Arbeitsfunktion verwendet. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 2]

[0367] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung eines Licht emittierenden Elements 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 5 beschrieben. In **Fig. 12** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 7 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Die Struktur und Abkürzung einer Verbindung, die in diesem Beispiel verwendet wird, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der anderen Verbindungen auf die vorstehenden Ausführungsformen verwiesen werden kann.

[Chemische Formel 4]



4mCzBPBfm

[Tabelle 7]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 5	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	1	LiF	-
	Elektronentransportsschicht	118	40	4mCzBPBfpm	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	4mCzBPBfpm: PCBBi F: Ir(dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportsschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 6	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	15	4mCzBPBfpm:Ag	1:0,22
	Elektronentransportsschicht	118	25	4mCzBPBfpm	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	4mCzBPBfpm: PCBBi F: Ir(dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportsschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

[0368] Das LUMO-Niveau von 4mCzBPBfpm, das in der Elektroneninjektionsschicht 130 des Licht emittierenden Elements 6 verwendet wurde, wurde durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0369] Infolgedessen berechneten sich die LUMO-Niveaus von 4mCzBPBfpm und Alq₃ zu -2,83 eV bzw. -2,97 eV.

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0370] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. In diesem Beispiel ist die Elektronentransportschicht eine Einzelschicht. Das Licht emittierende Vergleichselement 5 verwendet LiF, eine Li-Verbindung, die typischerweise für die Elektroneninjektionsschicht verwendet wird. Das Licht emittierende Element 6 verwendet für die Elektroneninjektionsschicht ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In den Licht emittierenden Elementen dieses Beispiels wird eine organische Verbindung mit einem Pyrimidinring als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 5>>

[0371] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0372] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und MoO_3 über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II: MoO_3 = 1:0,5 in einer Dicke von 70 nm abgeschieden.

[0373] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0374] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann 4mCzBPBfpm, PCBBiF und $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 4mCzBPBfpm:PCBBiF: $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 4mCzBPBfpm und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ ein Gastmaterial (ein phosphoreszierendes Material) ist.

[0375] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118 4mCzBPBfpm durch Verdampfung in einer Dicke von 40 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0376] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

[0377] Als Nächstes wurde als Elektrode 102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

[0378] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 5 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 6>>

[0379] Das Licht emittierende Element 6 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 5 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118 und der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0380] Als Elektronentransportschicht 118 des Licht emittierenden Elements 6 wurde 4mCzBPBfpm durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0381] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden 4mCzBPBfpm und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 4mCzBPBfpm: Ag = 1:0,22 in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118 abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0382] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 5 und des hergestellten Licht emittierenden Elements 6 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0383] **Fig. 21** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 5 und des hergestellten Licht emittierenden Elements 6; **Fig. 22** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; **Fig. 23** zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und **Fig. 24** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 25** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0384] Tabelle 8 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 5 und des Licht emittierenden Elements 6 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 8]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 5	6,6	5,9	(0,66, 0,34)	1092	19	9	14
Licht emittierendes Element 6	4,2	3,6	(0,66, 0,34)	872	24	18	18

[0385] Wie in **Fig. 22** gezeigt, wies das Licht emittierende Element 6 im Vergleich zum Licht emittierenden Vergleichselement 5 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften auf. Dies deutet darauf hin, dass für den Fall, dass das Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht für die Elektronentransportschicht verwendet wird und die Elektroneninjectionsschicht mit der Elektronentransportschicht in Kontakt ist, das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Elektroneninjektionseigenschaften aufweist, die denen des Licht emittierenden Elements, bei dem LiF verwendet wird, das ein typisches Material für die Elektroneninjectionsschicht ist, überlegen sind.

[0386] Wie in **Fig. 21**, **Fig. 23** und **Fig. 24** sowie in Tabelle 8 gezeigt, wies das Licht emittierende Element 6 eine höhere Emissionseffizienz (Stromeffizienz, Leistungseffizienz und externe Quanteneffizienz) auf als das Licht emittierende Vergleichselement 5. Das heißt, das Licht emittierende Element 6 weist, wie vorstehend beschrieben, dem Licht emittierenden Vergleichselement 5 überlegene Elektroneninjektionseigenschaften auf und weist somit eine vorteilhafte Ladungsträgerbilanz auf.

[0387] Wie in **Fig. 25** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 5 und das Licht emittierende Element 6 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 616 nm und eine Halbwertsbreite von 53 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmpdprr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

[0388] Anschließend wurden die Betriebsdauertests des Licht emittierenden Vergleichselements 5 und des Licht emittierenden Elements 6 durchgeführt. Die Messergebnisse der Betriebsdauertests werden in **Fig. 43** gezeigt. Es sei angemerkt, dass bei den Betriebsdauertests jedes Licht emittierende Element kontinuierlich bei einer konstanten Stromdichte von 25 mA/cm² betrieben wurde.

[0389] Wie in **Fig. 43** gezeigt, wies das Licht emittierende Element 6, das eine längere Betriebsdauer als das Licht emittierende Vergleichselement 5 aufweist, eine vorteilhafte Betriebsdauer auf.

[0390] Das heißt, das Licht emittierende Element, das die Elektroneninjectionsschicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, wies eine vorteilhafte Betriebsdauer auf.

<Absorptionsspektrum des Verbundmaterials aus der organischen Verbindung und dem Übergangsmetall>

[0391] Anschließend wurde das Absorptionsspektrum eines Verbundmaterials aus 4mCzBPBfpm und Ag, die für die Elektroneninjectionsschicht des Licht emittierenden Elements 6 verwendet werden, gemessen. Die Ergebnisse werden in **Fig. 26** gezeigt. Die Herstellung und Messung der Proben wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0392] Wie in **Fig. 26** gezeigt, wurde bei etwa 450 nm für den Ag-Dünnschicht ein für einen Metallschicht spezifischer Oberflächen-Plasmon-Peak beobachtet. Im Gegensatz dazu wurde der Oberflächen-Plasmon-Peak für das Verbundmaterial aus 4mCzBPBfpm und Ag wie in Beispiel 1 nicht beobachtet. Daher wechselwirken in dem Dünnschicht bestehend aus dem Verbundmaterial aus 4mCzBPBfpm und Ag 4mCzBPBfpm und Ag wahrscheinlich miteinander.

[0393] Aus diesem Grund kann das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft als Element verwendet werden, bei dem ein Wirtsmaterial einer Licht emittierenden Schicht für eine Elektroneninjectionsschicht und eine Elektronentransportschicht verwendet wird und die Elektroneninjectionsschicht in Kontakt mit der Elektronentransportschicht ist. Darüber hinaus kann ein Material mit einem Pyrimidinring für das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung

ung vorteilhaft verwendet werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 3]

[0394] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elements 8 bis 10 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 7 beschrieben. In **Fig. 12** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 9 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, auf die vorstehenden Ausführungsformen und Beispiele verwiesen werden kann.

[Tabelle 9]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 7	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	1	Li ₂ O	-
	Elektronentransport-schicht	118(2)	20	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 8	Elektrode	101	70	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransport-schicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 9	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjectionsschicht	130	5	2Py3Tzn:Ag	1:0,35
	Elektronentransportschicht	118(3)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
		118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjectionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 10	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjectionsschicht	130	5	TmPPPyTz:Ag	1:0,15
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjectionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

[0395] Die LUMO-Niveaus der organischen Verbindungen, die in der Elektroneninjectionsschicht 130 der Licht emittierenden Elemente 9 und 10 verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0396] Infolgedessen berechneten sich die LUMO-Niveaus von 2Py3Tzn und TmPPPyTz zu -3,15 eV bzw. -3,00 eV.

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0397] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. Das Licht emittierende Vergleichselement 7 verwendet Li₂O, eine Li-Verbindung, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 verwenden jeweils für die Elektroneninjectionsschicht ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In den Licht emittierenden Elementen dieses Beispiels wird eine organische Verbindung mit einem Triazinring als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 7>>

[0398] Das Licht emittierende Vergleichselement 7 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 1 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118 und der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0399] Als Elektronentransportschicht 118(1) wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransport-

schicht 118(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurde dann Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 8 bis 10>>

[0400] Die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 7 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118(2) und der Elektroneninjectionsschicht 130.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 8>

[0401] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 8 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0402] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 9>

[0403] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 9 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 118(3) NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

[0404] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden 2Py3Tzn und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2Py3Tzn: Ag = 1:0,35 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(3) abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 10>

[0405] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 10 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0406] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden TmPPPyTz und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von TmPPPyTz: Ag = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0407] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 7 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0408] **Fig. 27** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 7 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 8 bis 10; **Fig. 28** zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften davon; **Fig. 29** zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und **Fig. 30** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 31** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0409] Tabelle 10 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 7 und der Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 10]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 7	3,2	2,5	(0,66, 0,34)	964	39	38	31
Licht emittierendes Element 8	3,3	2,9	(0,66, 0,34)	1111	38	36	30
Licht emittierendes Element 9	3,3	3,0	(0,66, 0,34)	1123	37	35	29
Licht emittierendes Element 10	3,3	2,6	(0,66, 0,34)	988	38	36	30

[0410] Wie in **Fig. 30** und Tabelle 10 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 7 und die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 25 %. Das Licht emittierende Vergleichselement 7 und die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in den **Fig. 27** und **Fig. 29** dargestellt. Die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 7 entspricht, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[0411] Wie in **Fig. 28** gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 7 und die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. Es ist auch herausgefunden worden, dass die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Elektroneninjectionseigenschaften aufwiesen, die denen des Licht emittierenden Vergleichselements 7, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird, gleichen.

[0412] Wie in **Fig. 31** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 7 und die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 616 nm und eine Halbwertsbreite von 53 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

[0413] Anschließend wurden die Betriebsdauertests des Licht emittierenden Vergleichselements 7 und der Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 durchgeführt. Die Messergebnisse der Betriebsdauertests werden in **Fig. 44** gezeigt. Es sei angemerkt, dass bei den Betriebsdauertests jedes Licht emittierende Element kontinuierlich bei einer konstanten Stromdichte von 25 mA/cm² betrieben wurde.

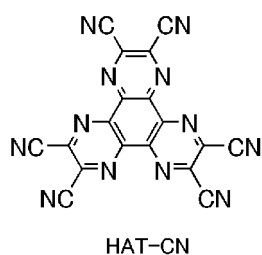
[0414] Wie in **Fig. 44** gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 8 bis 10 eine Betriebsdauer, die derjenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 7 gleicht.

[0415] Aus diesem Grund kann eine organische Verbindung mit einem Triazinring für das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft verwendet werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 4]

[0416] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 11 beschrieben. In **Fig. 12** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 11 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Die Struktur und Abkürzung einer Verbindung, die in diesem Beispiel verwendet wird, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der anderen Verbindungen auf die vorstehenden Ausführungsformen und Beispiele verwiesen werden kann.

[Chemische Formel 5]



[Tabelle 11]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 11	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 12	Elektrode	101	70	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
Licht emittierendes Element 13	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	HATNA:Ag	1:0,28
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140(1)	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 14	Elektrode	102	200	Al	-
	Pufferschicht	117	5	HAT-CN	-
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	HATNA:Ag	1:0,28
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140(1)	40	2mDBTBPDq-II: PCBBiF: Ir (dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

[0417] Das LUMO-Niveau von HATNA, das in der Elektroneninjektionsschicht 130 der Licht emittierenden Elemente 13 und 14 verwendet wurde, wurde durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0418] Infolgedessen berechnete sich das LUMO-Niveau von HATNA zu -3,50 eV.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 11>>

[0419] Das Licht emittierende Vergleichselement 11 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 1 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118 und der Elektroneninjektionsschicht 130.

[0420] Als Elektronentransportschicht 118(1) des Licht emittierenden Vergleichselements 11 wurde 2mDBTBPDq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0421] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden. Im Licht emittierenden Vergleichselement 11 wurde die Elektroneninjektionsschicht 130 nicht über die Elektronentransportschicht 118(2) bereitgestellt.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 12>>

[0422] Das Licht emittierende Element 12 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 11 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjektionsschicht 130.

[0423] Als Elektroneninjektionsschicht 130 des Licht emittierenden Elements 12 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 13>

[0424] Das Licht emittierende Element 13 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 11 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118(2) und der Elektroneninjektionsschicht 130.

[0425] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 13 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0426] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden. HATNA und Ag wurden ferner durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Ag = 1:0,28 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 14>>

[0427] Das Licht emittierende Element 14 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 13 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum zusätzlichen Ausbilden der Pufferschicht 117.

[0428] Als Pufferschicht 117 wurde HAT-CN durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0429] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 11 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0430] Fig. 32 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 11 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 12 bis 14; Fig. 33 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; Fig. 34 zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und Fig. 35 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Fig. 36 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0431] Tabelle 12 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 11 und der Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 12]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 11	9,4	5,8	(0,66, 0,34)	904	16	5	12
Licht emittierendes Element 12	3,2	2,4	(0,66, 0,34)	912	38	38	31
Licht emittierendes Element 13	3,2	2,4	(0,66, 0,34)	920	38	37	30
Licht emittierendes Element 14	3,2	2,5	(0,66, 0,34)	876	36	36	30

[0432] Wie in Fig. 35 und Tabelle 12 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von etwa 30 %. Die Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in Fig. 32 und Fig. 34 dargestellt. Im Gegensatz dazu weist das Licht emittierende Vergleichselement 11, das die Elektroneninjectionsschicht 130 nicht beinhaltet, eine geringe Effizienz auf, was darauf hindeutet, dass das Licht emittierende Element, das die Elektroneninjectionsschicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, eine vorteilhafte Ladungsträgerbilanz aufweist. Darüber hinaus ist die Effizienz der Licht emittierenden Elemente 13 und 14 gleichwertig mit der des Licht emittierenden Elements 12; somit kann HATNA vorteilhaft als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet werden. Das Licht emittierende Element 14, das die zwischen der Kathode und der Elektroneninjectionsschicht bereitgestellte Pufferschicht beinhaltet, wies ähnliche Eigenschaften auf wie das Licht emittierende Element 12.

[0433] Wie in **Fig. 33** gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften. Darüber hinaus deuten die äquivalenten Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 darauf hin, dass die Elektroneninjectionsschicht, die das Verbundmaterial aus HATNA und dem Übergangsmetall beinhaltet, vorteilhafte Eigenschaften aufweist. Das Licht emittierende Element 14, das die zwischen der Kathode und der Elektroneninjectionsschicht bereitgestellte Pufferschicht beinhaltet, wies ebenfalls ähnliche Eigenschaften auf wie das Licht emittierende Element 12. Im Gegensatz dazu weist das Licht emittierende Vergleichselement 11, das die Elektroneninjectionsschicht 130 nicht beinhaltet, eine hohe Betriebsspannung auf, was darauf hindeutet, dass das Licht emittierende Element, das die Elektroneninjectionsschicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, verbesserte Elektroneninjectionseigenschaften aufweist.

[0434] Wie in **Fig. 36** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 11 und die Licht emittierenden Elemente 12 bis 24 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 618 nm und eine Halbwertsbreite von 58 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dmp})$ emittiert wird.

[0435] Aus dem Vorstehenden wird ersichtlich, dass eine organische Verbindung mit einer konjugierten Doppelbindung N-C-C-N über eine Vielzahl von Ringstrukturen, wie beispielsweise HATNA, für das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft verwendet werden kann. Darüber hinaus weist das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das die Pufferschicht beinhaltet, die zwischen der Kathode und der Elektroneninjectionsschicht bereitgestellt ist, die das Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar beinhaltet, eine hohe Emissionseffizienz und eine niedrige Betriebsspannung auf und verbraucht wenig Strom.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0436] Anschließend wurden die Betriebsdauertests des Licht emittierenden Vergleichselements 11 und der Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 durchgeführt. Die Messergebnisse der Betriebsdauertests werden in **Fig. 45** gezeigt. Es sei angemerkt, dass bei den Betriebsdauertests jedes Licht emittierende Element kontinuierlich bei einer konstanten Stromdichte von 25 mA/cm² betrieben wurde.

[0437] Wie in **Fig. 45** gezeigt, wiesen die Licht emittierenden Elemente 12 bis 14 eine längere Betriebsdauer als das Licht emittierende Vergleichselement 11 auf. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Elemente 13 und 14 eine längere Betriebsdauer als das Licht emittierende Element 12, was darauf hindeutet, dass das Licht emittierende Element, das die Elektroneninjectionsschicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, eine gute Zuverlässigkeit aufweist.

[0438] Als Nächstes wurde ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit an den Licht emittierenden Elementen 13 und 14 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt.

[0439] Die Licht emittierenden Elemente 13 und 14 wurden 48 Stunden lang in einem thermostatischen Bad, das bei einer Temperatur von 65 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 95 % gehalten wurde, platziert; anschließend wurde der Emissionszustand jedes Licht emittierenden Elements gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt. Tabelle 13 zeigt die Messergebnisse.

[Tabelle 13]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Element 13	83 %
Licht emittierendes Element 14	67 %

[0440] Der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde auf 83 % (das Licht emittierende Element 13) und 67 % (das Licht emittierende Element 14) geschätzt. Das heißt, die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erwiesen sich als sehr feuchtigkeitsbeständig.

[0441] Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 5]

[0442] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elements 16 bis 18 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 15 beschrieben. In **Fig. 37** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 14 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Das in diesem Beispiel gezeigte Element weist eine sogenannte invertierte Mehrschichtstruktur auf, bei der eine EL-Schicht über einer Kathode bereitgestellt wird (eine Struktur, bei der eine EL-Schicht über einer Anode bereitgestellt wird, wird als geordnete Mehrschichtstruktur bezeichnet). Für die Strukturen und Abkürzungen der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsform 1 verwiesen werden.

[Tabelle 14]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 15	Elektrode	102	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	30	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	0.2	Li ₂ O	-
		130(1)	5	NBPhen	-
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 16	Elektrode	102	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	30	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	NBPhen: Ag	1:0,19
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 17	Elektrode	102	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	25	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
		130(1)	5	2Py3Tz:Ag	1:0,35
	Elektrode	101	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 18	Elektrode	102	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	25	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
		130(1)	5	TmPPPyTz:Ag	1:0,15
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 15>>

[0443] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0444] Als Elektroneninjektionsschicht 130 wurde dann NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über der Elektrode 101 abgeschieden. Anschließend wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm abgeschieden.

[0445] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(1) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm über der Elektroneninjektionsschicht 130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 118(2) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm abgeschieden.

[0446] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Elektronentransportschicht 118(2) in einem Gewichtsverhältnis von 42mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0447] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0448] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und MoO_3 über der Lochtransportschicht 112 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II: MoO_3 = 1:0,5 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden.

[0449] Als Nächstes wurde als Elektrode 102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0450] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 13 erhalten.

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 16 bis 18>>

[0451] Die Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 15 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 130 und der Elektronentransportschicht 118(1).

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 16>

[0452] Als Elektroneninjectionsschicht 130 des Licht emittierenden Elements 16 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektrode 101 abgeschieden.

[0453] Als Elektronentransportschicht 118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 17>

[0454] Als Elektroneninjectionsschicht 130 des Licht emittierenden Elements 17 wurden 2Py3Tzn und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2Py3Tzn: Ag = 1:0,35 in einer Dicke von 5 nm über der Elektrode 101 abgeschieden. Anschließend wurde NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

[0455] Als Elektronentransportschicht 118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 18>

[0456] Als Elektroneninjectionsschicht 130 des Licht emittierenden Elements 18 wurden TmPPPyTz und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von TmPPPyTz: Ag = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektrode 101 abgeschieden. Anschließend wurde NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

[0457] Als Elektronentransportschicht 118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0458] Anschließend wurden die Elementeeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 15 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0459] **Fig. 38** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 15 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 16 bis 18; **Fig. 39** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; **Fig. 40** zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und **Fig. 41** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 42** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0460] Tabelle 15 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 15 und der Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 15]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 15	4,8	2,6	(0,66, 0,34)	933	36	24	27
Licht emittierendes Element 16	4,8	2,4	(0,66, 0,34)	853	36	23	27
Licht emittierendes Element 17	4,8	3,1	(0,66, 0,34)	1135	37	24	27
Licht emittierendes Element 18	4,6	2,3	(0,66, 0,34)	937	38	25	28

[0461] Wie in **Fig. 41** und Tabelle 15 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 15 und die Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 25 %. Das Licht emittierende Vergleichselement 15 und die Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in **Fig. 38** und **Fig. 40** dargestellt. Darüber hinaus ist die Effizienz der Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 gleichwertig mit der des Licht emittierenden Vergleichselements 15, was darauf hindeutet, dass das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei Anwendung auf das invertierte mehrschichtige Element (inverted stacked element) eine vorteilhafte Emissionseffizienz erzielen kann.

[0462] Wie in **Fig. 39** gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 15 und die Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. Darüber hinaus weisen das Licht emittierende Vergleichselement 15 und die Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 gleichwertige Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften auf, was darauf hindeutet, dass das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften erzielen kann, wenn es auf das invertierte mehrschichtige Element angewandt wird.

[0463] Wie in **Fig. 42** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 15 und die Licht emittierenden Elemente 16 bis 18 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 619 nm und eine Halbwertsbreite von 58 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

[0464] Wie vorstehend beschrieben, kann das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch auf das invertierte mehrschichtige Element angewandt werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 6]

[0465] In diesem Beispiel wird ein Beispiel für die Herstellung eines Licht emittierenden Elements 19 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. In **Fig. 12** wird eine schematische Querschnittsansicht des Licht emittierenden Elements, das in diesem Beispiel hergestellt wird, gezeigt. In Tabelle 16 werden Details der Elementstruktur gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, auf Ausführungsform 1 verwiesen werden kann.

[Tabelle 16]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 19	Elektrode	102(2)	70	DBT3P-II	-
		102(1)	25	Ag	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	NBphen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBphen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140(1)	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdpprdmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101(2)	110	ITSO	-
		101(1)	100	APC	-

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 19>

[0466] Ein Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements dieses Beispiels wird im Folgenden beschrieben.

[0467] Als Elektrode 101 wurde eine Legierung aus Silber, Palladium und Kupfer (Ag-Pd-Cu oder APC) in einer Dicke von 100 nm über dem Substrat 210 ausgebildet, und dann wurde ITSO in einer Dicke von 110 nm ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0468] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 65 nm abgeschieden.

[0469] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0470] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0471] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(1) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0472] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0473] Als Elektroneninjektionsschicht 130 wurden dann NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0474] Als Elektrode 102 wurde dann Ag durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Elektroneninjektionsschicht 130 abgeschieden; anschließend wurde DBT3P-II durch Verdampfung in einer Dicke von 70 nm abgeschieden.

[0475] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 19 erhalten.

<Eigenschaften des Licht emittierenden Elements>

[0476] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Elements 19 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0477] Fig. 46 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Elements 19, und Fig. 47 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon. Fig. 48 zeigt das Elektrolumineszenzspektrum des Licht emittierenden Elements 19, durch das ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0478] Tabelle 17 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements 19 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 17]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromati- zität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)
Licht emittierendes Element 19	3,0	1,0	(0,67, 0,33)	998	96

[0479] Wie in Fig. 48 dargestellt, zeigte das Licht emittierende Element 19 eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei 616 nm und eine Halbwertsbreite von 24 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

[0480] Wie in Fig. 46 und Tabelle 17 dargestellt, zeigte das Licht emittierende Element 19 eine vorteilhafte Stromeffizienz von über 96 cd/A, wobei es tiefes Rot emittierte.

[0481] Wie in Fig. 47 dargestellt, wies das Licht emittierende Element 19 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften auf, was darauf hindeutet, dass das Verbundmaterial aus NBPhen und Ag vorteilhafte Elektroneninjectionseigenschaften aufweist. Daher weist das Licht emittierende Element, das das gleiche Metall für die Elektroneninjectionsschicht 130 und die Elektrode 102 als Kathode verwendet, vorteilhafte Eigenschaften auf.

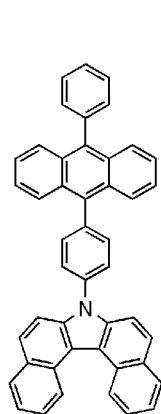
[0482] Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 7]

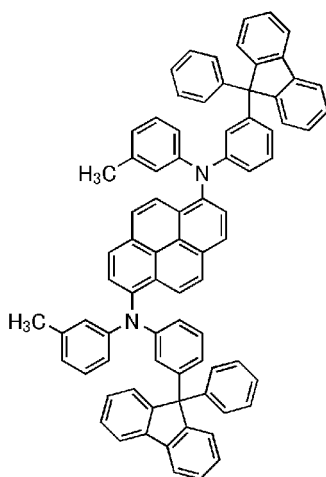
[0483] Um Nebensprechen (crosstalk) auszuwerten, wurde in diesem Beispiel ein Passiv-Matrix-Feld, dessen Pixeldichte 326 ppi war, hergestellt. Das Feld umfasst R-, G- und B-Pixel, die in einem Streifen angeordnet sind. Die Pixelgröße betrug 78 µm × 78 µm. Die Größe eines Subpixels (jedes R-, G- und B-Pixels) betrug 26 µm × 78 µm. Das Öffnungsverhältnis betrug 65,7 %.

[0484] Beispiele für die Herstellung eines Licht emittierenden Elements 20 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 21 werden beschrieben. In Fig. 51 wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 18 und 19 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. In Fig. 51 stellen ein Bereich 2622R, ein Bereich 2622G und ein Bereich 2622B jeweils ein rotes Pixel, ein grünes Pixel und ein blaues Pixel dar. Das in diesem Beispiel hergestellte Licht emittierende Element beinhaltet eine Vielzahl von roten (R-) Pixeln, eine Vielzahl von grünen (G-) Pixeln und eine Vielzahl von blauen (B-) Pixeln. In dem in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Element ist die Vielzahl der Pixel in der Reihenfolge R-, G- und B-Pixel angeordnet. Die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der anderen Verbindungen auf die vorstehenden Ausführungsformen und Beispiele verwiesen werden kann.

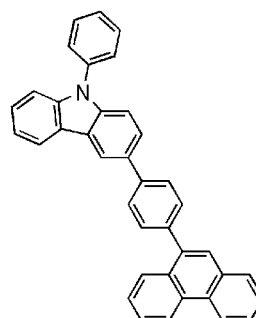
[Chemische Formel 6]



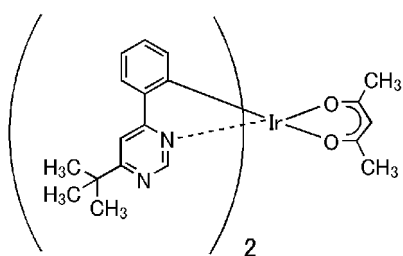
cgDBCzPA



1,6mMemFLPAPrn



PCPPn

 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$

[Tabelle 18]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 20	Elektrode	2641(2)	70	DBT3P-II	-
		2641(1)	20	Ag	-
	Elektroneninjektionsschicht	2639	0.2	Li ₂ O	-
	Elektronentransport-schicht	2638(2)	15	NBPhen	-
		2638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	2646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,8:0,2:0,06
		2646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (tBuppm) ₂ (acac)	0,7:0,3:0,06
	Lochtransportschicht	2637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	2635	13	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	2634	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransport-schicht	2633(2)	10	NBPhen	-
		2633(1)	5	cqDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	2644	30	cqDBCzPA : 1, 6mMemFLPAPm	1:0,03
	Lochtransportschicht	2632	20	PCPPn	-
	Lochinjektionsschicht	2631	13	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	siehe Tabelle 19			

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 21	Elektrode	2641(2)	70	DBT3P-II	
		2641(1)	20	Aq	-
	Elektroneninjektionsschicht	2639	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransport-schicht	2638(2)	20	NBPhen	-
		2638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	2646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,8:0,2:0,06
		2646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (tBuppm) ₂ (acac)	0,7:0,3:0,06
	Lochtransportschicht	2637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	2635	13	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	2634(2)	1	CuPc	-
		2634(1)	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransport-schicht	2633(1)	15	NBPhen	-
		2644	5	cgDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	2632	30	cgDBCzPA : 1, 6mMemFLPAPm	1:0,03
	Lochtransportschicht	2631	20	PCPPn	-
	Lochinjektionsschicht	631	13	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	siehe Tabelle 19			

[Tabelle 19]

Pixel	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material
R-Pixel	2664c	80	ITSO
	2664b	6	Ti
	2664a	200	Al-Ni-La
G-Pixel	2663c	40	ITSO
	2663b	6	Ti
	2663a	200	Al-Ni-La
B-Pixel	2661b	6	Ti
	2661a	200	Al-Ni-La

<Herstellung des Licht emittierenden Elements>

[0485] Ein Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben. Das Licht emittierende Element 20 ist ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das für eine Elektroneninjektionsschicht zwischen zwei Emissionseinheiten einen Verbundfilm aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten

Elektronenpaar verwendet. Das Licht emittierende Vergleichselement 21 verwendet Lithiumoxid (Li_2O), eine Li-Verbindung, die typischerweise für die Elektroneninjektionsschicht verwendet wird.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 20>>

[0486] Als Elektroden 2661, 2663 und 2664 wurde ein Aluminium- (Al-) Nickel- (Ni-) Lanthan- (La-) Legierungsfilm über einem Substrat 2650 in einer Dicke von 200 nm ausgebildet. Anschließend wurde ein Titan- (Ti-) Film in einer Dicke von 6 nm ausgebildet und eine Wärmebehandlung wurde eine Stunde lang bei 300 °C durchgeführt. Anschließend wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 80 nm im R-Pixel und einer Dicke von 40 nm im G-Pixel ausgebildet.

[0487] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 2631 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO_3) über den Elektroden 2661, 2663 und 2664 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II: MoO_3 = 1:0,5 in einer Dicke von 13 nm abgeschieden.

[0488] Als Lochtransportschicht 2632 wurde dann PCPPn durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 2631 abgeschieden.

[0489] Als Licht emittierende Schicht 2644 wurden dann cgDBCzPA und 1,6mMemFLPAPrn durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 2632 in einem Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn = 1:0,03 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 2644 cgDBCzPA ein Wirtsmaterial ist und 1,6mMemFLPAPrn ein Gastmaterial (eine fluoreszierende Verbindung) ist.

[0490] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 2633(1) cgDBCzPA durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über der Licht emittierenden Schicht 2644 abgeschieden.

[0491] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 2633(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 2633(1) abgeschieden.

[0492] Als Elektroneninjektionsschicht 2634 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 2633(2) abgeschieden.

[0493] Als Nächstes wurden als Ladungserzeugungsschicht 2635 DBT3P-II und MoO_3 über der Elektroneninjektionsschicht 2634 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II: MoO_3 = 1:0,5 in einer Dicke von 13 nm abgeschieden.

[0494] Als Lochtransportschicht 2637 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Ladungserzeugungsschicht 2635 abgeschieden.

[0495] Als Licht emittierende Schicht 2646 wurden dann 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 2637 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II: PCBBiF: $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ = 0,7:0,3:0,06 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Anschließend wurden 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II: PCBBiF: $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ = 0,8:0,2:0,06 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 2646 2mDBTBPDq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ und $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ Gastmaterialien (phosphoreszierende Verbindungen) sind.

[0496] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 2638(1) 2mDBTBPDq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 2646 abgeschieden.

[0497] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 2638(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 2638(1) abgeschieden.

[0498] Als Elektroneninjektionsschicht 2639 wurde Li_2O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 2638(2) abgeschieden.

[0499] Als Elektrode 2662 wurde dann Ag über der Elektroneninjectionsschicht 2639 durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Anschließend wurde DBT3P-II durch Verdampfung in einer Dicke von 70 nm abgeschieden.

[0500] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 20 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Befestigen eines Substrats 2652 an dem Substrat 2650, über dem die organische Verbindung abgeschieden wurde, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung abgedichtet. Insbesondere wurde das Dichtungsmittel an der Peripherie des Substrats 2652 aufgetragen, und das Substrat 2652 wurde an dem Substrat 2650, über dem die organische Verbindung abgeschieden wurde, befestigt; dann wurden eine Bestrahlung mit UV-Licht mit einer Wellenlänge von 365 nm bei 6 J/cm² sowie eine Wärmebehandlung bei 80 °C für eine Stunde durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 20 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 21>>

[0501] Das Licht emittierende Vergleichselement 21 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 20 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 2633(2) und der Elektroneninjectionsschicht 2634.

[0502] Als Elektronentransportschicht 2633(2) des Licht emittierenden Vergleichselements 21 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden. Anschließend wurde als Elektroneninjectionsschicht 2634 Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von CuPc durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm.

<Beobachtung des Nebensprechens jedes Licht emittierenden Elements>

[0503] Das Nebensprechen des Licht emittierenden Elements 20 und des Licht emittierenden Vergleichselements 21 wurde ausgewertet. Die Ergebnisse werden in **Fig. 52A** und **Fig. 52B** gezeigt. **Fig. 52A** ist eine vergrößerte Aufnahme von Pixeln des Licht emittierenden Elements 20, in dem blaue Pixel Licht emittieren, und **Fig. 52B** ist eine vergrößerte Aufnahme von Pixeln des Licht emittierenden Vergleichselements 21, in dem blaue Pixel Licht emittieren. In **Fig. 52A** und **Fig. 52B** fließt ein Strom in blauen Pixeln, die durch Pfeile gekennzeichnet sind, und in blauen Pixeln links von den blauen Pixeln, die durch Pfeile gekennzeichnet sind, während kein Strom in roten Pixeln, grünen Pixeln und blauen Pixeln rechts von den durch die Pfeile gekennzeichneten blauen Pixeln fließt.

[0504] **Fig. 52A** und **Fig. 52B** zeigen, dass im Licht emittierenden Vergleichselement 21 nicht nur von den mit Strom versorgten blauen Pixeln, sondern auch von grünen und roten Pixeln, die an diese blauen Pixel angrenzen, Licht emittiert wird, während beim Licht emittierenden Element 20 das Licht, das von den grünen und roten Pixeln emittiert wird, die an die blauen Pixel angrenzen, im Vergleich zu dem Licht emittierenden Vergleichselement 21 reduziert wird. Im Licht emittierenden Vergleichselement 21 wird Li₂O, eine Alkalimetallverbindung, für die der Ladungserzeugungsschicht benachbarte Elektronentransportschicht verwendet, so diffundiert Li leicht in die Elektronentransportschicht, und ein Strom, der den blauen Pixeln zugeführt wird, um Licht zu emittieren, fließt durch die Elektronentransportschicht in die grünen und roten Pixel, die an die blauen Pixel angrenzen, was zum Nebensprechen führt. Im Gegensatz dazu verwendet das Licht emittierende Element 20 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Übergangsmetall für die Elektronentransportschicht, so dass die Diffusion des Metalls nicht leicht hervorgerufen wird und das Nebensprechen reduziert werden kann.

[0505] Als Nächstes wurde die Intensität des Lichts, das infolge von Nebensprechen von Pixeln emittiert wird, die an die blaues Licht emittierenden Pixel angrenzen, hinsichtlich des Abstands von den blauen Pixeln geschätzt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 53** gezeigt. In **Fig. 53** stellt die Längsachse die Helligkeit des roten Lichts dar, die aus den in **Fig. 52A** und **Fig. 52B** gezeigten Daten extrahiert wurde, und die Querachse stellt den Abstand von den durch die Pfeile in **Fig. 52A** und **Fig. 52B** gekennzeichneten blauen Pixeln zu den roten Pixeln rechts von diesen blauen Pixeln dar, der aus den in **Fig. 52A** und **Fig. 52B** gezeigten Daten extrahiert wurde. Die Längs- und Querachsen stellen jeweils eine beliebige Einheit dar. **Fig. 53** zeigt, dass die Emissionsintensität des Licht emittierenden Elements 20 niedriger ist als die des Licht emittierenden Vergleichselements 21. Mit anderen Worten, das Nebensprechen deckt im Licht emittierenden Element 20 einen geringeren Abstand ab als im Licht emittierenden Vergleichselement 21.

[0506] Ausgehend davon wurde festgestellt, dass das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Nebensprechen effektiv reduziert.

[Beispiel 8]

[0507] Beispiele für die Herstellung eines Licht emittierenden Elements 22 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 23 werden beschrieben. In **Fig. 54** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 20 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsform 1 verwiesen werden.

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0508] Ein Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben. Das Licht emittierende Element 22 ist ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das für eine Elektroneninjectionsschicht zwischen zwei Emissionseinheiten einen Verbundfilm aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet. Das Licht emittierende Vergleichselement 23 verwendet Li_2O , eine Li-Verbindung, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[Tabelle 20]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 22	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjectionsschicht	3639	5	NBPhen:Ap	1:0,19
	Elektronentransport-schicht	3638(2)	10	NBPhen	-
		3638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,8:0,2:0,06
		3646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (tBuppm) ₂ (acac)	0,7:0,3:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	30	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjectionsschicht	3634	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransport-schicht	3633(2)	10	NBPhen	-
		3633(1)	5	cgDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	3644	25	cgDBCzPA : 1, 6mMemFLPAPm	1:0,03
	Lochtransportschicht	3632	10	PCPPn	-
	Lochinjectionsschicht	3631	10	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 23	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	LiF	1:0,19
	Elektronentransport-schicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,8:0,2:0,06
		3646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (tBuppm) ₂ (acac)	0,7:0,3:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635(2)	30	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
		3635(1)	1	CuPc	-
	Elektroneninjektionsschicht	3634(1)	0.2	Li ₂ O	-
	Elektronentransport-schicht	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	5	caDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	3644	25	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPm	1:0,03
	Lochtransportschicht	3632	10	PCPPn	-
	Lochinjektionsschicht	3631	10	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 22>>

[0509] Als Elektrode 3642 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über einem Substrat 3650 ausgebildet. Die Elektrodenfläche wurde auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt.

[0510] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 3631 DBT3P-II und MoO₃ über der Elektrode 3642 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 10 nm abgeschieden.

[0511] Als Lochtransportschicht 3632 wurde dann PCPPn durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Lochinjektionsschicht 3631 abgeschieden.

[0512] Als Licht emittierende Schicht 3644 wurden dann cgDBCzPA und 1,6mMemFLPAPm durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 3632 in einem Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPm = 1:0,03 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 3644 cgDBCzPA ein Wirtsmaterial ist und 1,6mMemFLPAPm ein Gastmaterial (eine fluoreszierende Verbindung) ist.

[0513] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3633(1) cgDBCzPA durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über der Licht emittierenden Schicht 3644 abgeschieden.

[0514] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3633(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 3633(1) abgeschieden.

[0515] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) abgeschieden.

[0516] Als Nächstes wurden als Ladungserzeugungsschicht 3635 DBT3P-II und MoO₃ über der Elektroneninjectionsschicht 3634 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 30 nm abgeschieden.

[0517] Als Lochtransportschicht 3637 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Ladungserzeugungsschicht 3635 abgeschieden.

[0518] Als Licht emittierende Schicht 3646 wurden dann 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und Ir(tBuppm)₂(acac) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 3637 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II: PCBBiF: Ir(tBuppm)₂(acac) = 0,7:0,3:0,06 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Anschließend wurden 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,8:0,2:0,06 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 3646 2mDBTBPDq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) und Ir(tBuppm)₂(acac) Gastmaterialien (phosphoreszierende Verbindungen) sind.

[0519] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3638(1) 2mDBTBPDq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 3646 abgeschieden.

[0520] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3638(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 3638(1) abgeschieden.

[0521] Als Elektroneninjectionsschicht 3639 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3638(2) abgeschieden.

[0522] Als Elektrode 3641 wurde dann Al über der Elektroneninjectionsschicht 3639 durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

[0523] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 22 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Befestigen eines Substrats 3652 an dem Substrat 3650, über dem die organische Verbindung abgeschieden wurde, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung abgedichtet. Insbesondere wurde das Dichtungsmittel an der Peripherie des Substrats 3652 aufgetragen und das Substrat 3652 wurde an dem Substrat 3650, über dem der organische Verbindungsfilm abgeschieden wurde, befestigt; dann wurden eine Bestrahlung mit UV-Licht mit einer Wellenlänge von 365 nm bei 6 J/cm² sowie eine Wärmebehandlung bei 80 °C für eine Stunde durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 22 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 23>>

[0524] Das Licht emittierende Vergleichselement 23 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 22 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 3633(2), der Elektroneninjectionsschicht 3634, der Elektronentransportschicht 3638(2) und der Elektroneninjectionsschicht 3639.

[0525] Als Elektronentransportschicht 3633(2) des Licht emittierenden Vergleichselements 23 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 3633(1) abgeschieden.

[0526] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von CuPc durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm.

[0527] Als Elektronentransportschicht 3638(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 3638(1) abgeschieden.

[0528] Als Elektroneninjectionsschicht 3639 wurde LiF durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 3638(2) abgeschieden.

<<Messung der Licht emittierenden Elemente>>

[0529] Die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Elements 22 und des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 23 wurden gemessen. Die Leuchtdichte und die CIE-Chromatizität wurden mit einem Leuchtdichte-Farbmessgerät (BM-5A, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen, und die Elektrolumineszenzspektren wurden mit einem Mehrkanalspektrometer (PMA-11, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen.

[0530] Fig. 55 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Elements 22 und des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 23; Fig. 56 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften davon; Fig. 57 zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und Fig. 58 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Es sei angemerkt, dass die Messungen der Licht emittierenden Elemente bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurden. Fig. 59 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0531] Tabelle 21 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Elements 22 und des Licht emittierenden Vergleichselements 23 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 21]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 22	6,40	2,04	(0,391, 0,391)	1030	50,4	24,8	29,7
Licht emittierendes Vergleichselement 23	5,80	1,64	(0,390, 0,323)	876	53,2	28,8	30,6

[0532] Wie in Fig. 58 und Tabelle 21 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Element 22 und das Licht emittierende Vergleichselement 23 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 30 %. Das Licht emittierende Element 22 und das Licht emittierende Vergleichselement 23 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in Fig. 55 und Fig. 57 dargestellt. Aus Fig. 55, Fig. 57 und Fig. 58 ist ersichtlich, dass das Licht emittierende Element 22 und das Licht emittierende Vergleichselement 23 eine gleichwertige Emissionseffizienz zeigten. Das heißt, das Licht emittierende Element 22 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigte eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 23 entspricht, das Li₂O und LiF verwendet, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet werden.

[0533] Wie in Fig. 56 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Element 22 und das Licht emittierende Vergleichselement 23 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. Es wurde auch festgestellt, dass der Verbundfilm aus NBPhen und Ag signifikant hohe Elektroneninjektionseigenschaften aufweist.

[0534] Wie in Fig. 59 gezeigt, weisen die Elektrolumineszenzspektren des Licht emittierenden Elements 22 und des Licht emittierenden Vergleichselements 23 jeweils Peakwellenlängen bei etwa 467 nm, 538 nm und 617 nm auf, was darauf hindeutet, dass das Licht emittierende Element 22 und das Licht emittierende Vergleichselement 23 weißes Licht emittieren, das Peaks in allen drei Wellenlängenbereichen, d. h. Blau, Grün und Rot, aufweist. Darüber hinaus weisen das Licht emittierende Element 22 und das Licht emittierende Vergleichselement 23 nahezu das gleiche Elektrolumineszenzspektrum auf, d. h. das Licht emittierende Element 22 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist hohe Elektroneninjektionseigenschaften auf, die denen des Licht emittierenden Vergleichselements 23 entsprechen, das eine Li-Verbindung verwendet, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[0535] Von daher weist das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Elektroneninjektionseigenschaften auf, die denen des Licht emittierenden Elements entsprechen, das eine Li-Verbindung verwendet, die typischerweise für die Elektroneninjektionsschicht verwendet wird, und es weist somit eine niedrige Betriebsspannung und eine hohe Emissionseffizienz auf.

[Beispiel 9]

[0536] Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 24 bis 26 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden beschrieben. In **Fig. 54** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 22 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsform 1 verwiesen werden kann.

[Tabelle 22]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 24	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	Elektronentransportschicht	3633(2)	15	NBPhen	
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 25	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634	5	Alq:Ag	1:0,24
	Elektronentransportschicht	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 26	Elektrode	3642	70	ITSO	-
	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634	5	2mDBTBPDBq-II:Ag	1:0,20
	Elektronentransportschicht	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 24>>

[0537] Als Elektrode 3642 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 3650 ausgebildet. Die Elektrodenfläche wurde auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt.

[0538] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 3631 DBT3P-II und MoO₃ über der Elektrode 3642 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 65 nm abgeschieden.

[0539] Als Lochtransportschicht 3632 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 3631 abgeschieden.

[0540] Als Licht emittierende Schicht 3644 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 3632 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 3644 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0541] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3633(1) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Licht emittierenden Schicht 3644 abgeschieden.

[0542] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3633(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 3633(1) abgeschieden.

[0543] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) abgeschieden.

[0544] Als Nächstes wurden als Ladungserzeugungsschicht 3635 DBT3P-II und MoO₃ über der Elektroneninjectionsschicht 3634 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 80 nm abgeschieden.

[0545] Als Lochtransportschicht 3637 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Ladungserzeugungsschicht 3635 abgeschieden.

[0546] Als Licht emittierende Schicht 3646 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 3637 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 3646 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0547] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3638(1) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 3646 abgeschieden.

[0548] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 3638(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 3638(1) abgeschieden.

[0549] Als Elektroneninjectionsschicht 3639 wurde LiF durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 3638(2) abgeschieden.

[0550] Als Elektrode 3641 wurde dann Al über der Elektroneninjectionsschicht 3639 durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

[0551] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 24 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Befestigen des Substrats 3652 an dem Substrat 3650, über dem die organische Verbindung abgeschieden wurde, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung abgedichtet. Insbesondere wurde das Dichtungsmittel an der Peripherie des Substrats 3652 aufgetragen und das Substrat 3652 wurde an dem Substrat 3650, über dem der organische Verbindungsfilm abgeschieden wurde, befestigt; dann wurden eine Bestrahlung mit UV-Licht mit einer Wellenlänge von 365

nm bei 6 J/cm² sowie eine Wärmebehandlung bei 80 °C für eine Stunde durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 24 erhalten.

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 25 und 26>>

[0552] Die Licht emittierenden Elemente 25 und 26 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 24 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 3634.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 25>

[0553] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurden Alq₃ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq₃: Ag = 1:0,24 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) des Licht emittierenden Elements 25 abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 26>

[0554] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurden 2mDBTBPDBq-II und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: Ag = 1:0,20 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) des Licht emittierenden Elements 26 abgeschieden.

<<Messung der Licht emittierenden Elemente>>

[0555] Die Elementeigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 24 bis 26 wurden gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0556] Fig. 60 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 24 bis 26; Fig. 61 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften davon; Fig. 62 zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und Fig. 63 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Es sei angemerkt, dass die Messungen der Licht emittierenden Elemente bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurden. Fig. 64 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0557] Tabelle 23 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Element 24 bis 26 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 23]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 24	6,30	1,41	(0,675, 0,325)	947	67,0	33,4	57,9
Licht emittierendes Element 25	8,20	1,55	(0,671, 0,329)	983	63,4	24,3	51,2
Licht emittierendes Element 26	7,00	1,41	(0,672, 0,328)	967	69,8	30,9	56,8

[0558] Wie in Fig. 63 und Tabelle 23 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 24 bis 26 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 50 %. Die Licht emittierenden Elemente 24 bis 26 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in Fig. 60 und Fig. 62 dargestellt. Somit weisen die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Emissionseffizienz auf.

[0559] Wie in **Fig. 61** gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 24 bis 26 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. Insbesondere zeigten die Licht emittierenden Elemente 24 und 26 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften, was darauf hindeutet, dass das Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar hohe Elektroneninjektionseigenschaften aufweist.

[0560] Wie in **Fig. 64** dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 24 bis 26 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 619 nm und eine Halbwertsbreite von 60 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dmp})$ emittiert wird.

[0561] Aus diesem Grund weist das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Elektroneninjektionseigenschaften auf und weist daher eine niedrige Betriebsspannung und eine hohe Emissionseffizienz auf. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 10]

[0562] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 30 beschrieben. In **Fig. 54** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 24 und 25 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsformen verwiesen werden.

[Tabelle 24]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 27	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	3638(2)	10	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 28	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634(2)	5	2Pv3Tz: Aq	1:0,35
		3634(1)	5	NBPhen Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

[Tabelle 25]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 29	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	NBPhen:Ag	-
	Elektronentransportschicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634(2)	5	TmPPPyTz:Ag	1:0,15
		3634(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 30	Elektrode	3641	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	3639	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3637	20	BPAFLP	-
	Ladungserzeugungsschicht	3635	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	3634	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportschicht	3633(2)	20	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	3632	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	3631	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	3642	70	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0563] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. Das Licht emittierende Vergleichselement 30 verwendet Li₂O und LiF, Li-Verbindungen, die typischerweise für die Elektroneninjektionsschicht verwendet werden. Die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 verwenden für die Elektroneninjektionsschicht jeweils ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In den Licht emittierenden Elementen 27 bis 29 wird eine organische Verbindung mit einem Triazinring als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 27>>

[0564] Das Licht emittierende Element 27 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 24 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 3638 und der Elektroneninjektionsschicht 3639.

[0565] Als Elektronentransportschicht 3638(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 3638(1) des Licht emittierenden Elements 27 abgeschieden.

[0566] Als Elektroneninjektionsschicht 3639 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3638(2) abgeschieden.

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 28 und 29>

[0567] Die Licht emittierenden Elemente 28 und 29 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 27 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 3633(2) und der Elektroneninjectionsschicht 3634.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 28>

[0568] Als Elektronentransportschicht 3633(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 3633(1) abgeschieden.

[0569] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) abgeschieden. Anschließend wurden 2Py3Tzn und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2Py3Tzn: Ag = 1:0,35 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 29>

[0570] Als Elektronentransportschicht 3633(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 3633(1) abgeschieden.

[0571] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) abgeschieden. Anschließend wurden TmPPPyTz und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von TmPPPyTz: Ag = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<Fabrication of comparative light-emitting element 30>

[0572] Das Licht emittierende Vergleichselement 30 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 27 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 3633(2), der Elektroneninjectionsschicht 3634, der Elektronentransportschicht 3638(2) und der Elektroneninjectionsschicht 3639.

[0573] Als Elektronentransportschicht 3633(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Elektronentransportschicht 3633(1) des Licht emittierenden Vergleichselements 30 abgeschieden.

[0574] Als Elektroneninjectionsschicht 3634 wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 3633(2) abgeschieden.

[0575] Als Elektronentransportschicht 3638(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 3638(1) abgeschieden.

[0576] Als Elektroneninjectionsschicht 3639 wurde LiF durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 3638(2) abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0577] Die Elementeeigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 30 wurden gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0578] **Fig. 65** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 30; **Fig. 66** zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften davon; **Fig. 67** zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und **Fig. 68** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 69** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0579] Tabelle 26 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und des Licht emittierenden Vergleichselements 30 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 26]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 27	6,60	1,80	(0,670, 0,331)	1120	63,3	29,6	52,4
Licht emittierendes Element 28	6,00	1,40	(0,670, 0,331)	889	62,3	33,2	53,0
Licht emittierendes Element 29	6,40	1,26	(0,669, 0,331)	801	63,8	33,2	52,9
Licht emittierendes Vergleichselement 30	7,40	1,46	(0,668, 0,332)	924	63,5	26,9	52,0

[0580] Wie in **Fig. 68** und Tabelle 26 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und das Licht emittierende Vergleichselement 30 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 50 %. Die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und das Licht emittierende Vergleichselement 30 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in **Fig. 65** und **Fig. 67** dargestellt. Die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 30 entspricht, das Li₂O und LiF verwendet, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet werden.

[0581] Wie in **Fig. 66** gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und das Licht emittierende Vergleichselement 30 vorteilhafte Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften. Es ist auch herausgefunden worden, dass die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Elektroneninjectionseigenschaften aufwiesen, die denen des Licht emittierenden Vergleichselements 30, bei dem Li₂O und LiF verwendet werden, die typische Materialien für die Elektroneninjectionsschicht sind, überlegen sind.

[0582] Wie in **Fig. 69** dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 27 bis 29 und das Licht emittierende Vergleichselement 30 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 620 nm und eine Halbwertsbreite von 60 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

[0583] Aus diesem Grund kann eine organische Verbindung mit einem Triazinring für das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft verwendet werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 11]

[0584] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und der Licht emittierenden Vergleichselemente 31 und 35 bis 37 beschrieben. In **Fig. 70** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 27 bis 29 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf Beispiel 1 verwiesen werden.

[Tabelle 27]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittieren- des Vergleichs- element 31	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130	0.2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportschicht	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-
Licht emittieren- des Element 32	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 33	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	Alq ₃ :Ag	1:0,24
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

[Tabelle 28]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 34	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	HATNA:Ag	1:0,28
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 35	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

[Tabelle 29]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 36	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	Alq ₃ :Ag	1:0,24
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 37	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	HATNA:Ag	1:0,28
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

[0585] Die LUMO-Niveaus der organischen Verbindungen, die in einer Elektroneninjektionsschicht 4130 der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und der Licht emittierenden Vergleichselemente 31 und 35 bis 37 verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 30 gezeigt.

[Tabelle 30]

	LUMO (eV)
NBPhen	-2, 83
Alq ₃	-2,80
HATNA	-3,50

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0586] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. Das Licht emittierende Vergleichselement 31 verwendet Lithiumoxid (Li₂O), eine Li-Verbindung, die typischerweise für die Elektroneninjektionsschicht verwendet wird. Die Licht emittierenden Elemente 31 bis 34 verwenden für die Elektroneninjektionsschicht jeweils ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 unterscheiden sich von den Licht emittierenden Elementen 32 bis 34 dadurch, dass keine Ladungserzeugungsschicht 4135 bereitgestellt ist.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 31>>

[0587] Als Elektrode 4101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 110 nm über einem Substrat 4210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 4101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0588] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 4111 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektrode 4101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden.

[0589] Als Lochtransportschicht 4112 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 4111 abgeschieden.

[0590] Als Nächstes wurden als Licht emittierende Schicht 4140 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 4112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 4140 2mDBTBPDq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0591] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 4118(1) 2mDBTBPDq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 abgeschieden.

[0592] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0593] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden.

[0594] Als Nächstes wurden als Ladungserzeugungsschicht 4135 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektroneninjectionsschicht 4130 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II: MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 15 nm abgeschieden.

[0595] Als Nächstes wurde als Elektrode 4102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Ladungserzeugungsschicht 4135 abgeschieden.

[0596] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 31 erhalten.

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34>>

[0597] Die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 31 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118(2) und der Elektroneninjectionsschicht 4130.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 32>

[0598] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 32 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0599] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 33>

[0600] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 33 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0601] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden Alq₃ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq₃: Ag = 1:0,24 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 34>

[0602] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 34 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0603] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden HATNA und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Ag = 1:0,28 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 35>>

[0604] Das Licht emittierende Vergleichselement 35 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 32 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0605] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 35 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm.

[0606] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 36>>

[0607] Das Licht emittierende Vergleichselement 36 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 32 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0608] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 36 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0609] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 37>>

[0610] Das Licht emittierende Vergleichselement 37 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 32 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0611] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 36 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0612] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0613] Anschließend wurden die Elementeeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 31, der hergestellten Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 gemessen. Die Leuchtdichte und die CIE-Chromatizität wurden mit einem Leuchtdichte-Farbmessgerät (BM-5A, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen, und die Elektrolumineszenzspektren wurden mit einem Mehrkanalspektrometer (PMA-11, hergestellt von Hamamatsu Photonics K. K.) gemessen.

[0614] **Fig. 71** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 31, der hergestellten Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37; **Fig. 72** zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften davon; **Fig. 73** zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; und **Fig. 74** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Es sei angemerkt, dass die Messungen der Licht emittierenden Elemente bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurden. **Fig. 75** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0615] Tabelle 31 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 31, der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und der Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 31]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 31	4,40	3,07	(0,662, 0,338)	1150	37,5	26,8	29,0
Licht emittierendes Element 32	3,60	2,37	(0,663, 0,338)	932	39,3	34,3	30,7
Licht emittierendes Element 33	3,50	2,72	(0,662, 0,338)	1040	38,4	34,5	30,0
Licht emittierendes Element 34	3,10	2,24	(0,663, 0,337)	868	38,7	39,2	30,2
Licht emittierendes Vergleichselement 35	3,30	2,28	(0,663, 0,337)	924	40,5	38,6	31,3
Licht emittierendes Vergleichselement 36	3,40	2,73	(0,663, 0,337)	1080	39,8	36,7	30,6
Licht emittierendes Vergleichselement 37	3,30	2,23	(0,663, 0,337)	888	39,9	37,9	30,8

[0616] Wie in **Fig. 74** und Tabelle 31 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 31, die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 25 %. Das Licht emittierende Vergleichselement 31, die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz und eine hohe Energieeffizienz, wie in den **Fig. 71** und **Fig. 73** dargestellt. Die Licht emittierenden Elemente 32 und 34 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 31 entspricht, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 eine hohe Effizienz, die der der Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 entspricht, bei denen die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht bereitgestellt ist.

[0617] Wie in **Fig. 72** gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 31, die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 vorteilhafte Strom-Spannungseigenschaften. Insbesondere die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 wiesen höhere Strom-Spannungseigenschaften auf als das Licht emittierende Vergleichselement 31. Dies deutet darauf hin, dass in dem Fall, in dem die Elektroneninjectionsschicht in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht ist, das Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar Elektroneninjectionseigenschaften aufweist, die denen der Li-Verbindung überlegen sind, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht beinhalten, vorteilhafte Strom-Spannungseigenschaften, die denen der Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 entsprechen, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht nicht beinhalten.

[0618] Wie in **Fig. 75** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 31, die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und die Licht emittierenden Vergleichselemente jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 616 nm und eine Halbwertsbreite von 58 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0619] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an den Licht emittierenden Elementen 32 bis 34 und den Licht emittierenden Vergleichselementen 35 bis 37 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Im Allgemeinen verursacht Feuchtigkeit, die in das Licht emittierende Element eintritt, dunkle Flecken (Nicht-Emissionsbereiche in einem Licht emittierenden Abschnitt) oder Schwund (Nicht-Emissionsbereiche am Ende des Licht emittierenden Abschnitts), was die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements negativ beeinträchtigt. Somit ermöglicht der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit eine Bewertung der Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements gegen Feuchtigkeit.

[0620] Hier zeigt Tabelle 32 eine Elementstruktur eines Licht emittierenden Vergleichselements A, das im Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit verwendet wurde. Es sei angemerkt, dass ein Herstellungsverfahren des Licht emittierenden Vergleichselements A nicht beschrieben wird, da es dem in Beispiel 1 dargestellten ähnlich ist. Das Licht emittierende Vergleichselement A sowie die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 werden nicht versiegelt.

[Tabelle 32]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement A	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransport-schicht	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-

[0621] Das Licht emittierende Vergleichselement A, die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 wurden 48 Stunden lang in einem thermostatischen Bad, das bei einer Temperatur von 65 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 95 % gehalten wurde, platziert; anschließend wurde der Emissionszustand jedes Licht emittierenden Elements gemessen.

[0622] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an jeweils sechs Proben des Licht emittierenden Vergleichselement A, der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 und der Licht emittierenden Vergleichselement 35 bis 37 durchgeführt. Tabelle 33 zeigt die durchschnittliche Emissionsfläche der ersten drei Proben mit einem hohen Anteil an der Emissionsfläche.

[Tabelle 33]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Vergleichselement A	0%
Licht emittierendes Element 32	84 %

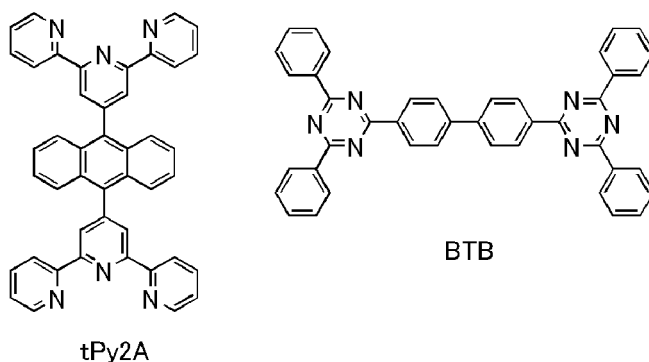
	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Element 33	79 %
Licht emittierendes Element 34	87 %
Licht emittierendes Vergleichselement 35	78 %
Licht emittierendes Vergleichselement 36	86 %
Licht emittierendes Vergleichselement 37	86 %

[0623] In Tabelle 33 ist der Anteil der Emissionsfläche (%) die Emissionsfläche nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit / die Emissionsfläche vor dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit $\times 100$. Tabelle 33 zeigt, dass die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils einen Anteil der Emissionsfläche aufrechterhielten, die größer als oder gleich 79 % war, d. h. sie weisen eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit auf. Die Feuchtigkeitsbeständigkeit jedes der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird stärker verbessert als die des Licht emittierenden Vergleichselements A, das Li_2O , eine Li-Verbindung, für die Elektroneninjectionsschicht 4130 verwendet. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Vergleichselement 35 bis 37, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht beinhalten, die Feuchtigkeitsbeständigkeit, die der der Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entspricht. Feuchtigkeit dringt nur schwer in die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein, die ein Übergangsmetall verwenden, das anfällig für eine Reaktion mit Wasser ist. Somit können hochfeuchtigkeitsbeständige Licht emittierende Elemente verwirklicht werden. Im Gegensatz zu typischen Licht emittierenden Elementen sind die Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 nicht versiegelt, so dass die Feuchtigkeitsbeständigkeit der Licht emittierenden Elemente 32 bis 34 mit der Versiegelung weiter zunehmen dürfte.

[Beispiel 12]

[0624] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und der Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 42 beschrieben. In den Licht emittierenden Elementen dieses Beispiels wird eine organische Verbindung mit einem Triazinring und/oder einem Pyrimidinring als organische Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet. In **Fig. 70** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 34 bis 36 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der anderen Verbindungen auf die vorstehenden Ausführungsformen und Beispiele verwiesen werden kann.

[Chemische Formel 7]



[Tabelle 34]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittieren- des Vergleichs- element 38	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionschicht	4130	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportschicht	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-IIPCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittieren- des Vergleichs- element 39	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionschicht	4130(1)	5	2Py3Tz:Ag	1:0,35
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-IIPCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
Licht emittieren- des Vergleichs- element 40	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionschicht	4135	5	TmPPPyTz:Ag	1:0,15
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-IIPCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-

[Tabelle 35]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittieren- des Vergleichs- element 41	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	4130(2)	5	tPy2A:Ag	1:0,30
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDQ-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDQ-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittieren- des Vergleichs- element 42	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	4130(2)	5	BTB:Ag	1:0,18
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDQ-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDQ-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
Licht emittieren- des Element 43	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektions- schicht	4130(2)	5	2Py3Tz:Ag	1:0,35
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDQ-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDQ-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-

[Tabelle 36]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 44	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II:MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130	5	TmPPPyTz:Ag	1:0,15
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 45	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	tPy2A:Ag	1:0,3
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,3
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
Licht emittierendes Element 46	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	BTB:Ag	1:0,18
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-

[0625] Die LUMO-Niveaus der organischen Verbindungen, die in der Elektroneninjektionsschicht 4130 der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 und der Licht emittierenden Vergleichselemente 39 bis 42 verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet. Die Messung wurde auf ähnliche

Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 37 gezeigt.

[Tabelle 37]

	LUMO (eV)
2Py3 Tzn	-3,15
TmPPPyTz	-3,00
tPy2A	-2,91
BTB	-3,01

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0626] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 38>>

[0627] Das Licht emittierende Vergleichselement 38 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 31 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektrode 4101 und der Lochinjektionsschicht 4111.

[0628] Als Elektrode 4101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 4210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 4101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0629] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 4111 DBT3P-II und MoO₃ über der Elektrode 4101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 65 nm abgeschieden.

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46>>

[0630] Die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 38 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118(2) und der Elektroneninjectionsschicht 4130.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 43>

[0631] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 43 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0632] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden 2Py3Tzn und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von 2Py3Tzn: Ag = 1:0,35 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 44>

[0633] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 44 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0634] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden TmPPPyTz und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von TmPPPyTz: Ag = 1:0,24 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 45>

[0635] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 45 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0636] Als Elektroneninjektionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,3 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden tPy2A und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von tPy2A: Ag = 1:0,30 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 46>

[0637] Als Elektronentransportschicht 4118(2) des Licht emittierenden Elements 46 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 4118(1) abgeschieden.

[0638] Als Elektroneninjektionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden BTB und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von BTB: Ag = 1:0,18 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 39>>

[0639] Das Licht emittierende Vergleichselement 39 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 43 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0640] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 39 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0641] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjektionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 40>>

[0642] Das Licht emittierende Vergleichselement 40 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 44 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0643] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 40 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm.

[0644] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjektionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 41>>

[0645] Das Licht emittierende Vergleichselement 41 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 45 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0646] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 41 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0647] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 42>>

[0648] Das Licht emittierende Vergleichselement 42 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 46 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0649] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 42 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0650] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0651] Anschließend wurden die Elementeeigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 42 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0652] Fig. 76 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 40 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 43 und 44; Fig. 77 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und Fig. 78 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Fig. 79 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt. Fig. 80 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 41 und 42 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 45 und 46; Fig. 81 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und Fig. 82 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Fig. 83 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0653] Tabelle 38 zeigt die Elementeeigenschaften der Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 42 und der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 38]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 38	5,20	3,47	(0,662, 0,338)	1060	30,7	18,5	23,9
Licht emittierendes Vergleichselement 39	3,30	3,04	(0,663, 0,337)	1120	37,0	35,2	29,0
Licht emittierendes Vergleichselement 40	3,30	2,60	(0,663, 0,337)	988	38,0	36,2	30,0
Licht emittierendes Vergleichselement 41	3,30	3,16	(0,669, 0,331)	1050	33,3	31,7	27,8
Licht emittierendes Vergleichselement 42	3,40	3,28	(0,672, 0,328)	1100	33,6	31,0	28,6

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 43	3,40	2,95	(0,663, 0,337)	1060	36,1	33,3	28,9
Licht emittierendes Element 44	4,20	2,77	(0,663, 0,337)	968	34,9	26,1	27,9
Licht emittierendes Element 45	3,50	3,12	(0,669, 0,330)	995	31,8	28,6	27,4
Licht emittierendes Element 46	3,40	3,48	(0,673, 0,327)	1100	31,7	29,3	27,7

[0654] Wie in **Fig. 77** und **Fig. 81** gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 38 bis 42 und die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften. Insbesondere die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 wiesen höhere Strom-Spannungs-Eigenschaften auf als das Licht emittierende Vergleichselement 38. Dies deutet darauf hin, dass in dem Fall, in dem die Elektroneninjectionsschicht in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht ist, das Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar Elektroneninjektioneigenschaften aufweist, die denen der Li-Verbindung überlegen sind, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht beinhalten, vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften, die denen der Licht emittierenden Vergleichselemente 39 bis 42 entsprechen, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht nicht beinhalten.

[0655] Wie in **Fig. 78** und Tabelle 38 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 42 und die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 20 %. Die Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 42 und die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in den **Fig. 76** und **Fig. 80** dargestellt. Die Licht emittierenden Elemente 43 und 46 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten eine höhere Effizienz als das Licht emittierende Vergleichselement 38, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Dies deutet darauf hin, dass die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 eine Ladungsträgerbalance aufweisen, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 38 überlegen ist. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 eine hohe Effizienz, die der der Licht emittierenden Vergleichselemente 35 bis 37 entspricht, bei denen die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht bereitgestellt ist.

[0656] Wie in **Fig. 79** und **Fig. 83** dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Vergleichselemente 38 bis 42 und die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 616 nm und eine Halbwertsbreite von 54 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0657] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an dem Licht emittierenden Vergleichselement A und den Licht emittierenden Elementen 43 bis 46 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 11 durchgeführt.

[0658] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an jeweils drei Proben der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 und des Licht emittierenden Vergleichselement A durchgeführt. Tabelle 39 zeigt die durchschnittliche Emissionsfläche der drei Proben.

[Tabelle 39]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Vergleichselement A	0%
Licht emittierendes Element 43	76 %
Licht emittierendes Element 44	82 %
Licht emittierendes Element 45	81 %
Licht emittierendes Element 46	80 %

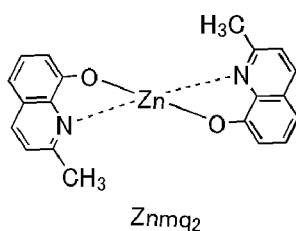
[0659] In Tabelle 39 ist der Anteil der Emissionsfläche (%) die Emissionsfläche nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit / die Emissionsfläche vor dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit $\times 100$. Tabelle 39 zeigt, dass die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils einen Anteil der Emissionsfläche aufrechterhielten, der größer als oder gleich 76 % war, d. h. sie weisen eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit auf. Die Feuchtigkeitsbeständigkeit jedes der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird stärker verbessert als die des Licht emittierenden Vergleichselements A, das Li_2O , eine Li-Verbindung, für die Elektroneninjectionsschicht 4130 verwendet. Feuchtigkeit dringt nur schwer in die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein, die ein Übergangsmetall verwenden, das anfällig für eine Reaktion mit Wasser ist. Somit können hochfeuchtigkeitsbeständige Licht emittierende Elemente verwirklicht werden. Im Gegensatz zu typischen Licht emittierenden Elementen sind die Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 nicht versiegelt, so dass die Feuchtigkeitsbeständigkeit der Licht emittierenden Elemente 43 bis 46 mit der Versiegelung weiter zunehmen dürfte.

[0660] Aus diesem Grund kann ein Material mit einer organischen Verbindung mit einem Triazinring und/oder einem Pyrimidinring für das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft verwendet werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 13]

[0661] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 49 und 50 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und der Licht emittierenden Vergleichselemente 47 und 48 beschrieben. Tabelle 40 zeigt die Strukturen des Licht emittierenden Vergleichselements 38 sowie der Licht emittierenden Vergleichselemente 47 und 48. Tabelle 41 zeigt die Strukturen der Licht emittierenden Elemente 49 und 50. In **Fig. 70** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. Die Struktur und Abkürzung einer Verbindung, die in diesem Beispiel verwendet wird, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass für die Strukturen und Abkürzungen der anderen Verbindungen auf die vorstehenden Ausführungsformen und Beispiele verwiesen werden kann.

[Chemische Formel 8]



[Tabelle 40]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 38	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportschicht	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Vergleichselement 47	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	Zn(BTZ) ₂ :Ag	1:0,21
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
Licht emittierendes Vergleichselement 48	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	Znmq ₂ :Ag	1:0,30
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,30
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	4111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-

[Tabelle 41]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 49	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjectionsschicht	4130(2)	5	Zn(BTZ) ₂ :Ag	1:0,21
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjectionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 50	Elektrode	4101	70	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjectionsschicht	4130(2)	5	Znmq ₂ :Ag	1:0,30
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Lochinjectionsschicht	4111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	70	ITSO	-

[0662] Die LUMO-Niveaus der organischen Verbindungen, die in der Elektroneninjectionsschicht 4130 der Licht emittierenden Elemente 49 und 50 und der Licht emittierenden Vergleichselemente 47 und 48 verwendet wurden, wurden durch Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 42 gezeigt.

[Tabelle 42]

	LUMO (eV)
Zn(BTZ) ₂	-3,16
Znmq ₂	-2,68

<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 49 und 50>>

[0663] Die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 wurden durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 45 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 4130.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 49>

[0664] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$: Ag = 1:0,21 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<Herstellung des Licht emittierenden Elements 50>

[0665] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,30 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 4118(2) abgeschieden. Anschließend wurden Znmq_2 und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Znmq_2 : Ag = 1:0,30 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 47>>

[0666] Das Licht emittierende Vergleichselement 47 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 49 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0667] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 47 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0668] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 48>>

[0669] Das Licht emittierende Vergleichselement 48 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 50 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 4118 und der Ladungserzeugungsschicht 4135.

[0670] Als Elektronentransportschicht 4118 wurde 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 des Licht emittierenden Vergleichselements 48 abgeschieden, gefolgt von der Abscheidung von NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm.

[0671] Die Ladungserzeugungsschicht 4135 wurde nicht über der Elektroneninjectionsschicht 4130 ausgebildet, und als Elektrode 4102 wurde Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0672] Anschließend wurden die Elementeeigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 49 und 50 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0673] Fig. 84 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 49 und 50; Fig. 85 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und Fig. 86 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Fig. 87 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von $2,5 \text{ mA/cm}^2$ fließt.

[0674] Tabelle 43 zeigt die Elementeeigenschaften der Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und der Licht emittierenden Elemente 49 und 50 bei etwa 1000 cd/m^2 .

[Tabelle 43]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 38	5,20	3,47	(0,662, 0,338)	1060	30,7	18,5	23,9
Licht emittierendes Vergleichselement 47	3,40	3,16	(0,672, 0,328)	1049	33,2	30,7	28,4
Licht emittierendes Vergleichselement 48	3,30	3,18	(0,668, 0,332)	1065	33,5	31,9	27,7
Licht emittierendes Element 49	3,80	3,31	(0,673, 0,327)	1041	31,4	26,0	27,6
Licht emittierendes Element 50	3,40	3,24	(0,669, 0,330)	1031	31,8	29,4	27,2

[0675] Wie in **Fig. 85** gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 vorteilhafte und gleichwertige Strom-Spannungs-Eigenschaften. Dies deutet darauf hin, dass in dem Fall, in dem eine Zinkverbindung für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird und die Elektroneninjectionsschicht in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht ist, das Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar Elektroneninjectionseigenschaften aufweist, die denen der Li-Verbindung entsprechen, die typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird. Darüber hinaus zeigten die Licht emittierenden Elemente 49 und 50, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht beinhalten, vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften, die denen der Licht emittierenden Vergleichselemente 47 und 48 entsprechen, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht nicht beinhalten.

[0676] Wie in **Fig. 86** und Tabelle 43 dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 20 %. Die Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in den **Fig. 84** dargestellt.

[0677] Wie in **Fig. 87** dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Vergleichselemente 38, 47 und 48 und die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 618 nm und eine Halbwertsbreite von 60 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0678] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an dem Licht emittierenden Vergleichselement A und den Licht emittierenden Elementen 49 und 50 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 11 durchgeführt.

[0679] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an jeweils drei Proben der Licht emittierenden Elemente 49 und 50 und des Licht emittierenden Vergleichselement A durchgeführt. Tabelle 44 zeigt die durchschnittliche Emissionsfläche der drei Proben.

[Tabelle 44]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Vergleichselement A	0%

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Element 49	83 %
Licht emittierendes Element 50	83 %

[0680] In Tabelle 44 ist der Anteil der Emissionsfläche (%) die Emissionsfläche nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit / die Emissionsfläche vor dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit $\times 100$. Tabelle 44 zeigt, dass die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils einen Anteil der Emissionsfläche aufrechterhielten, der größer als oder gleich 80 % war, d. h. sie weisen eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit auf. Die Feuchtigkeitsbeständigkeit jedes der Licht emittierenden Elemente 49 und 50 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird stärker verbessert als die des Licht emittierenden Vergleichselements A, das Li_2O , eine Li-Verbindung, für die Elektroneninjectionsschicht 4130 verwendet. Feuchtigkeit dringt nur schwer in die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein, die ein Übergangsmetall verwenden, das anfällig für eine Reaktion mit Wasser ist. Somit können hochfeuchtigkeitsbeständige Licht emittierende Elemente verwirklicht werden. Im Gegensatz zu typischen Licht emittierenden Elementen sind die Licht emittierenden Elemente 49 und 50 nicht versiegelt, so dass die Feuchtigkeitsbeständigkeit der Licht emittierenden Elemente 49 und 50 mit der Versiegelung weiter zunehmen dürfte.

[0681] Von daher kann ein Metallkomplex, wie beispielsweise ein Zinkkomplex, für das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft eingesetzt werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 14]

<Korrelation zwischen der Zuverlässigkeit im Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit und dem LUMO-Niveau des Elektroneninjektionsmaterials>

[0682] Die in den Beispielen 11 bis 13 beschriebenen Ergebnisse der vorstehenden Konservierungstests bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden in Bezug auf das LUMO-Niveau geplottet. Die Ergebnisse werden in **Fig. 88A** und **Fig. 88B** dargestellt. Es sei angemerkt, dass der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit an drei bis sieben Proben jedes Licht emittierenden Elements mit gleicher Elementstruktur durchgeführt wurde. **Fig. 88A** zeigt die Ergebnisse des Konservierungstests bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit der Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht beinhalten, während **Fig. 88B** die Ergebnisse des Konservierungstests bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit der Licht emittierenden Vergleichselemente zeigt, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht nicht beinhalten. Der Vergleich zwischen **Fig. 88A** und **Fig. 88B** zeigt, dass in **Fig. 88B** der Anteil der Emissionsfläche nach der Konservierung bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einem Bereich mit einem hohen LUMO-Niveau (ein Bereich mit einem LUMO-Niveau größer oder gleich $-3,0$ eV) manchmal unter 75 % liegt, d. h. die Feuchtigkeitsbeständigkeit variiert. Im Gegensatz dazu weisen sämtliche Licht emittierenden Elemente in **Fig. 88A** eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit mit einem Anteil der Emissionsfläche von mehr als 75 % in diesem Bereich auf. Das heißt, die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die jeweils die Ladungserzeugungsschicht zwischen der Kathode und der Elektroneninjectionsschicht beinhalten, können mit geringer Variation und hoher Ausbeute hergestellt werden. Darüber hinaus verfügen die Licht emittierenden Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung über eine große Auswahl an Materialien für die Elektroneninjectionsschicht und damit über eine hohe Produktivität.

[Beispiel 15]

[0683] In den obigen Beispielen wurden Beispiele für die Herstellung der geordneten mehrschichtigen Struktur beschrieben, bei der eine Anode über einem Substrat bereitgestellt und eine EL-Schicht über der Anode angeordnet ist. In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung von Licht emittierenden Elementen 52 bis 54 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die jeweils eine invertierte mehrschichtige Struktur aufweisen, bei der eine Kathode über einem Substrat bereitgestellt und eine EL-Schicht über der Kathode angeordnet ist, und Licht emittierenden Vergleichselementen 51 und 55 bis 57 beschrieben. Das Licht emittierende Vergleichselement 51 verwendet Li_2O für die Elektroneninjectionsschicht 4130, und die

Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 beinhalten nicht die Ladungserzeugungsschicht 4135. In **Fig. 89** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 45 bis 47 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsformen verwiesen werden.

[Tabelle 45]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 51	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	15	NBPhen	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	0.2	Li ₂ O	-
		4130(1)	5	NBPhen	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	40	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 52	Elektrode	4102	70	ITSO	-
	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	15	NBPhen	-
	Elektroneninjektionsschicht	4130	5	NBPhen: Ag	1:0,19
	Ladungserzeugungsschicht	4135	40	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4102	70	ITSO	-

[Tabelle 46]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 53	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	10	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	NBPhen: Ag	10,19
		4130(1)	5	Alq3 : Ag	1:0,24
	Ladungserzeugungsschicht	4135	40	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4102	70	ITSO	-
Licht emittierendes Element 54	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	10	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	NBPhen: Ag	1:0,19
		4130(1)	5	HATNA: Ag	1:0,28
	Ladungserzeugungsschicht	4135	40	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4102	70	ITSO	-

[Tabelle 47]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 55	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	30	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	4130	5	NBPhen: Ag	1:0,19
	Elektrode	4102	70	ITSO	-
Licht emittierendes Vergleichselement 56	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	25	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	NBPhen: Ag	1:0,19
		4130(1)	5	Alq3:Ag	1:0,35
	Elektrode	4102	70	ITSO	-
Licht emittierendes Vergleichselement 57	Elektrode	4101	200	Al	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Lochtransportschicht	4112	20	BPAFLP	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,06
	Elektronentransportschicht	4118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	25	NBPhen	
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	NBPhen:Ag	1:0,19
		4130(1)	5	HATNA:Ag	1:0,15
	Elektrode	4102	70	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 51>>

[0684] Als Elektrode 4102 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 4210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 4102 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0685] Als Nächstes wurden als Ladungserzeugungsschicht 4135 DBT3P-II und MoO₃ über der Elektrode 4102 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden.

[0686] Als Nächstes wurde als Elektroneninjectionsschicht 4130 NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über Ladungserzeugungsschicht 4135 abgeschieden. Anschließend wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm abgeschieden.

[0687] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 4118(1) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektroneninjectionsschicht 4130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) 2mDBTBPDq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

[0688] Als Nächstes wurden als Licht emittierende Schicht 4140 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Elektronentransportschicht 4118(2) in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,06 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 4140 2mDBTBPDq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0689] Als Lochtransportschicht 4112 wurde dann BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 4140 abgeschieden.

[0690] Als Nächstes wurden als Lochinjectionsschicht 4111 DBT3P-II und MoO₃ über der Lochtransportschicht 4112 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden.

[0691] Als Nächstes wurde als Elektrode 4101 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Lochinjectionsschicht 4111 abgeschieden.

[0692] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 51 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 52>>

[0693] Das Licht emittierende Element 52 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 51 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 4130.

[0694] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 des Licht emittierenden Elements 52 wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm über der Ladungserzeugungsschicht 4135 abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 53>>

[0695] Das Licht emittierende Element 53 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 51 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 4130 und der Elektronentransportschicht 4118(1).

[0696] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 des Licht emittierenden Elements 53 wurden Alq₃ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq₃: Ag = 1:0,24 in einer Dicke von 5 nm über der Ladungserzeugungsschicht 4135 abgeschieden. Anschließend wurde NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

[0697] Als Elektronentransportschicht 4118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektroneninjectionsschicht 4130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) 2mDBTBPDQ-II durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 54>>

[0698] Das Licht emittierende Element 54 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 51 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 4130 und der Elektronentransportschicht 4118(1).

[0699] Als Elektroneninjectionsschicht 4130 des Licht emittierenden Elements 54 wurden HATNA und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Ag = 1:0,28 in einer Dicke von 5 nm über der Ladungserzeugungsschicht 4135 abgeschieden. Anschließend wurde NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

[0700] Als Elektronentransportschicht 4118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektroneninjectionsschicht 4130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) 2mDBTBPDQ-II durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 55>>

[0701] Das Licht emittierende Vergleichselement 55 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 52 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Ladungserzeugungsschicht 4135 und der Elektronentransportschicht 4118.

[0702] Im Licht emittierenden Vergleichselement 55 wurde die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht ausgebildet und die Elektroneninjectionsschicht 4130 wurde über der Elektrode 4102 ausgebildet.

[0703] Als Elektronentransportschicht 4118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm über der Elektroneninjectionsschicht 4130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) 2mDBTBPDQ-II durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 56>>

[0704] Das Licht emittierende Vergleichselement 56 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 53 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Ladungserzeugungsschicht 4135 und der Elektronentransportschicht 4118.

[0705] Im Licht emittierenden Vergleichselement 56 wurde die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht ausgebildet und die Elektroneninjectionsschicht 4130 wurde über der Elektrode 4102 ausgebildet.

[0706] Als Elektronentransportschicht 4118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Elektroneninjectionsschicht 4130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) 2mDBTBPDQ-II durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 57>>

[0707] Das Licht emittierende Vergleichselement 57 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 54 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Ladungserzeugungsschicht 4135 und der Elektronentransportschicht 4118.

[0708] Im Licht emittierenden Vergleichselement 57 wurde die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht ausgebildet und die Elektroneninjectionsschicht 4130 wurde über der Elektrode 4102 ausgebildet.

[0709] Als Elektronentransportschicht 4118(1) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Elektroneninjectionsschicht 4130 abgeschieden. Anschließend wurde als Elektronentransportschicht 4118(2) 2mDBTBPDQ-II durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0710] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 51, der hergestellten Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0711] Fig. 90 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 51, der hergestellten Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und der hergestellten Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57; Fig. 91 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und Fig. 92 zeigt die Energieeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Fig. 93 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0712] Tabelle 31 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 51, der Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und der Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 48]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 51	4,00	3,09	(0,664, 0,336)	1007	32,6	25,6	25,8
Licht emittierendes Element 52	3,90	2,72	(0,664, 0,335)	892	32,8	26,5	26,0
Licht emittierendes Element 53	4,20	3,13	(0,664, 0,336)	1004	32,1	24,0	25,4
Licht emittierendes Element 54	3,90	3,62	(0,664, 0,336)	1112	30,7	24,8	24,5
Licht emittierendes Vergleichselement 55	5,00	2,77	(0,662, 0,337)	1009	36,4	22,9	28,3
Licht emittierendes Vergleichselement 56	5,00	2,98	(0,662, 0,337)	1067	35,7	22,5	27,6
Licht emittierendes Vergleichselement 57	5,00	2,83	(0,664, 0,336)	954	33,7	21,2	26,2

[0713] Wie in Tabelle 48 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 51, die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 jeweils eine sehr hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von etwa 25 %. Das Licht emittierende Vergleichselement 51, die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in den Fig. 90 dargestellt. Fig. 92 und Tabelle 48 zeigen, dass die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 eine höhere Energieeffizienz als die Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 in einem Bereich mit einer Leuchtdichte größer als oder gleich etwa 200 cd/m² aufwiesen. Dies deutet darauf hin, dass das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine vorteilhafte Effizienz erzielen kann, wenn es auf das invertierte mehrschichtige Element angewandt wird.

[0714] Wie in Fig. 91 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 51, die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften. Außerdem wiesen die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung höhere Strom-Spannungs-Eigenschaften auf als die Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57, die die Ladungserzeugungsschicht 4135 nicht beinhalten. Dies deutet darauf hin, dass das

Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Strom-Spannungseigenschaften erzielen kann, wenn es auf das invertierte mehrschichtige Element angewandt wird.

[0715] Wie in **Fig. 93** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 51, die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 und die Licht emittierenden Vergleichselemente 55 bis 57 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 617 nm und eine Halbwertsbreite von 54 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir (dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0716] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an den Licht emittierenden Elementen 52 bis 54 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Anode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie im obigen Beispiel durchgeführt.

[0717] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an jeweils sechs Proben der Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 durchgeführt. Tabelle 49 zeigt die durchschnittliche Emissionsfläche der ersten drei Proben mit einem hohen Anteil an der Emissionsfläche.

[Tabelle 49]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Element 52	79 %
Licht emittierendes Element 53	76 %
Licht emittierendes Element 54	71 %

[0718] Die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hielten nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils einen Anteil der Emissionsfläche aufrecht, der größer als oder gleich 70 % war, was darauf hindeutet, dass die Licht emittierenden Elemente 52 bis 54 eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen. Somit kann das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen, wenn es auf das invertierte mehrschichtige Element angewandt wird.

[0719] Wie vorstehend beschrieben, kann das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch auf das invertierte mehrschichtige Element angewandt werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 16]

[0720] In diesem Beispiel wird ein Beispiel für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. In **Fig. 12** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 50 und 51 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsformen verwiesen werden.

[Tabelle 50]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 58	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	Alq3: Au	1:0,4
		130(1)	5	NBPhen: Aq	1:0,3
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 59	Elektrode	101	110	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	HATNA: Au	1:0,5
		130(1)	5	NBPhen: Ag	1:0,3
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	PCBBiF	-
Licht emittierendes Element 60	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	Alq3: Cu	1:0,15
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II: MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

[Tabelle 51]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 61	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	HATNA:Cu	1:0,15
		130(1)	5	NBPhen:Cu	1:0,15
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 62	Elektrode	101	70	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	Alq3:Mn	1:0,15
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 63	Elektrode	101	70	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130(2)	5	HATNA:Co	1:0,15
		130(1)	5	NBPhen:AQ.	1:0,3
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	BPAFLP	-
	Lochinjektionsschicht	111	65	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0721] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. Als Übergangsmetall in einem Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar, das für eine Elektroneninjektionsschicht verwendet wird, wird Au in den Licht emittierenden Elementen 58 und 59, Cu in den Licht emittierenden Elementen 60 und 61, Mn in dem Licht emittierenden Element 62 und Co in dem Licht emittierenden Element 63 verwendet.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 58>>

[0722] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 110 nm über dem Substrat 210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0723] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektrode 4102 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden.

[0724] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0725] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann 2mDBTBPDQq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDQq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,08 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 2mDBTBPDQq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0726] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(1) 2mDBTBPDQq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0727] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0728] Als Elektroneninjectionsschicht 130(1) wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,3 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0729] Als Elektroneninjectionsschicht 130(2) wurden Alq₃ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq₃: Ag = 1:0,4 in einer Dicke von 5 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130(1) abgeschieden.

[0730] Als Nächstes wurde als Elektrode 102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130(2) abgeschieden.

[0731] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 58 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 59>>

[0732] Das Licht emittierende Element 59 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 58 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 130(2).

[0733] Als Elektroneninjectionsschicht 130(2) des Licht emittierenden Elements 59 wurden HATNA und Au durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Au = 1:0,5 in einer Dicke von 5 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130(1) abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 60>>

[0734] Das Licht emittierende Element 60 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 58 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118(2) und der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0735] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 60 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0736] Als Elektroneninjektionsschicht 130 wurden Alq_3 und Cu durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq_3 : Cu = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 61>>

[0737] Das Licht emittierende Element 61 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 58 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjektionsschicht 130.

[0738] Als Elektroneninjektionsschicht 130(1) des Licht emittierenden Elements 61 wurden NBPhen und Cu durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Cu = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0739] Als Elektroneninjektionsschicht 130(2) wurden HATNA und Cu durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Cu = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektroneninjektionsschicht 130(1) abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 62>>

[0740] Das Licht emittierende Element 62 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 58 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118(2) und der Elektroneninjektionsschicht 130.

[0741] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 62 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0742] Als Elektroneninjektionsschicht 130 wurden Alq_3 und Mn durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq_3 : Mn = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 63>>

[0743] Das Licht emittierende Element 63 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 58 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjektionsschicht 130(2).

[0744] Als Elektroneninjektionsschicht 130(2) des Licht emittierenden Elements 63 wurden HATNA und Co durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Co = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektroneninjektionsschicht 130(1) abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0745] Anschließend wurden die Elementeigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0746] **Fig. 94** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 58 bis 63; **Fig. 95** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und **Fig. 96** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 97** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0747] Tabelle 52 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Element 58 bis 63 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 52]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 58	3,20	2,60	(0,67, 0,33)	928	35,6	35,0	29,5
Licht emittierendes Element 59	3,00	2,78	(0,67, 0,33)	968	34,8	36,5	29,0
Licht emittierendes Element 60	3,80	2,79	(0,67, 0,33)	965	34,6	28,6	28,5
Licht emittierendes Element 61	3,00	2,51	(0,67, 0,33)	847	33,8	35,4	27,9
Licht emittierendes Element 62	4,60	3,53	(0,66, 0,34)	1091	30,9	21,1	24,0
Licht emittierendes Element 63	3,10	3,23	(0,66, 0,34)	1019	31,5	32,0	25,6

[0748] Wie in **Fig. 96** und Tabelle 52 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 20 %. Die Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in **Fig. 94** und **Fig. 52** dargestellt.

[0749] Wie in **Fig. 95** gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 vorteilhafte Strom-Spannungseigenschaften, was darauf hindeutet, dass in der Elektroneninjektionsschicht Au, Cu, Mn oder Co als Übergangsmetall in einem Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet werden können.

[0750] Wie in **Fig. 97** dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 618 nm und eine Halbwertsbreite von etwa 57 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial $\text{Ir(dmdpprdmp)}_2(\text{dmp})$ emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0751] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an den Licht emittierenden Elementen 58 bis 63 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie im obigen Beispiel durchgeführt.

[0752] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an jeweils drei Proben der Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 durchgeführt. Tabelle 53 zeigt die durchschnittliche Emissionsfläche der drei Proben.

[Tabelle 53]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Element 58	83 %
Licht emittierendes Element 59	84 %
Licht emittierendes Element 60	75 %

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Element 61	67 %
Licht emittierendes Element 62	76 %
Licht emittierendes Element 63	87 %

[0753] Die Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hielten nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils einen Anteil der Emissionsfläche aufrecht, der größer als oder gleich 65 % war, was darauf hindeutet, dass die Licht emittierenden Elemente 58 bis 63 eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen. Daher können Au, Cu, Mn oder Co in den Licht emittierenden Elementen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhaft verwendet werden.

[0754] Von daher können Au, Cu, Mn oder Co in den Licht emittierenden Elementen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Die in diesem Beispiel gezeigten Strukturen können in angemessener Weise mit einer beliebigen der anderen Ausführungsformen und Beispiele kombiniert werden.

[Beispiel 17]

[0755] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 65 und 66 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 64 beschrieben. In **Fig. 12** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In Tabelle 54 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele und Ausführungsformen verwiesen werden.

[Tabelle 54]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 64	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportsschicht	118(2)	20	NBPhen	-
		118(1)	5	cgDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	140	25	cgDBCzPA: 1, 6mMemFLPAPrn	1:0,03
	Lochtransportschicht	112	20	PCPPn	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittieren- des Element 65	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	130(2)	5	Alq:Ag	1:0,3
		130(1)	5	NBPhen:Aq	1:0,3
	Elektronentransport- schicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	5	cqDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	140	25	cgDBCzPA: 1, 6mMemFLPAPrn	1:0,03
	Lochtransportschicht	112	20	PCPPn	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittieren- des Element 66	Elektrode	101	70	ITSO	-
	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektions- schicht	130(2)	5	HATNA:Ag	1:0,3
		130(1)	5	NBPhen:Aq	1:0,3
	Elektronentransport- schicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	5	cqDBCzPA	-
	Licht emittierende Schicht	140	25	cgDBCzPA: 1, 6mMemFLPAPrn	1:0,03
	Lochtransportschicht	112	20	PCPPn	-
	Lochinjektionsschicht	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	70	ITSO	-

<Herstellung der Licht emittierenden Elemente>

[0756] Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben. Die in diesem Beispiel gezeigten Licht emittierenden Elemente emittieren Fluoreszenz.

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 64>>

[0757] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 70 nm über dem Substrat 210 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0758] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 20 nm abgeschieden.

[0759] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann PCPPn durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0760] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann cgDBCzPA und 1,6mMemFLPAPrn durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn = 1:0,03 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 cgDBCzPA ein Wirtsmaterial ist und 1,6mMemFLPAPrn ein Gastmaterial (eine fluoreszierende Verbindung) ist.

[0761] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(1) cgDBCzPA durch Verdampfung in einer Dicke von 5 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0762] Als Elektronentransportschicht 118(2) wurde dann NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0763] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0764] Als Nächstes wurde als Elektrode 102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130(2) abgeschieden.

[0765] Anschließend wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C an der Luft ohne Abdichtung durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 58 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 65>>

[0766] Das Licht emittierende Element 65 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 64 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 118(2) und der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0767] Als Elektronentransportschicht 118(2) des Licht emittierenden Elements 65 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0768] Als Elektroneninjectionsschicht 130(1) wurden NBPhen und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,3 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0769] Als Elektroneninjectionsschicht 130(2) wurden Alq₃ und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von Alq₃: Ag = 1:0,3 in einer Dicke von 5 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130(1) abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 66>>

[0770] Das Licht emittierende Element 66 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Elements 65 hergestellt, mit Ausnahme des Schritts zum Ausbilden der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0771] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden HATNA und Ag durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Ag = 1:0,3 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0772] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 64 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 65 und 66 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0773] **Fig. 98** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 64 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 65 und 66; **Fig. 99** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und **Fig. 100** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 101** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0774] Tabelle 55 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 64 und der Licht emittierenden Elemente 65 und 66 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 55]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 64	3,00	6,92	(0,14, 0,17)	936	13,5	14,2	11,1
Licht emittierendes Element 65	3,10	9,82	(0,14, 0,17)	1252	12,8	12,9	10,4
Licht emittierendes Element 66	3,00	6,14	(0,14, 0,17)	763	12,4	13,0	10,2

[0775] Wie in **Fig. 100** und Tabelle 55 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 64 und die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 10 %, obwohl sie Fluoreszenzelemente sind. Das Licht emittierende Vergleichselement 64 und die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in **Fig. 98** dargestellt. Die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten ferner eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 64 entspricht, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[0776] Wie in **Fig. 99** gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 64 und die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften. Es ist auch herausgefunden worden, dass die Licht emittierenden Elemente 65 bis 66 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Elektroneninjectionseigenschaften aufwiesen, die denen des Licht emittierenden Vergleichselements 64, bei dem Li₂O verwendet wird, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird, überlegen sind.

[0777] Wie in **Fig. 101** dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 64 und die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 jeweils eine blaue Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 466 nm und eine Halbwertsbreite von etwa 40 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial 1,6mMemFLPAPrn emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0778] Ein Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an dem Licht emittierenden Vergleichselement 64 und den Licht emittierenden Elementen 65 und 66 durchgeführt. Da jedes der Licht emittierenden Elemente nicht versiegelt ist, werden die Kathode und die EL-Schicht der Atmosphäre der Testumgebung ausgesetzt. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie im obigen Beispiel durchgeführt.

[0779] Der Emissionszustand wurde gemessen, indem der Anteil der Emissionsfläche vor und nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit geschätzt wurde. Der Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde an jeweils sechs Proben des Licht emittierenden Vergleichselements 64 und der Licht emittierenden Elemente 65 und 66 durchgeführt. Tabelle 56 zeigt die durchschnittliche Emissionsfläche der ersten drei Proben mit einem hohen Anteil an der Emissionsfläche.

[Tabelle 56]

	Anteil der Emissionsfläche
Licht emittierendes Vergleichselement 64	0%
Licht emittierendes Element 65	79 %
Licht emittierendes Element 66	82 %

[0780] Die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hielten nach dem Konservierungstest bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils einen Anteil der Emissionsfläche aufrecht, der größer als oder gleich 80 % war, was darauf hindeutet, dass die Licht emittierenden Elemente 65 und 66 eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen. Tabelle 56 zeigt auch, dass die Feuchtigkeitsbeständigkeit der Licht emittierenden Elemente 65 und 66 stärker verbessert wird als

die des Licht emittierenden Vergleichselements 64. Daher kann das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine vorteilhafte Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen, wenn es auf das fluoreszierende Element angewandt wird.

[Beispiel 18]

[0781] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 68 und 69 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 67 beschrieben. In **Fig. 3B** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 57 und 58 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die obigen Beispiele und Ausführungsformen verwiesen werden. Es sei angemerkt, dass das Licht emittierende Vergleichselement 67 eine Li-Verbindung für die Elektroneninjectionsschicht 114 verwendet, die in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht 115 ist, und dass die Licht emittierenden Elemente 68 und 69 Licht emittierende Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind, die ein Verbundmaterial aus einem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung für die Elektroneninjectionsschicht 114 verwenden.

[Tabelle 57]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Vergleichselement 67	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjectionsschicht	130	5	NBPhen:Cu	1:0,2
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	119	20	PCBBiF	-
	Ladungserzeugungsschicht	115	80	DBT3P-II : MoO ₂	1:0,5
	Elektroneninjectionsschicht	114	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportschicht	113(2)	20	NBPhen	-
		113(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	Licht emittierende Schicht	170	40	2mDBTBPDq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	PCBBiF	-
	Lochinjectionsschicht	111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 68	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjektionsschicht	130	5	NBPhen:Cu	1:0,2
	Elektronentransportschicht	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	119	20	PCBBiF	-
	Ladungserzeugungsschicht	115	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	114	5	NBPhen:Cu	1:0,2
	Elektronentransportschicht	113(2)	15	NBPhen	-
		113(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	170	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-

[Tabelle 58]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 69	Elektrode	102	200	Al	-
	Elektroneninjectionsschicht	130	1	LiF	-
	Elektronentransportschicht	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	119	20	PCBBiF	-
	Ladungserzeugungsschicht	115	80	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjectionsschicht	114	5	NBPhen:Mn	1:0,15
	Elektronentransportschicht	113(2)	15	NBPhen	-
		113(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	170	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	101	110	ITSO	-

<<Herstellung des Licht emittierenden Vergleichselements 67>>

[0782] Als Elektrode 101 wurde ein ITSO-Film in einer Dicke von 110 nm ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Elektrodenfläche der Elektrode 101 auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt wurde.

[0783] Als Nächstes wurden als Lochinjektionsschicht 111 DBT3P-II und Molybdänoxid (MoO₃) über der Elektrode 101 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II:MoO₃ = 1:0,5 in einer Dicke von 25 nm abgeschieden.

[0784] Als Lochtransportschicht 112 wurde dann PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht 111 abgeschieden.

[0785] Als Licht emittierende Schicht 170 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 112 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) = 0,75:0,25:0,08 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 170 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm) ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0786] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 113(1) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Licht emittierenden Schicht 170 abgeschieden.

[0787] Als Elektronentransportschicht 113(2) wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Elektronentransportschicht 113(1) abgeschieden.

[0788] Als Elektroneninjectionsschicht 114 wurde Li₂O durch Verdampfung in einer Dicke von 0,2 nm über der Elektronentransportschicht 113(2) abgeschieden.

[0789] Als Nächstes wurden als Ladungserzeugungsschicht 115 DBT3P-II und MoO_3 über der Elektroneninjectionsschicht 114 durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von DBT3P-II: MoO_3 = 1:0,5 in einer Dicke von 80 nm abgeschieden.

[0790] Als Lochtransportschicht 119 wurde dann PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Ladungserzeugungsschicht 115 abgeschieden.

[0791] Als Licht emittierende Schicht 140 wurden dann 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ durch Co-Verdampfung über der Lochtransportschicht 119 in einem Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ = 0,75:0,25:0,08 in einer Dicke von 40 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Schicht 140 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF Wirtsmaterialien sind und $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ ein Gastmaterial (eine phosphoreszierende Verbindung) ist.

[0792] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(1) 2mDBTBPDBq-II durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 140 abgeschieden.

[0793] Als Nächstes wurde als Elektronentransportschicht 118(2) NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm über der Elektronentransportschicht 118(1) abgeschieden.

[0794] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurden NBPhen und Cu durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Cu = 1:0,2 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 118(2) abgeschieden.

[0795] Als Nächstes wurde als Elektrode 102 Aluminium (Al) durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjectionsschicht 130 abgeschieden.

[0796] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 67 in einem Handschuhkasten, der eine Stickstoffatmosphäre aufweist, durch Befestigen eines Dichtungssubstrats an dem Substrat, über dem die organische Verbindung abgeschieden wurde, unter Verwendung eines Dichtungsmittels für eine organische EL-Vorrichtung abgedichtet. Das Abdichten wurde auf ähnliche Weise wie in dem obigen Beispiel durchgeführt. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Vergleichselement 67 erhalten.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 68>>

[0797] Das Licht emittierende Element 68 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 67 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 113(2) und der Elektroneninjectionsschicht 114.

[0798] Als Elektronentransportschicht 113(2) des Licht emittierenden Elements 68 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 113(1) abgeschieden.

[0799] Als Elektroneninjectionsschicht 114 wurden NBPhen und Cu durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Cu = 1:0,2 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 113(2) abgeschieden.

<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 69>>

[0800] Das Licht emittierende Element 69 wurde durch die gleichen Schritte wie diejenigen des Licht emittierenden Vergleichselements 67 hergestellt, mit Ausnahme der Schritte zum Ausbilden der Elektronentransportschicht 113(2), der Elektroneninjectionsschicht 114 und der Elektroneninjectionsschicht 130.

[0801] Als Elektronentransportschicht 113(2) des Licht emittierenden Elements 69 wurde NBPhen durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm über der Elektronentransportschicht 113(1) abgeschieden.

[0802] Als Elektroneninjectionsschicht 114 wurden NBPhen und Mn durch Co-Verdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Mn = 1:0,15 in einer Dicke von 5 nm über der Elektronentransportschicht 113(2) abgeschieden.

[0803] Als Elektroneninjectionsschicht 130 wurde LiF durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 113(2) abgeschieden.

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0804] Anschließend wurden die Elementeigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 67 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 68 und 69 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0805] Fig. 102 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 67 und der hergestellten Licht emittierenden Elemente 68 und 69; Fig. 103 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und Fig. 104 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. Fig. 105 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0806] Tabelle 59 zeigt die Elementeigenschaften des Licht emittierenden Vergleichselements 67 und der Licht emittierenden Elemente 68 und 69 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 59]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Vergleichselement 67	6,40	1,43	(0,68, 0,33)	1036	72,3	35,5	55,2
Licht emittierendes Element 68	5,80	1,67	(0,68, 0,33)	1182	71,0	38,4	54,9
Licht emittierendes Element 69	7,20	1,46	(0,66, 0,34)	908	62,2	27,2	44,1

[0807] Wie in Fig. 104 und Tabelle 59 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 67 und die Licht emittierenden Elemente 68 und 69 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 40 %. Das Licht emittierende Vergleichselement 67 und die Licht emittierenden Elemente 68 und 69 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in Fig. 102 dargestellt.

[0808] Wie in Fig. 103 gezeigt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 67 und die Licht emittierenden Elemente 68 und 69 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften, was darauf hindeutet, dass in der Elektroneninjectionsschicht 114 Cu oder Mn als Übergangsmetall in einem Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet werden können.

[0809] Wie in Fig. 105 dargestellt, zeigten das Licht emittierende Vergleichselement 67 und die Licht emittierenden Elemente 68 und 69 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 618 nm und eine Halbwertsbreite von etwa 53 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

<Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Elemente>

[0810] Anschließend wurden die Betriebsdauertests des Licht emittierenden Vergleichselements 67 und des Licht emittierenden Elements 68 durchgeführt. Die Messergebnisse der Betriebsdauertests werden in Fig. 106 gezeigt. Es sei angemerkt, dass bei den Betriebsdauertests jedes Licht emittierende Element kontinuierlich bei einer konstanten Stromdichte von 25 mA/cm² betrieben wurde.

[0811] Wie in Fig. 106 dargestellt, weist das Licht emittierende Element 68 eine längere Betriebsdauer auf als das Licht emittierende Vergleichselement 67. Dies deutet darauf hin, dass das Licht emittierende Element, das das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Übergangsmetall für die Elektroneninjectionsschicht 114 verwendet, eine hohe Zuverlässigkeit aufweist.

[Beispiel 19]

[0812] In diesem Beispiel werden die ESR-Messergebnisse von Dünnschichten bestehend aus einem Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Übergangsmetall beschrieben.

<Herstellung von Dünnschichten für die ESR-Messung>

[0813] Im Folgenden werden die Herstellungsverfahren von Dünnschichten für die ESR-Messung beschrieben.

[0814] Als Dünnschicht 1 wurden NBPhen und Ag über einem Quarzsubstrat durch Vakuumverdampfung in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Ag = 1:0,19 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden. Es sei angemerkt, dass das Molverhältnis von NBPhen zu Ag auf 1:1 eingestellt wurde.

[0815] Als Dünnschicht 2 wurden NBPhen und Cu in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Cu = 1:0,11 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0816] Als Dünnschicht 3 wurden HATNA und Ag in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Ag = 1:0,28 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0817] Als Dünnschicht 4 wurden HATNA und Cu in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Cu = 1:0,17 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0818] Als Dünnschicht 5 wurden HATNA und Au in einem Gewichtsverhältnis von HATNA: Au = 1:0,52 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0819] Als vergleichender Dünnschicht 6 wurden NBPhen und Li in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Li = 1:0,015 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0820] Als vergleichender Dünnschicht 7 wurden NBPhen und Li₂O in einem Gewichtsverhältnis von NBPhen: Li₂O = 1:0,05 in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0821] Als vergleichender Dünnschicht 8 bestehend aus nur einer organischen Verbindung wurde NBPhen über einem Quarzsubstrat durch Vakuumverdampfung in einer Dicke von 100 nm abgeschieden.

[0822] Die ESR wurde mit einem Elektronenspinresonanzspektrometer (E500, hergestellt von Hitachi High-Technologies Corporation) gemessen. Die Messbedingungen waren wie folgt: Die Messtemperatur war Raumtemperatur (23 °C); 1 mW Hochfrequenzleistung (Mikrowellenleistung) mit 9,2 GHz wurde angelegt; und die Richtung eines Magnetfeldes war parallel zur Oberfläche des Dünnschichts.

[0823] Fig. 107 zeigt erste Ableitungskurven, die durch Messung des Dünnschichts 1 und des vergleichenden Dünnschichts 8 mit ESR erhalten wurden. In Fig. 107 wurden Signale, die von SOMO stammen, das durch Wechselwirken von NBPhen und Ag gebildet wurde, bei etwa $g = 2,029$ im Dünnschicht 1 beobachtet. Im Gegensatz dazu wurde in dem vergleichenden Dünnschicht 8 kein Signal beobachtet.

[0824] Tabelle 60 zeigt Spindichten, die aus den ESR-Messergebnissen der Dünnschichte 1 bis 5 und der vergleichenden Dünnschichte 6 bis 8 berechnet wurden. Die Dünnschichte 1 bis 5 und die vergleichenden Dünnschichte 6 und 7 hatten jeweils eine Spindichte größer oder gleich 1×10^{17} Spins/cm³. Somit können die Dünnschichte 1 bis 5, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, für die Elektroneninjektionsschicht 130 und die Elektroneninjektionsschicht 114 in Fig. 3A und Fig. 3B vorteilhaft verwendet werden.

[Tabelle 60]

	Spindichte [Spins/cm ³]
NBPhen (vergleichender Dünnschicht 8)	-
NBPhen+Ag (Dünnschicht 1)	2,3E+17
NBPhen+Cu (Dünnschicht 2)	2,3E+18
HATNA+Ag (Dünnschicht 3)	3,3E+17

	Spindichte [Spins/cm ³]
HATNA+Cu (Dünnschicht 4)	5,1E+18
HATNA+Au (Dünnschicht 5)	1,2E+19
NBPhen+Li (vergleichender Dünnschicht 6)	6,5E+ 17
NBPhen+Li ₂ O (vergleichender Dünnschicht 7)	6,2E+ 17

[0825] Die Dünnschichten 1 und 3 hatten jeweils eine Spindichte von weniger als oder gleich 5×10^{17} Spins/cm³. Somit können die Dünnschichten 1 und 3, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, vorteilhaft für die Ladungserzeugungsschicht verwendet werden und das Nebensprechen effektiv reduzieren.

[Beispiel 20]

[0826] In diesem Beispiel werden Beispiele für die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Licht emittierenden Vergleichselements 74 beschrieben. In **Fig. 70** wird eine schematische Querschnittsansicht der Licht emittierenden Elemente, die in diesem Beispiel hergestellt werden, gezeigt. In den Tabellen 61 und 62 werden Details der Elementstrukturen gezeigt. Es sei angemerkt, dass die Herstellungsschritte der Elemente nicht beschrieben werden, da sie denen in den obigen Beispielen ähnlich sind. Für die Strukturen und Abkürzungen der Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet werden, kann auf die vorstehenden Beispiele verwiesen werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 jeweils Cu, Au, Mn und Co als Übergangsmetall in einem Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar in der Elektroneninjektionsschicht 4130 verwenden. Das Licht emittierende Vergleichselement 74 verwendet eine Li-Verbindung für die Elektroneninjektionsschicht 4130.

[Tabelle 61]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 70	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBTIP-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130	0,2	NBPhen:Cu	1:0,15
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	4112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBTIP-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 71	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBTIP-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	Alq3: Au	1:0,3
		4130(1)	5	NBPhen: Ag	1:0,15
	Elektronentransportschicht	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	4112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBTIP-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Element 72	Elektrode	4101	110	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBTIP-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	HATNA: Mn	1:0,15
		4130(1)	5	NBPhen: Ag	1:0,3
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF : Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	4112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBTIP-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

[Tabelle 62]

	Schicht	Bezugszeichen	Dicke (nm)	Material	Gewichtsverhältnis
Licht emittierendes Element 73	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(2)	5	HATNA:Co	1:0,15
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0,3
	Elektronentransportschicht	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	4112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
Licht emittierendes Vergleichselement 74	Elektrode	4101	110	ITSO	-
	Elektrode	4102	200	Al	-
	Ladungserzeugungsschicht	4135	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektroneninjektionsschicht	4130(1)	0,2	Li ₂ O	-
	Elektronentransportschicht	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	Licht emittierende Schicht	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir (dmdppr-dmp) ₂ (dpm)	0,75:0,25:0,08
	Lochtransportschicht	4112	20	PCBBiF	-
	Lochinjektionsschicht	4111	25	DBT3P-II : MoO ₃	1:0,5
	Elektrode	4101	110	ITSO	-

<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente>

[0827] Anschließend wurden die Elementeigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 und des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 74 gemessen. Die Messung wurde auf ähnliche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt.

[0828] **Fig. 108** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 und des hergestellten Licht emittierenden Vergleichselements 74; **Fig. 109** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften davon; und **Fig. 110** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften davon. **Fig. 111** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Elemente, durch die ein Strom bei einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² fließt.

[0829] Tabelle 63 zeigt die Elementeigenschaften der Licht emittierenden Element 70 bis 73 und des Licht emittierenden Vergleichselements 74 bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 63]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm ²)	CIE-Chromatizität (x, y)	Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 70	3,00	2,72	(0,668, 0,333)	1150	33,1	34,7	28,3
Licht emittierendes Element 71	3,60	2,77	(0,669, 0,331)	968	35,0	30,5	29,8
Licht emittierendes Element 72	2,80	3,29	(0,666, 0,334)	1111	33,8	37,9	27,8
Licht emittierendes Element 73	2,90	3,25	(0,666, 0,334)	960	29,5	32,0	24,8
Licht emittierendes Vergleichselement 74	3,40	2,89	(0,667, 0,331)	965	33,4	30,9	28,5

[0830] Wie in **Fig.** 110 und Tabelle 63 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 und das Licht emittierende Vergleichselement 74 jeweils eine hohe Emissionseffizienz mit einer externen Quanteneffizienz von über 25 %. Die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 und das Licht emittierende Vergleichselement 74 zeigten ebenfalls eine hohe Stromeffizienz, wie in **Fig.** 108 dargestellt. Die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigten ferner eine hohe Effizienz, die der des Licht emittierenden Vergleichselements 74 entspricht, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[0831] Wie in **Fig.** 108 gezeigt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 und das Licht emittierende Vergleichselement 74 vorteilhafte Strom-Spannungs-Eigenschaften. Es ist auch herausgefunden worden, dass die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Elektroneninjectionseigenschaften aufwiesen, die denen des Licht emittierenden Vergleichselements 64 entsprechen, das Li₂O verwendet, das typischerweise für die Elektroneninjectionsschicht verwendet wird.

[0832] Wie in **Fig.** 111 dargestellt, zeigten die Licht emittierenden Elemente 70 bis 73 und das Licht emittierende Vergleichselement 74 jeweils eine rote Emission, deren Elektrolumineszenzspektrum eine Peakwellenlänge bei etwa 618 nm und eine Halbwertsbreite von etwa 53 nm aufweist. Das erhaltene Elektrolumineszenzspektrum offenbarte, dass das Licht vom Gastmaterial Ir(dmdppr-dmp)₂(dmp) emittiert wird.

[0833] Somit wurde herausgefunden, dass in der Elektroneninjectionsschicht 4130 des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Au, Cu, Mn oder Co als Übergangsmetall in einem Verbundmaterial aus dem Übergangsmetall und einer organischen Verbindung mit einem ungeteilten Elektronenpaar verwendet werden können.

Bezugszeichen

[0834] 100: EL-Schicht, 101: Elektrode, 101a: leitende Schicht, 101b: leitende Schicht, 102: Elektrode, 103: Elektrode, 103a: leitende Schicht, 103b: leitende Schicht, 104: Elektrode, 104a: leitende Schicht, 104b: leitende Schicht, 105: EL-Schicht, 106: Licht emittierende Einheit, 107: EL-Schicht, 108: Licht emittierende Einheit, 110: EL-Schicht, 111: Lochinjectionsschicht, 112: Lochtransportschicht, 113: Elektronentransportschicht, 114: Elektroneninjectionsschicht, 115: Ladungserzeugungsschicht, 116: Lochinjectionsschicht, 117: Pufferschicht, 118: Elektronentransportschicht, 119: Lochtransportschicht, 130: Elektroneninjectionsschicht, 131: Verbindung, 132: Übergangsmetall, 140: Licht emittierende Schicht, 150: Licht emittierendes Element, 152: Licht emittierendes Element, 154: Licht emittierendes Element, 160: Ladungserzeugungsschicht, 170: Licht emittierende Schicht, 210: Substrat, 222B: Bereich, 223: lichtundurchlässige Schicht, 224B: optisches Element, 250: Licht emittierendes Element, 252: Licht emittierendes Element, 411: Substrat, 431: leitende Schicht, 432: Halbleiterschicht, 432p: Halbleiterschicht, 433a: leitende Schicht, 433b: leitende Schicht, 434: Isolierschicht, 435: Verunreinigungshalbleiterschicht, 437: Halbleiterschicht, 484: Isolierschicht, 601: Source-seiten-Treiberschaltung, 602: Pixelabschnitt, 603: Gateseiten-Treiberschaltung, 604: Dichtungssubstrat, 605: Dichtungsmittel, 607: Raum, 608: Leitung, 610: Elementsubstrat, 611: Schalt-TFT, 612: Stromsteuer-TFT, 613: Elektrode, 614: Isolator, 616: EL-Schicht, 617: Elektrode, 618: Licht emittierendes Element, 623: n-

Kanal-TFT, 624: p-Kanal-TFT, 633: Elektronentransportschicht, 900: tragbares Informationsendgerät, 901: Gehäuse, 902: Gehäuse, 903: Anzeigeabschnitt, 905: Gelenkabschnitt, 910: tragbares Informationsendgerät, 911: Gehäuse, 912: Anzeigeabschnitt, 913: Bedienknopf, 914: externer Verbindungsanschluss, 915: Lautsprecher, 916: Mikrofon, 917: Kamera, 920: Kamera, 921: Gehäuse, 922: Anzeigeabschnitt, 923: Bedienknöpfe, 924: Auslöseknopf, 926: Linse, 1001: Substrat, 1002: Basis-Isolierfilm, 1003: Gate-Isolierfilm, 1006: Gate-Elektrode, 1007: Gate-Elektrode, 1008: Gate-Elektrode, 1020: Zwischenschicht-Isolierfilm, 1021: Zwischenschicht-Isolierfilm, 1022: Elektrode, 1024B: Elektrode, 1024G: Elektrode, 1024R: Elektrode, 1024W: Elektrode, 1025B: untere Elektrode, 1025G: untere Elektrode, 1025R: untere Elektrode, 1025W: untere Elektrode, 1026: Trennwand, 1028: EL-Schicht, 1029: Elektrode, 1031: Dichtungssubstrat, 1032: Dichtungsmittel, 1033: Basismaterial, 1034B: Farbschicht, 1034G: Farbschicht, 1034R: Farbschicht, 1036: Abdeckungsschicht, 1037: Zwischenschicht-Isolierfilm, 1040: Pixelabschnitt, 1041: Treiberschaltungsabschnitt, 1042: Peripherieabschnitt, 2101: Elektrode, 2101a: leitende Schicht, 2101b: leitende Schicht, 2102: Elektrode, 2103: Elektrode, 2103a: leitende Schicht, 2103b: leitende Schicht, 2104: Elektrode, 2104a: leitende Schicht, 2104b: leitende Schicht, 2106: Licht emittierende Einheit, 2108: Licht emittierende Einheit, 2111: Lochinjektionsschicht, 2112: Lochtransportschicht, 2113: Elektronentransportschicht, 2115: Ladungserzeugungsschicht, 2116: Lochinjektionsschicht, 2117: Lochtransportschicht, 2118: Elektronentransportschicht, 2119: Elektroneninjectionsschicht, 2130: Elektroneninjectionsschicht, 2131: Verbindung, 2140: Licht emittierende Schicht, 2145: Trennwand, 2170: Licht emittierende Schicht, 2200: Substrat, 2220: Substrat, 2222B: Bereich, 2222G: Bereich, 2222R: Bereich, 2223: lichtundurchlässige Schicht, 2224B: optisches Element, 2224G: optisches Element, 2224R: optisches Element, 2250a: Licht emittierendes Element, 2250b: Licht emittierendes Element, 2622B: Bereich, 2622G: Bereich, 2622R: Bereich, 2631: Lochinjektionsschicht, 2632: Lochtransportschicht, 2633: Elektronentransportschicht, 2634: Elektroneninjectionsschicht, 2635: Ladungserzeugungsschicht, 2637: Lochtransportschicht, 2638: Elektronentransportschicht, 2639: Elektroneninjectionsschicht, 2642: Elektrode, 2644: Licht emittierende Schicht, 2646: Licht emittierende Schicht, 2650: Substrat, 2652: Substrat, 2661: Elektrode, 2662: Elektrode, 2663: Elektrode, 2664: Elektrode, 3500: Multifunktionsgerät, 3502: Gehäuse, 3504: Anzeigeabschnitt, 3506: Kamera, 3508: Beleuchtung, 3600: Licht, 3602: Gehäuse, 3608: Beleuchtung, 3610: Lautsprecher, 3631: Lochinjektionsschicht, 3632: Lochtransportschicht, 3633: Elektronentransportschicht, 3634: Elektroneninjectionsschicht, 3635: Ladungserzeugungsschicht, 3637: Lochtransportschicht, 3638: Elektronentransportschicht, 3639: Elektroneninjectionsschicht, 3641: Elektrode, 3642: Elektrode, 3644: Licht emittierende Schicht, 3646: Licht emittierende Schicht, 3650: Substrat, 3652: Substrat, 4100: EL-Schicht, 4101: Elektrode, 4102: Elektrode, 4111: Lochinjektionsschicht, 4112: Lochtransportschicht, 4118: Elektronentransportschicht, 4135: Ladungserzeugungsschicht, 4130: Elektroneninjectionsschicht, 4140: Licht emittierende Schicht, 4210: Substrat, 8501: Beleuchtungsvorrichtung, 8502: Beleuchtungsvorrichtung, 8503: Beleuchtungsvorrichtung, 8504: Beleuchtungsvorrichtung, 9000: Gehäuse, 9001: Anzeigeabschnitt, 9006: Verbindungsanschluss, 9055: Gelenk, 9200: tragbares Informationsendgerät, 9201: tragbares Informationsendgerät, 9202: tragbares Informationsendgerät.

[0835] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. JP 2017 - 77 059 A eingereicht beim japanischen Patentamt am 7. April 2017, der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. JP 2017 - 77 061 A eingereicht beim japanischen Patentamt am 7. April 2017, und auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. JP 2017 - 114 262 A eingereicht beim japanischen Patentamt am 9. Juni 2017.

Patentansprüche

1. Licht emittierendes Element, umfassend:

eine Licht emittierende Schicht zwischen einer Anode und einer Kathode; und
eine erste Schicht zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode,
wobei die erste Schicht eine Elektroneninjectionsschicht ist, wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall beinhaltet,
wobei die erste organische Verbindung ein ungeteiltes Elektronenpaar beinhaltet, und
wobei die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall ein SOMO („single occupied molecular orbital“, einfach besetztes Molekülorbital) bilden.

2. Licht emittierendes Element, umfassend:

eine erste Licht emittierende Einheit und eine zweite Licht emittierende Einheit zwischen einer Anode und einer Kathode; und
eine erste Schicht zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit und der zweiten Licht emittierenden Einheit,
wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall beinhaltet,

wobei die erste organische Verbindung ein ungeteiltes Elektronenpaar beinhaltet,
wobei das Übergangsmetall ein Metall der Gruppe 5, Gruppe 7, Gruppe 9 oder Gruppe 11 des Periodensystems ist, und
wobei die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall ein SOMO bilden.

3. Licht emittierendes Element, umfassend:
eine erste Licht emittierende Einheit und eine zweite Licht emittierende Einheit zwischen einer Anode und einer Kathode; und
eine erste Schicht und eine Ladungserzeugungsschicht zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit und der zweiten Licht emittierenden Einheit,
wobei die erste Schicht und die Ladungserzeugungsschicht in Kontakt miteinander sind,
wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall beinhaltet,
wobei die erste organische Verbindung ein ungeteiltes Elektronenpaar beinhaltet,
wobei das Übergangsmetall ein Metall der Gruppe 5, Gruppe 7, Gruppe 9 oder Gruppe 11 des Periodensystems ist, und
wobei die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall ein SOMO bilden.

4. Licht emittierendes Element, umfassend:
eine Licht emittierende Schicht zwischen einer Anode und einer Kathode; und
eine erste Schicht zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode,
wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall beinhaltet,
wobei die erste organische Verbindung ein ungeteiltes Elektronenpaar beinhaltet, und
wobei die Spindichte eines Films, der die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall in einem Molverhältnis von 1:1 beinhaltet, höher als oder gleich 1×10^{16} Spins/cm³ ist.

5. Licht emittierendes Element, umfassend:
eine erste Licht emittierende Einheit und eine zweite Licht emittierende Einheit zwischen einer Anode und einer Kathode; und
eine erste Schicht zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit und der zweiten Licht emittierenden Einheit,
wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und ein Übergangsmetall beinhaltet,
wobei die erste organische Verbindung ein ungeteiltes Elektronenpaar beinhaltet, und
wobei die Spindichte eines Films, der die erste organische Verbindung und das Übergangsmetall in einem Molverhältnis von 1:1 beinhaltet, höher als oder gleich 1×10^{16} Spins/cm³ und niedriger als oder gleich 5×10^{17} Spins/cm³ ist.

6. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1, 4 und 5, wobei das Übergangsmetall ein Metall ist, das zur Gruppe 5, Gruppe 7, Gruppe 9 oder Gruppe 11 des Periodensystems gehört.

7. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Übergangsmetall ein Metall ist, das zur Gruppe 11 des Periodensystems gehört.

8. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Übergangsmetall Ag ist.

9. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste organische Verbindung einen elektronenarmen heteroaromatischen Ring beinhaltet.

10. Licht emittierendes Element nach Anspruch 9, wobei der elektronenarme heteroaromatische Ring mindestens einen aus einem Pyridinring, einem Diazinring und einem Triazinring beinhaltet.

11. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste organische Verbindung 25 bis 100 Kohlenstoffatome aufweist.

12. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste organische Verbindung kein 1,10-Phenanthrolin-Gerüst beinhaltet.

13. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein LUMO-Niveau der ersten organischen Verbindung höher als oder gleich -3,6 eV und niedriger als oder gleich -2,3 eV ist.

14. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner umfassend eine zweite Schicht zwischen der Kathode und der ersten Schicht, wobei die zweite Schicht eine zweite organische Verbindung beinhaltet, die einen elektronenarmen heteroaromatischen Ring beinhaltet.

15. Licht emittierende Element nach Anspruch 14, wobei ein LUMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung niedriger ist als ein Energieniveau des SOMO.

16. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Alkalimetall und ein Erdalkalimetall nicht enthalten sind.

17. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Molverhältnis des Übergangsmetalls zu der ersten organischen Verbindung in der ersten Schicht höher als oder gleich 0,2 und niedriger als oder gleich 0,8 ist.

18. Licht emittierendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Kathode ein Metall beinhaltet, das das gleiche wie das Übergangsmetall ist.

19. Anzeigevorrichtung, umfassend:
das Licht emittierende Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5; und mindestens eines von einem Farbfilter und einem Transistor.

20. Elektronisches Gerät, umfassend:
die Anzeigevorrichtung nach Anspruch 19; und mindestens eines von einem Gehäuse und einem Berührungssensor.

21. Beleuchtungsvorrichtung, umfassend:
das Licht emittierende Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5; und mindestens eines von einem Gehäuse und einem Berührungssensor.

Es folgen 75 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

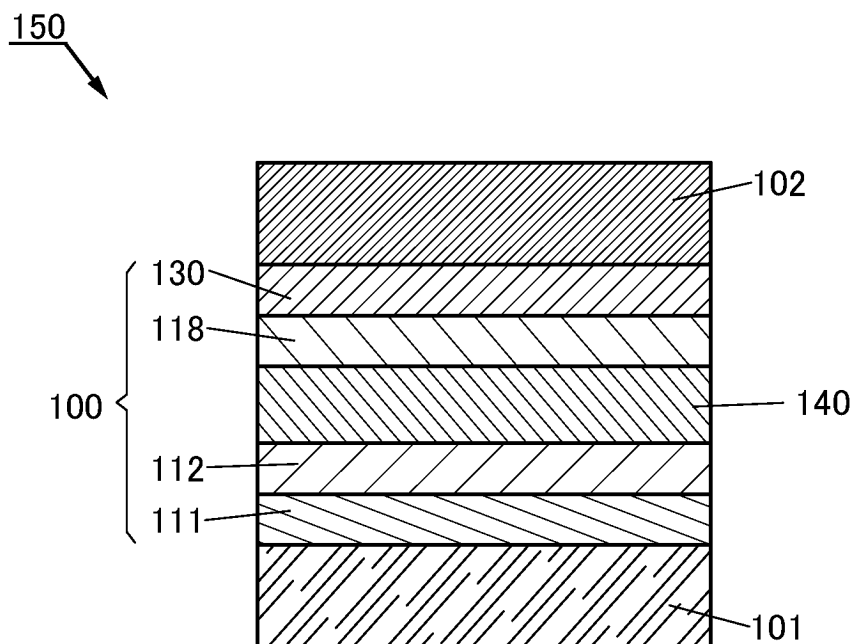


FIG. 1B

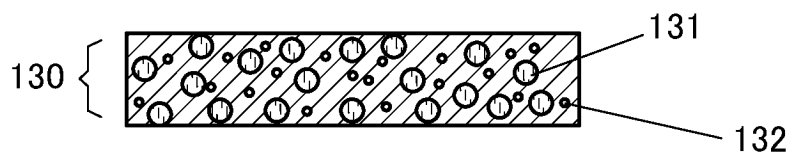


FIG. 1C

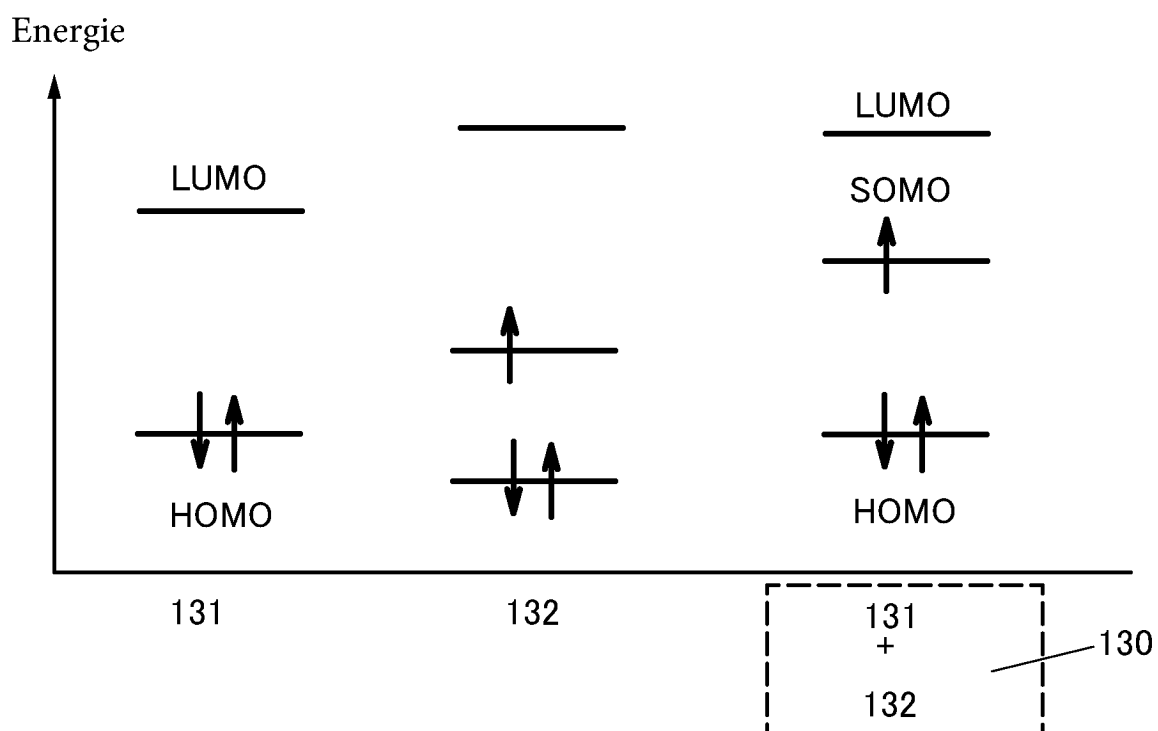


FIG. 2A

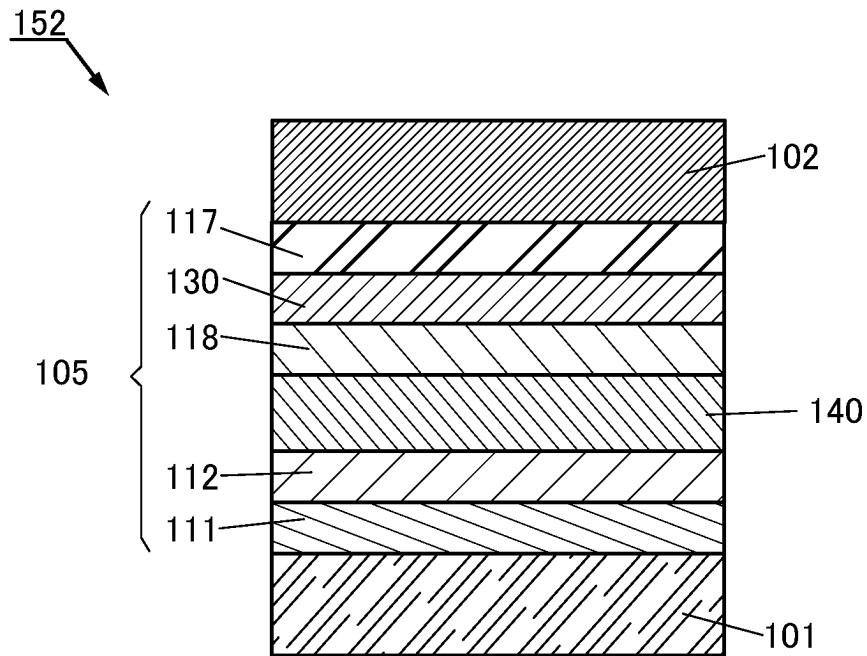


FIG. 2B

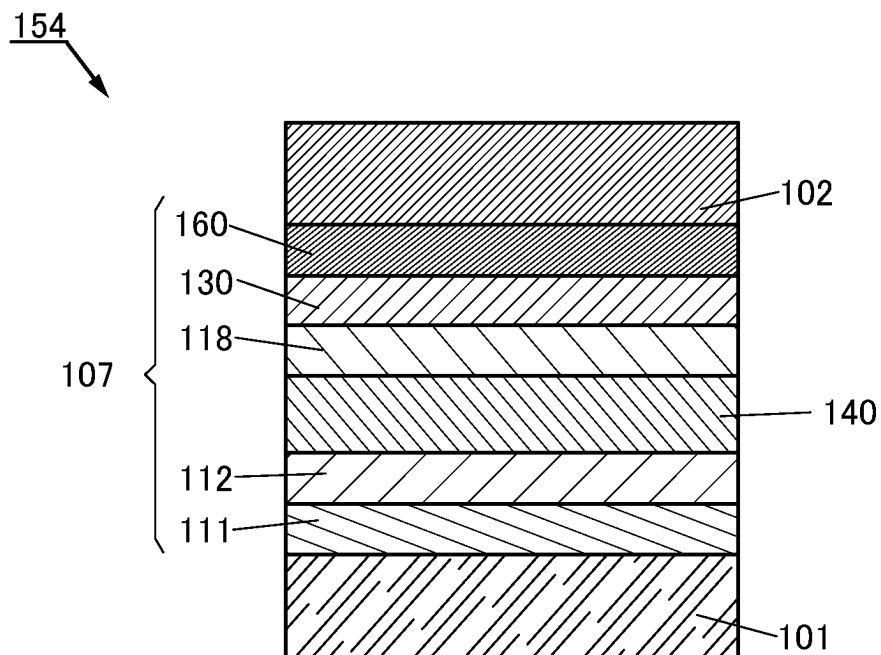


FIG. 3A

250

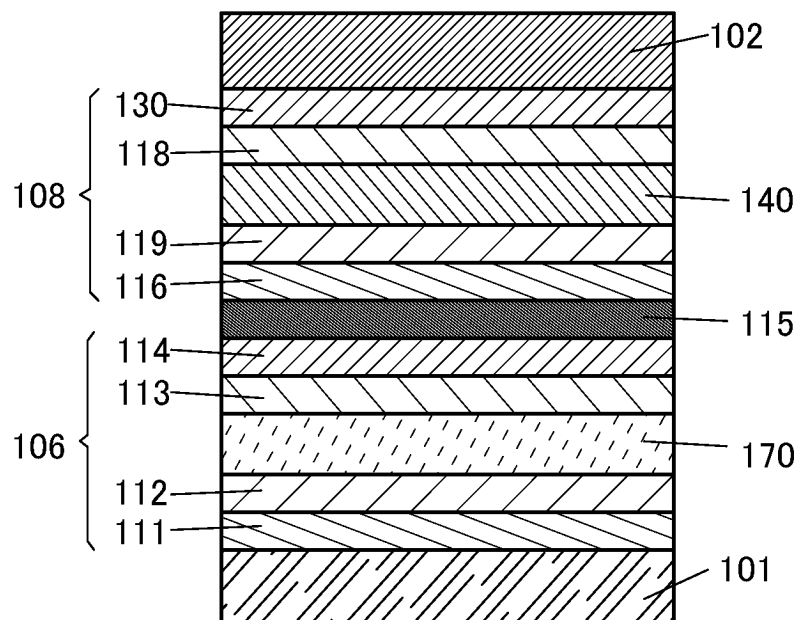


FIG. 3B

252

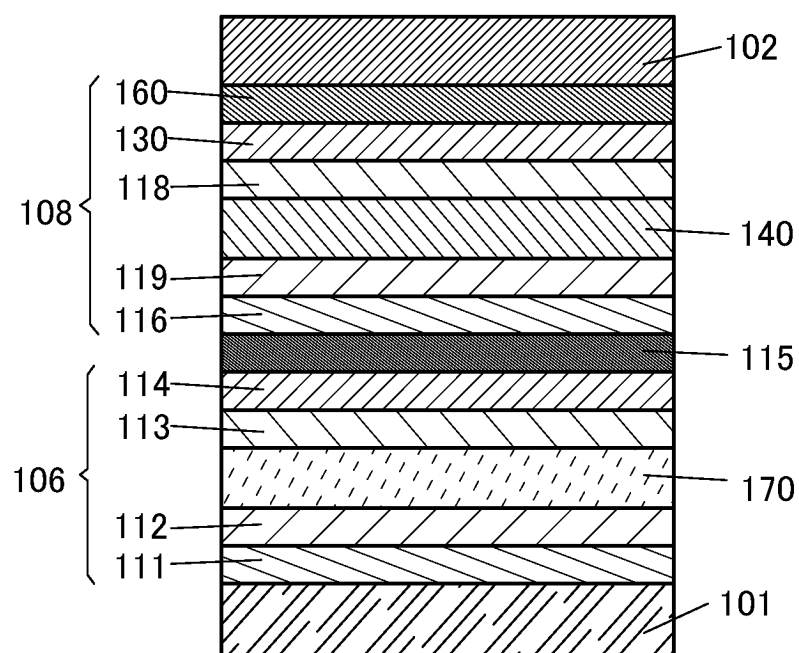


FIG. 4A

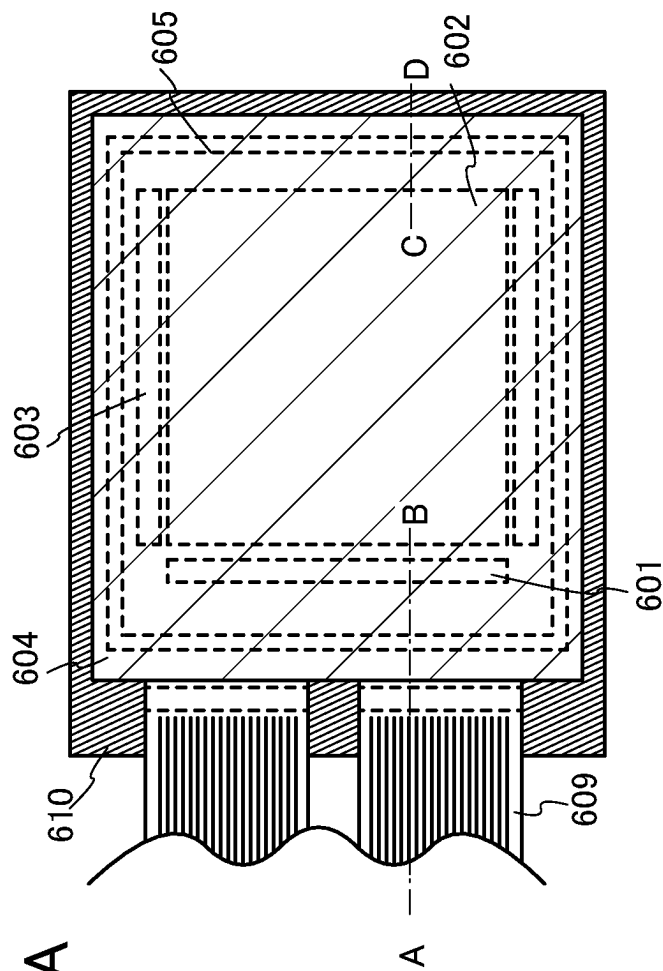


FIG. 4B

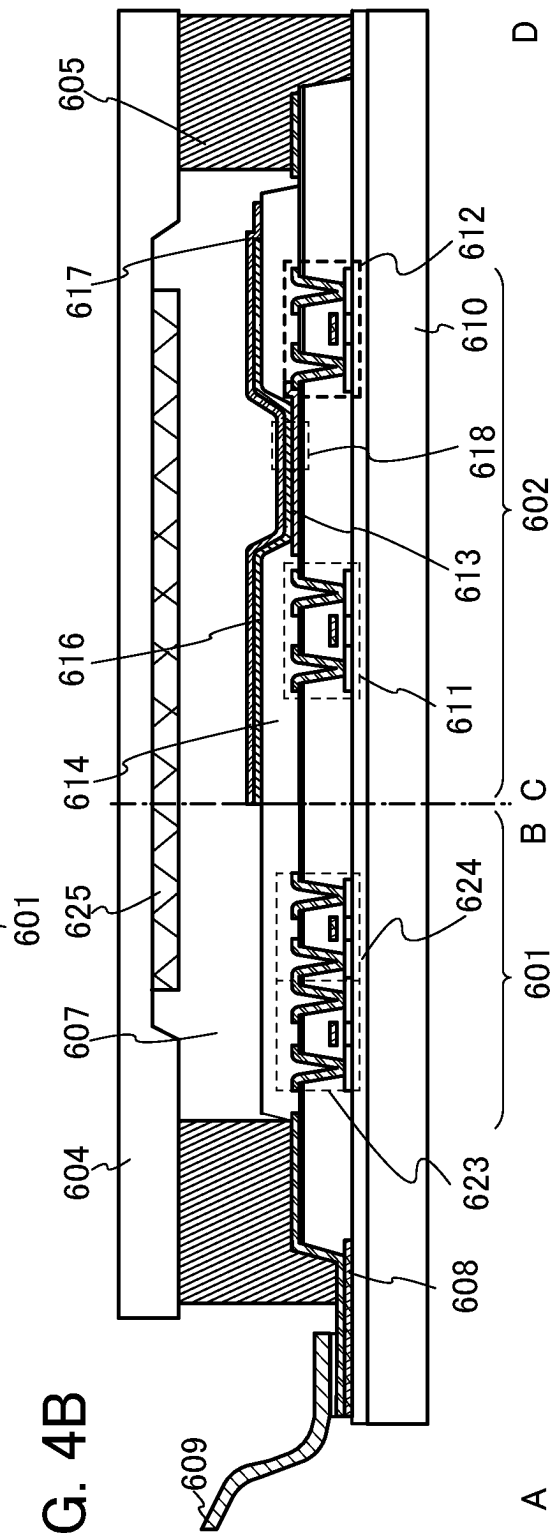


FIG. 5A

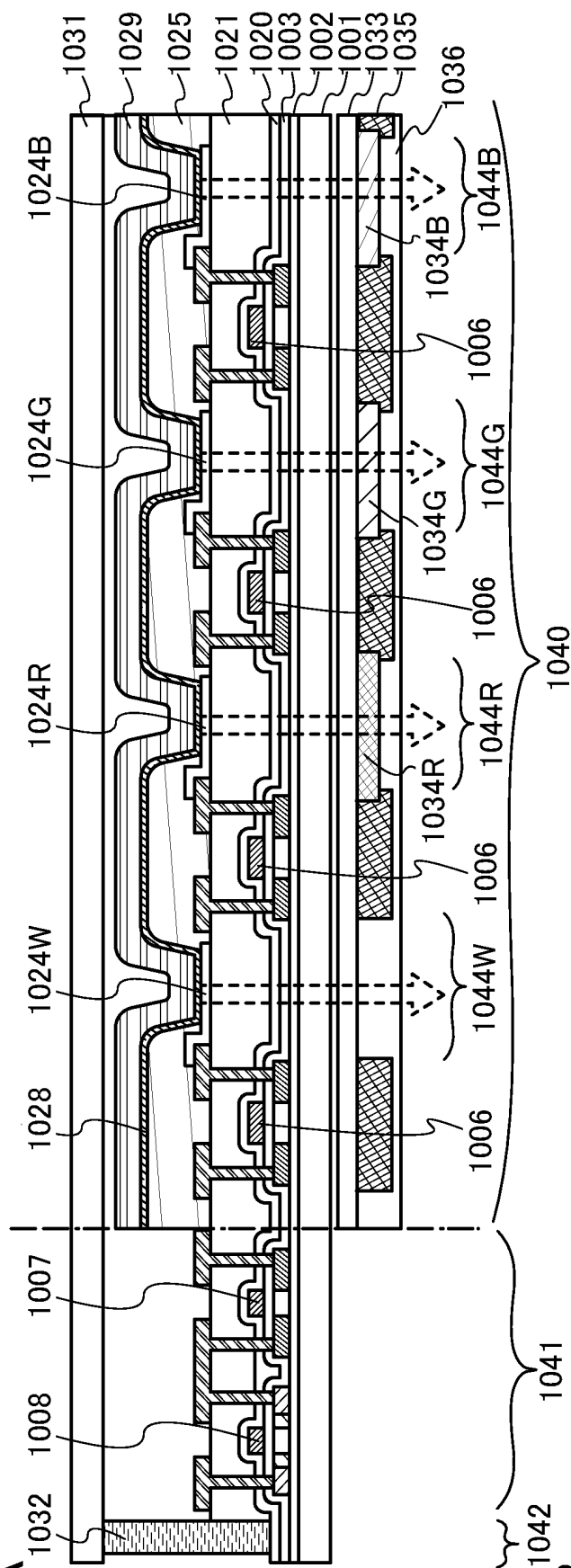


FIG. 5B

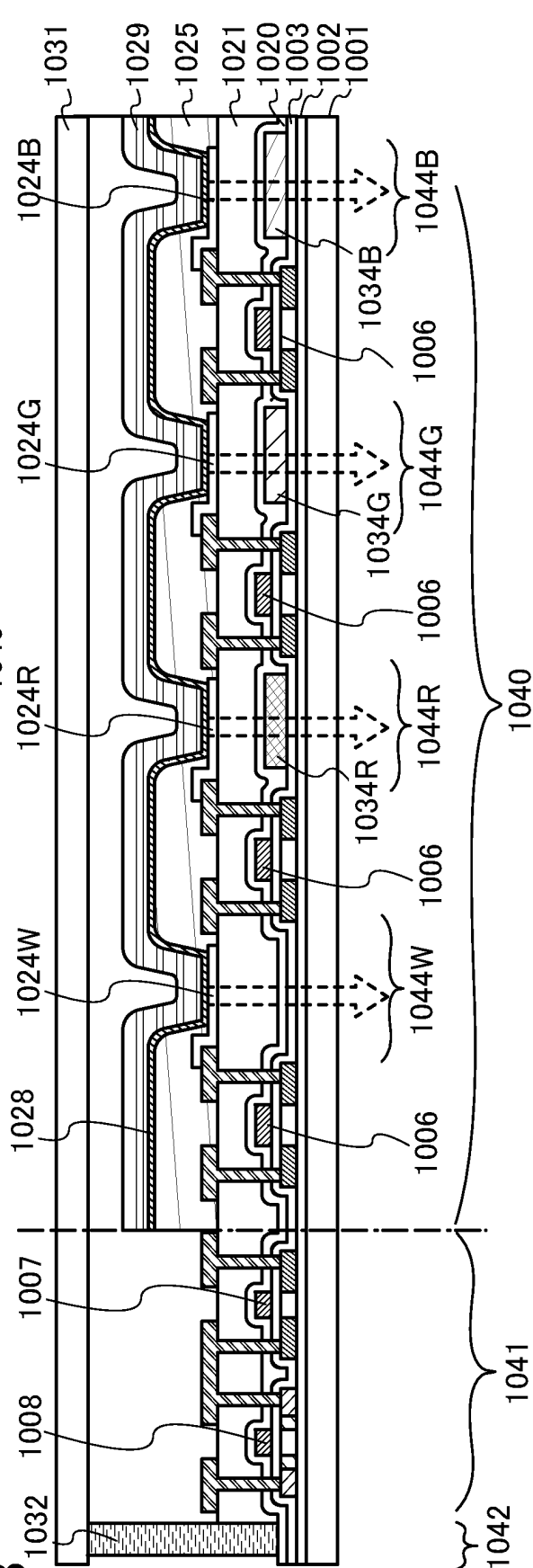


FIG. 6

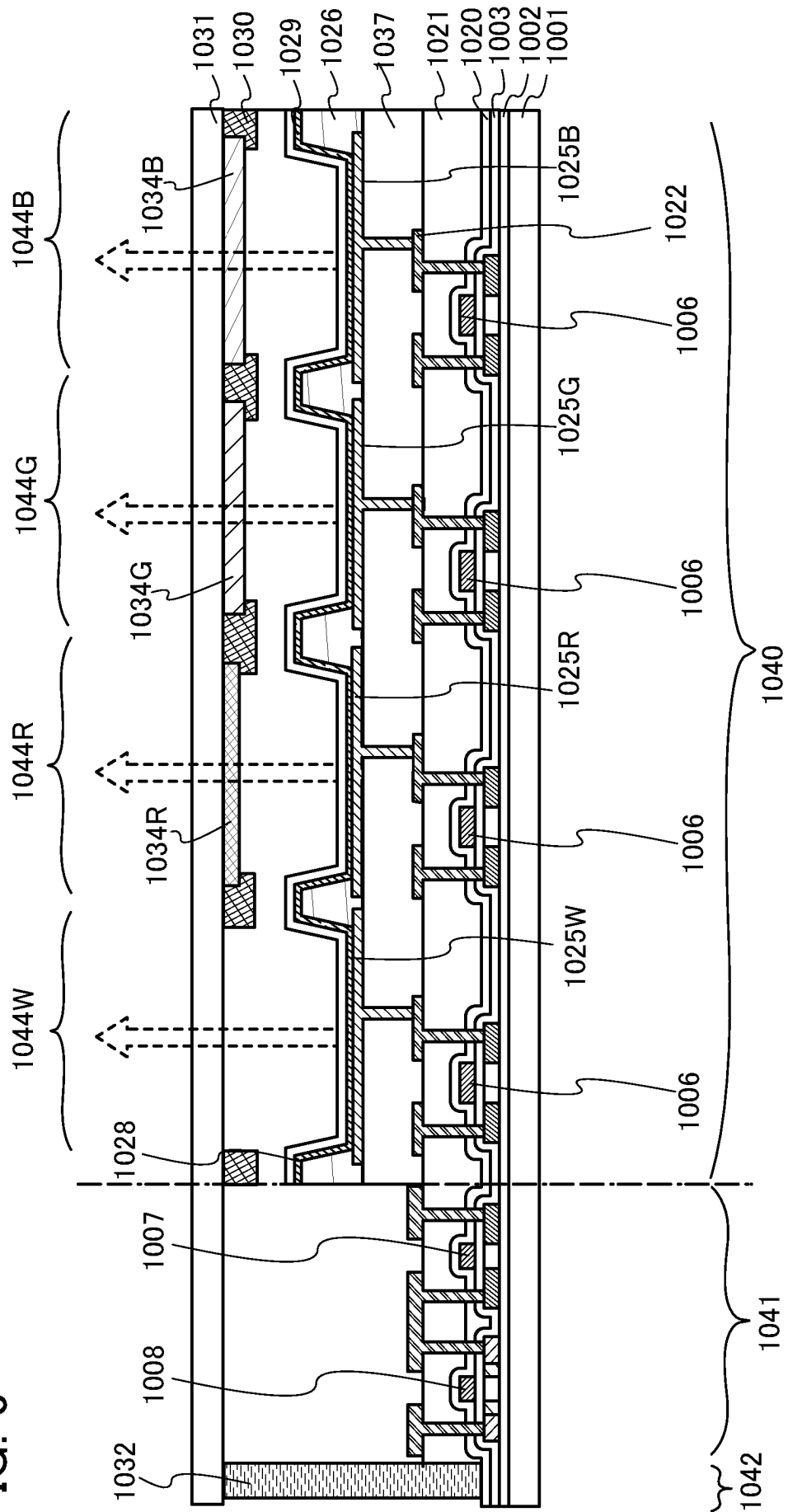


FIG. 7A

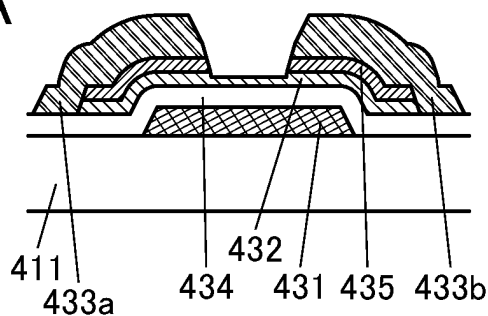


FIG. 7B

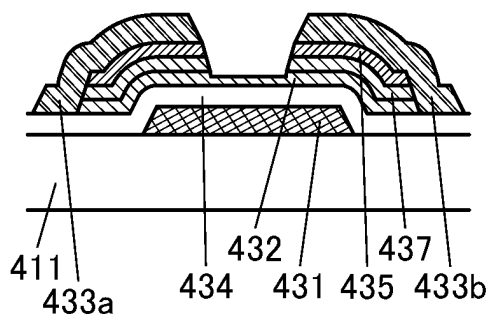


FIG. 7C

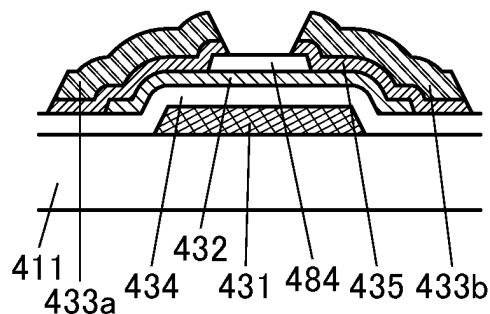


FIG. 7D

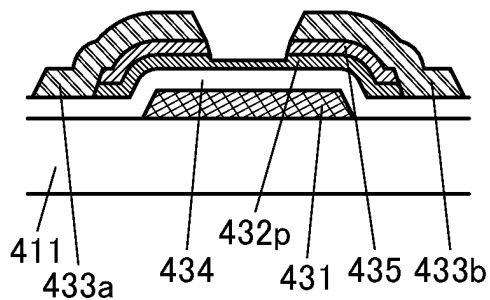


FIG. 7E

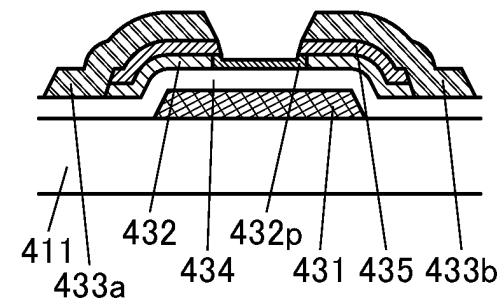


FIG. 7F

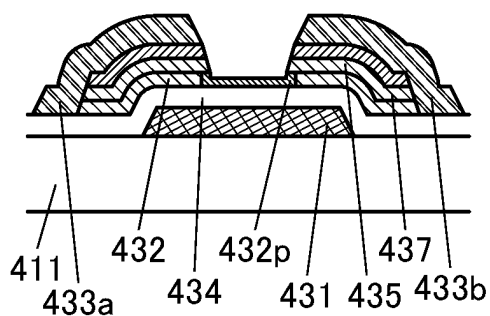


FIG. 7G

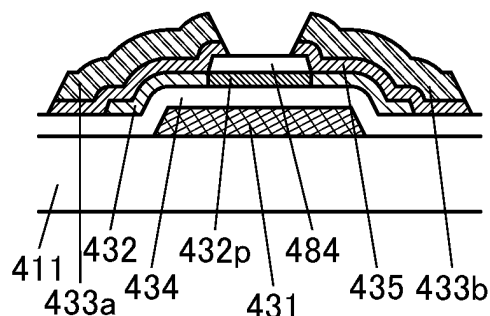


FIG. 8A

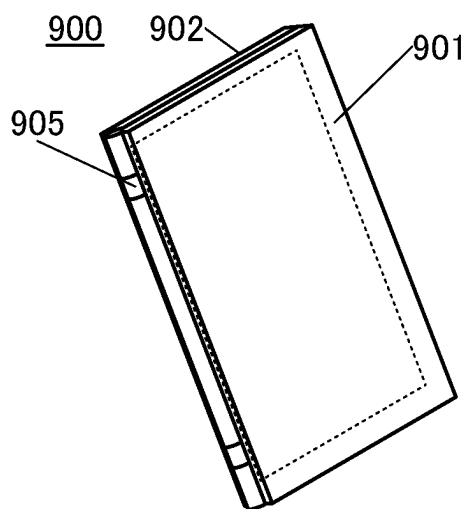


FIG. 8B

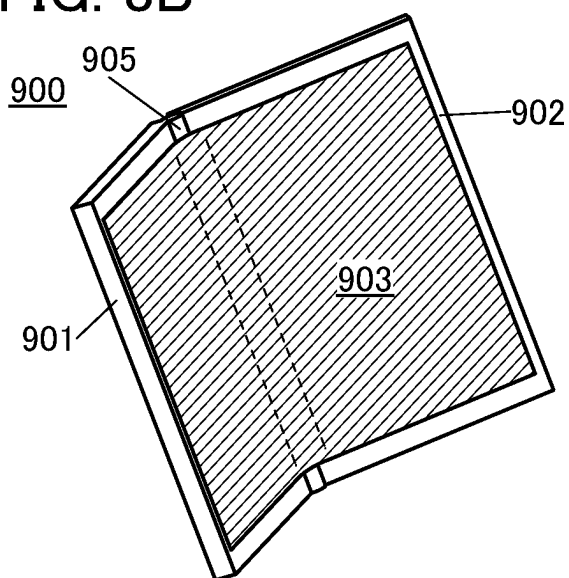


FIG. 8C

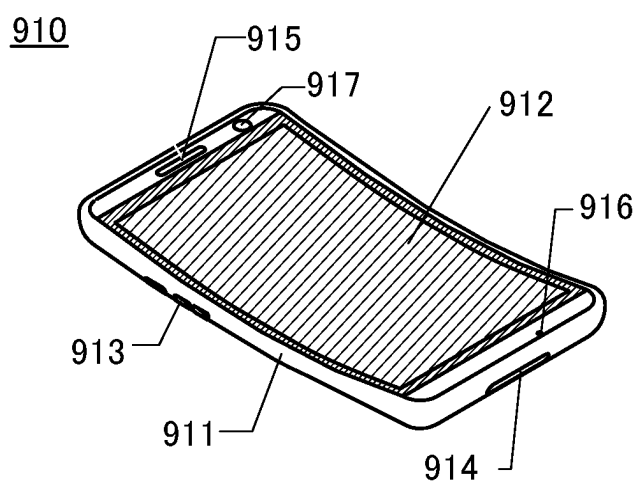


FIG. 8D

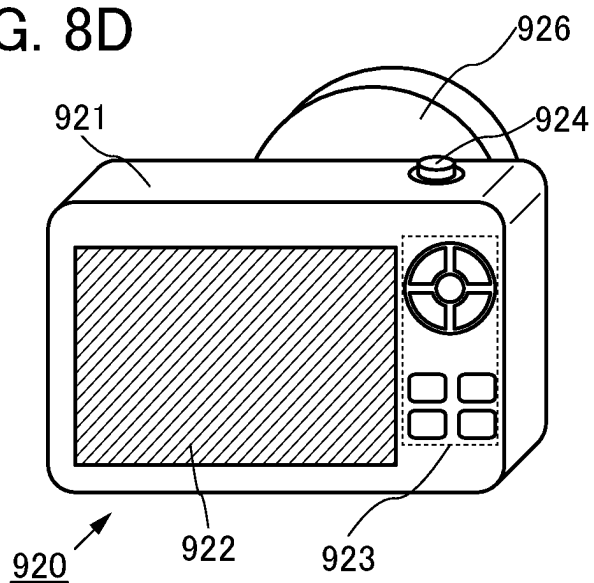


FIG. 9A

9200

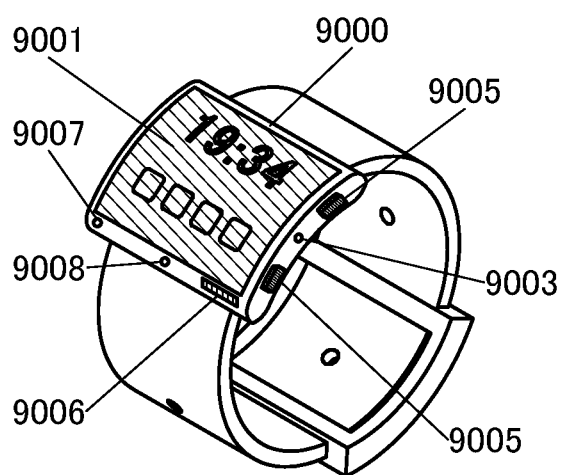


FIG. 9B

9201

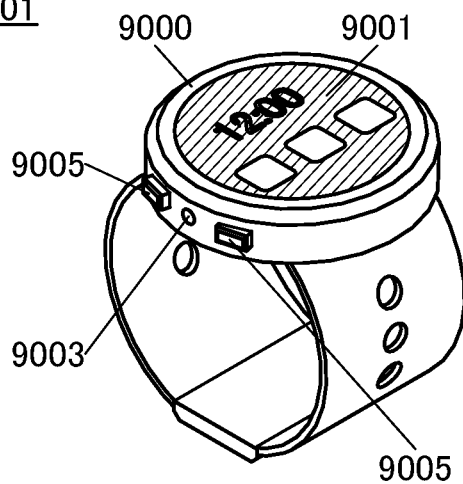


FIG. 9C

9202

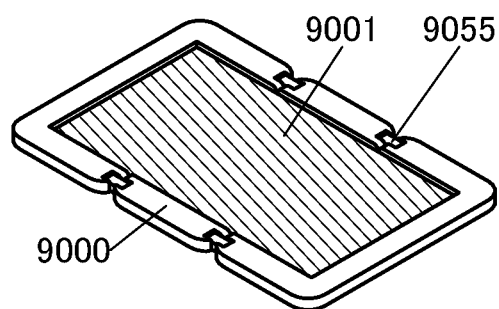


FIG. 9D

9202

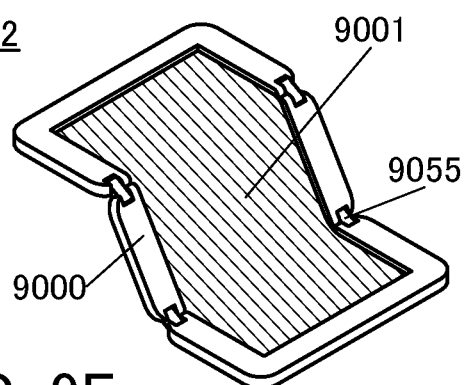


FIG. 9E

9202

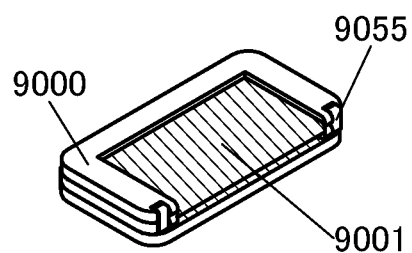


FIG. 10A

3500

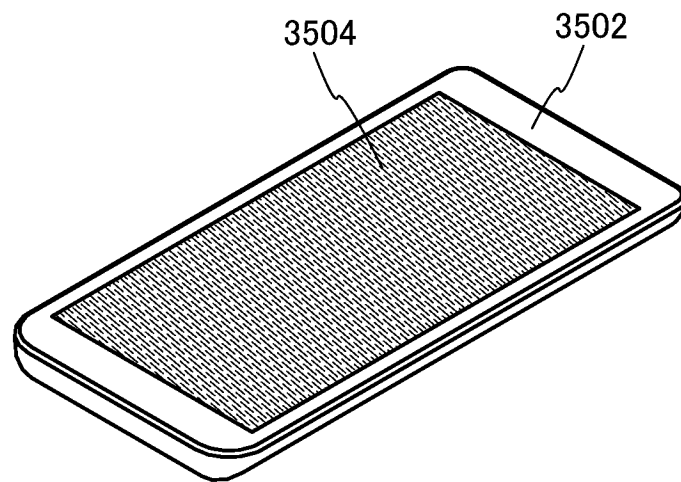


FIG. 10B

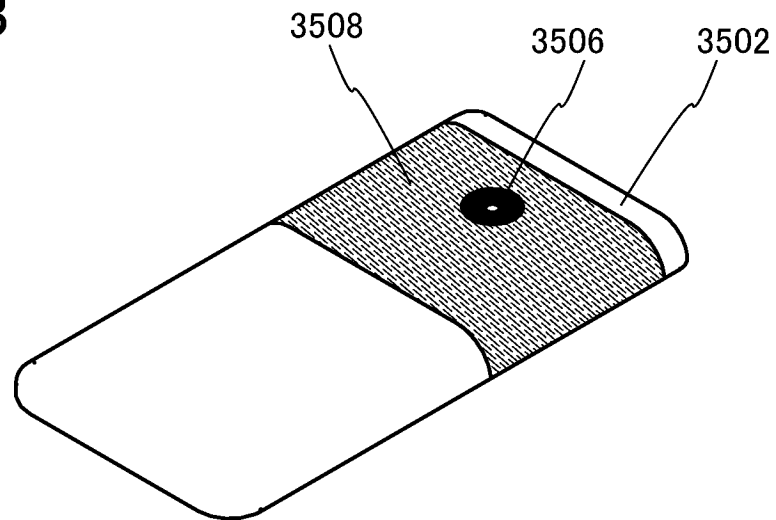


FIG. 10C

3600

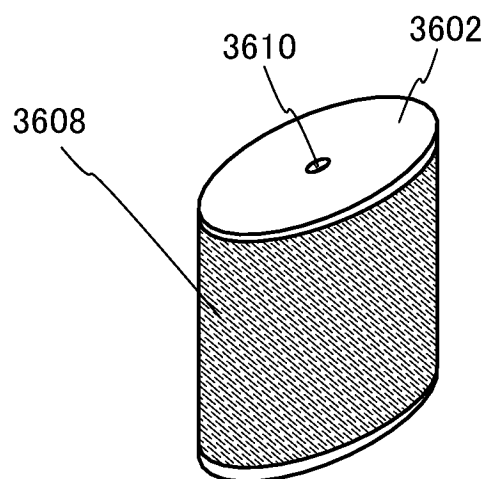


FIG. 11

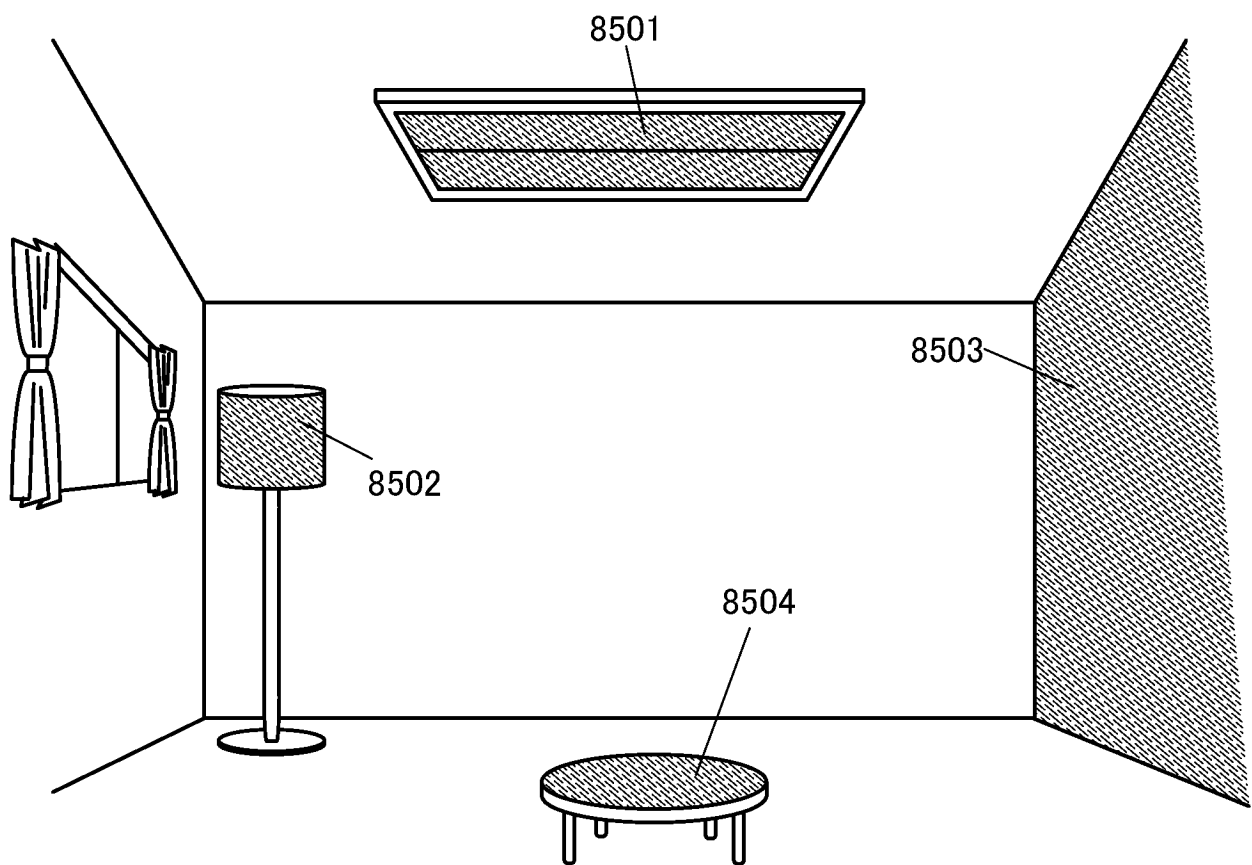


FIG. 12

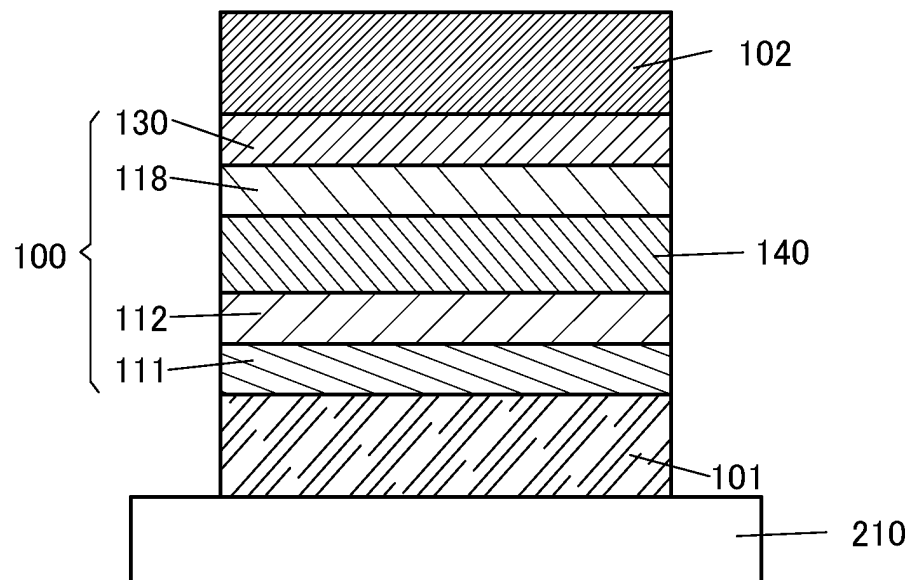


FIG. 13

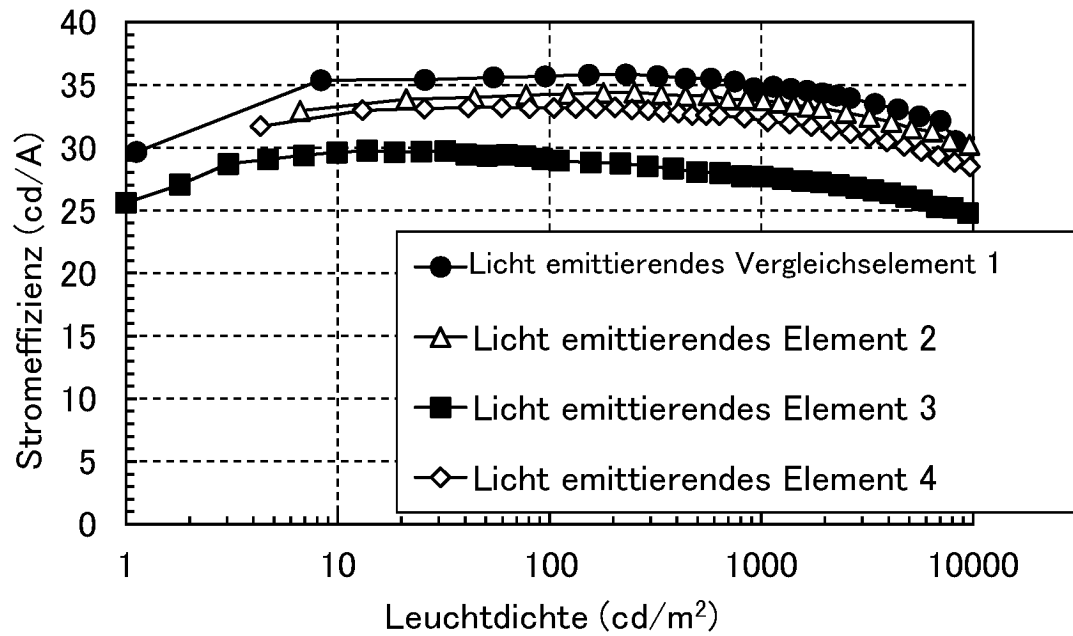


FIG. 14

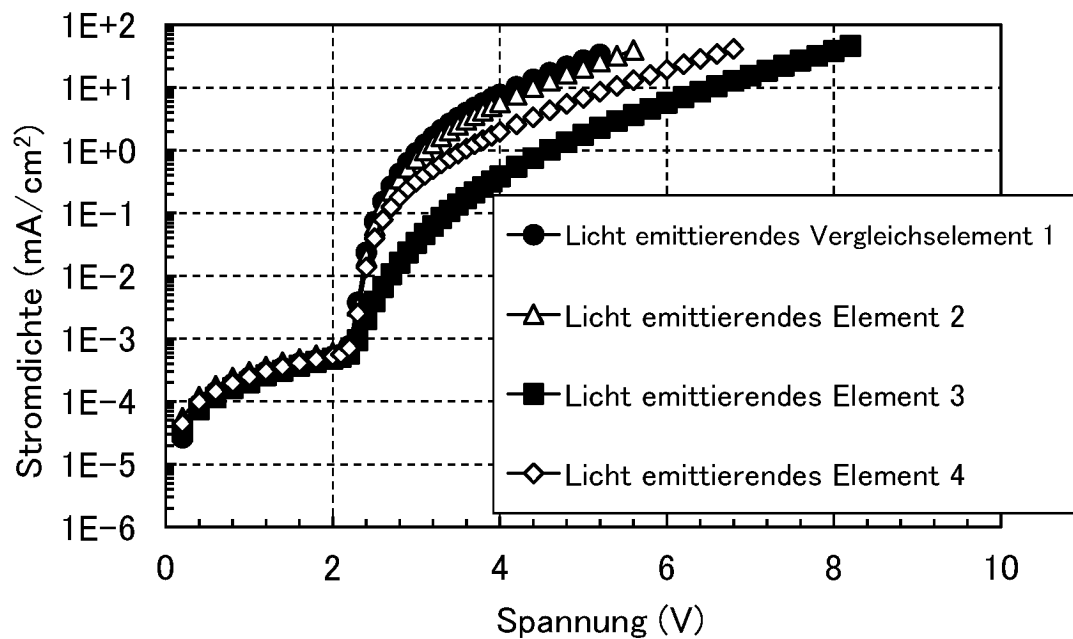


FIG. 15

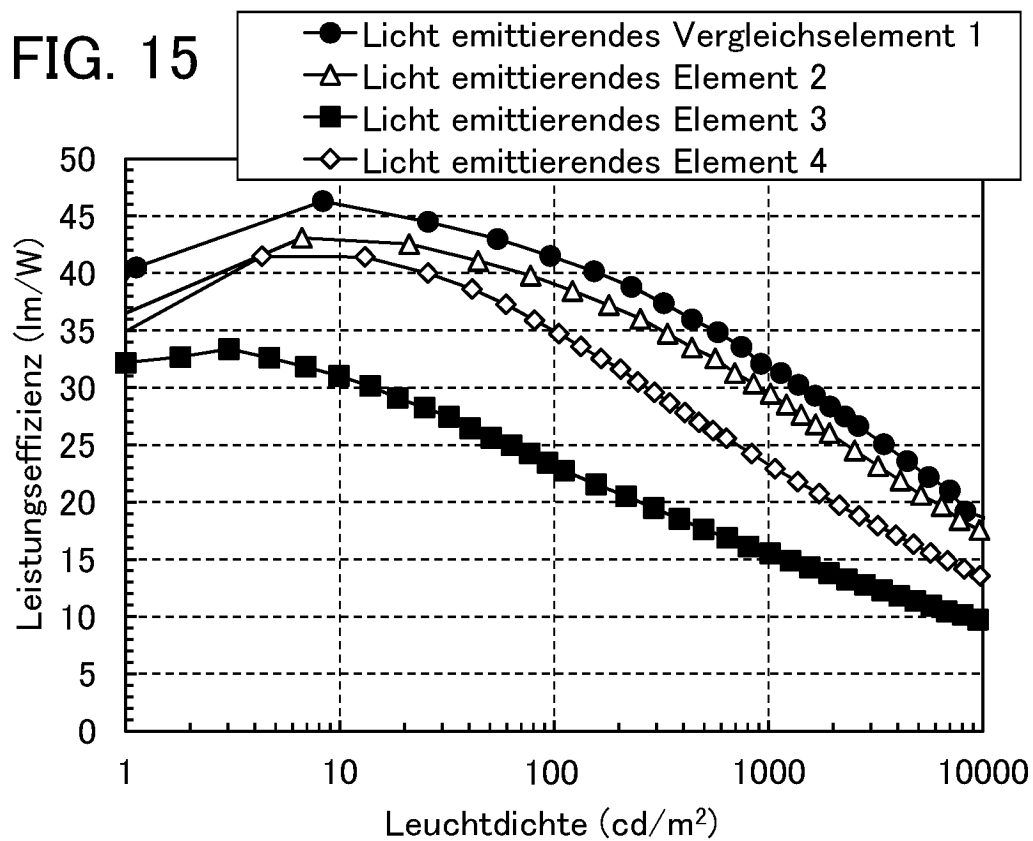


FIG. 16

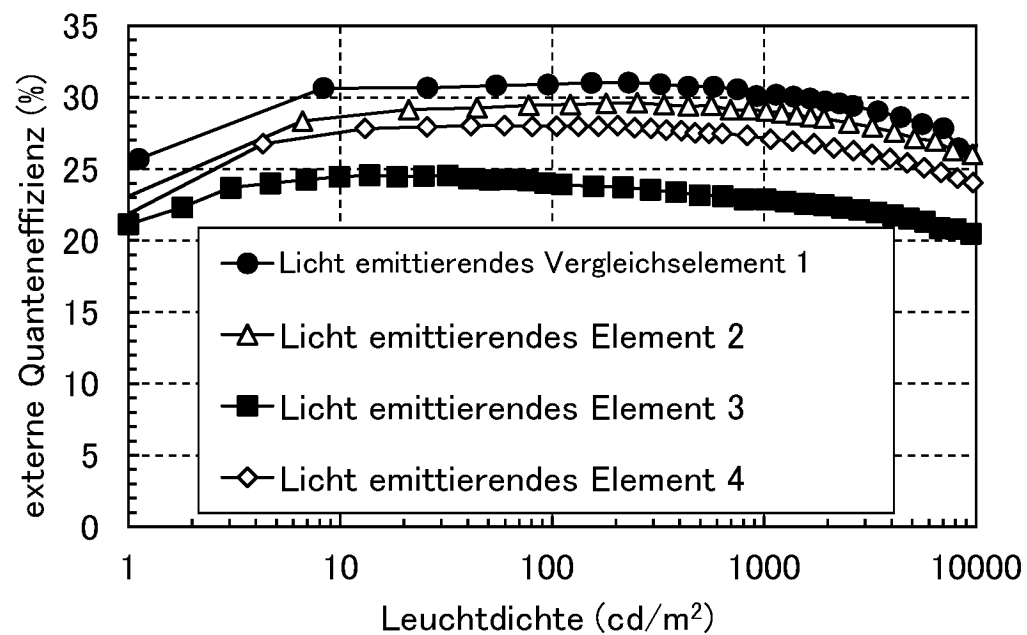


FIG. 17

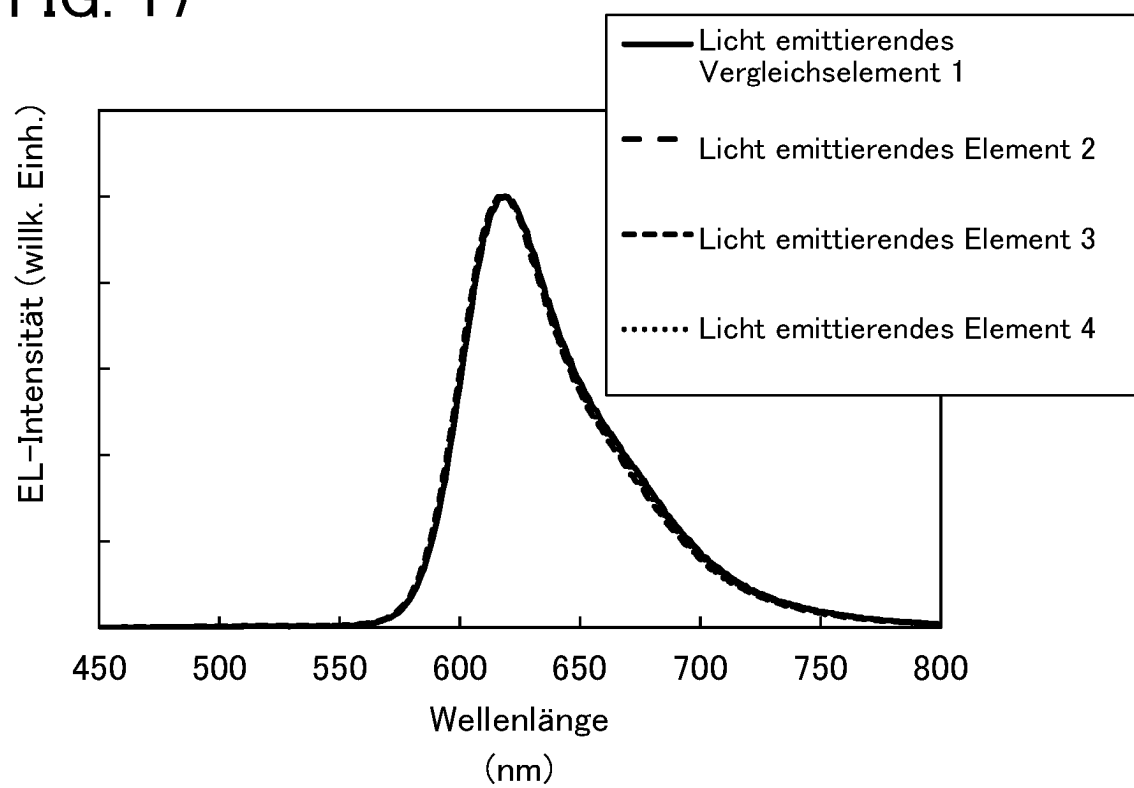


FIG. 18

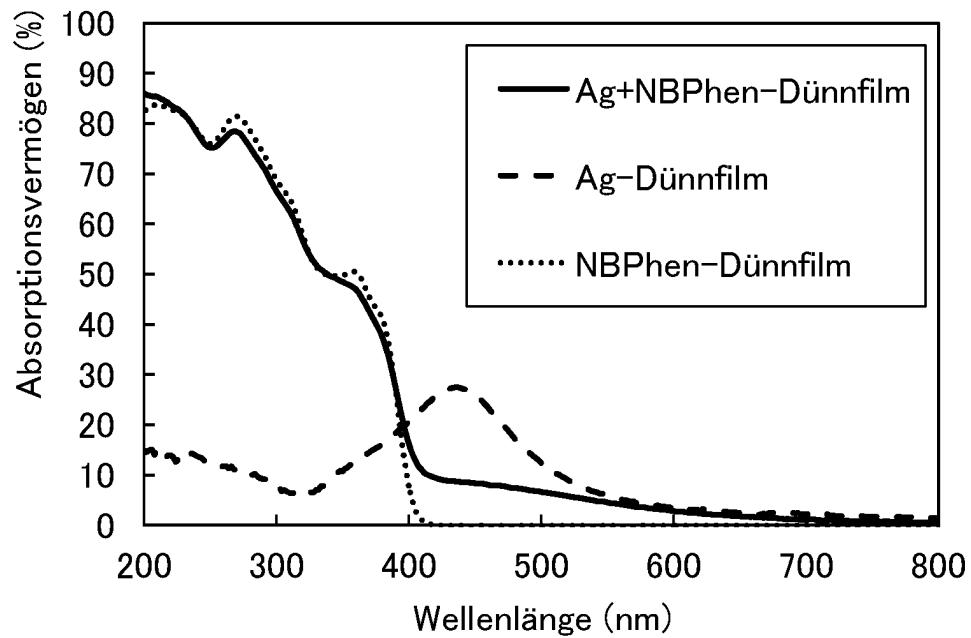


FIG. 19

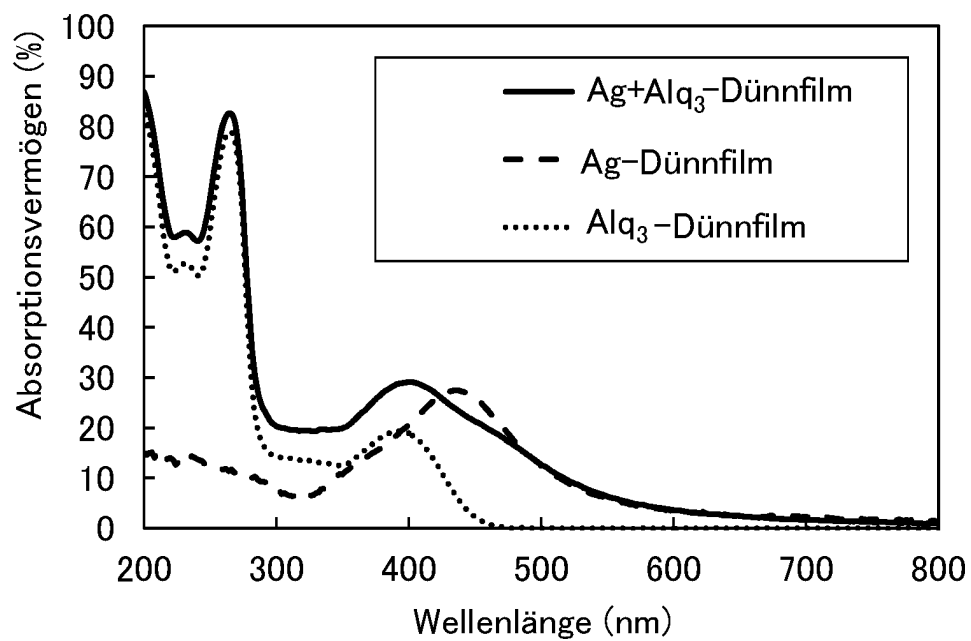


FIG. 20

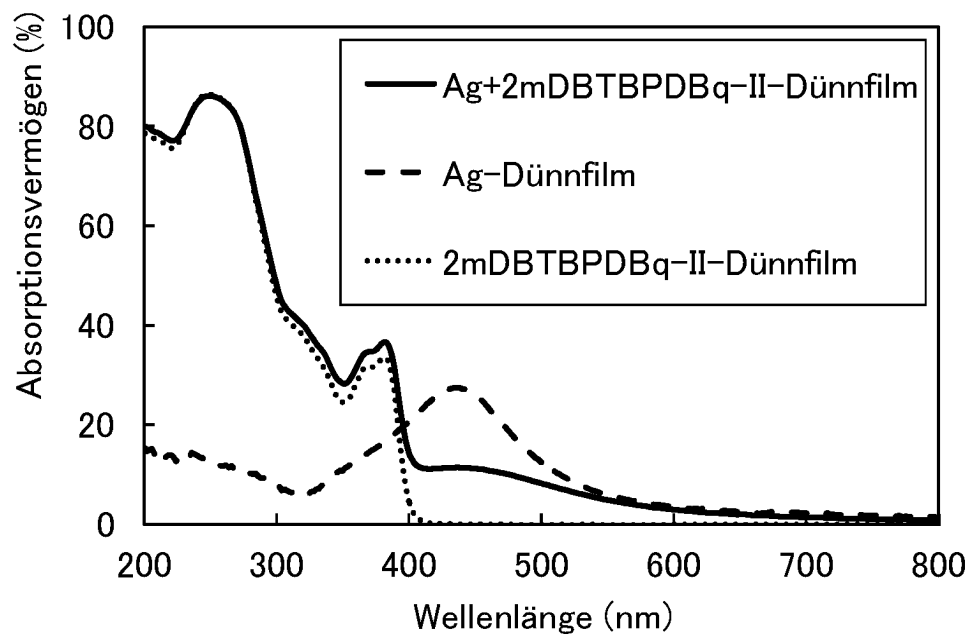


FIG. 21

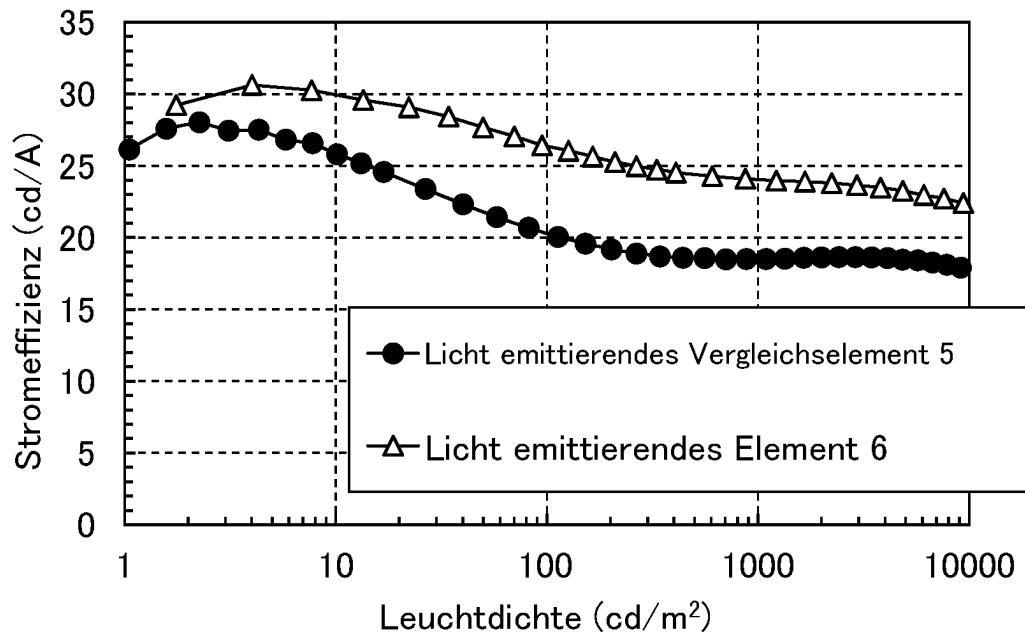


FIG. 22

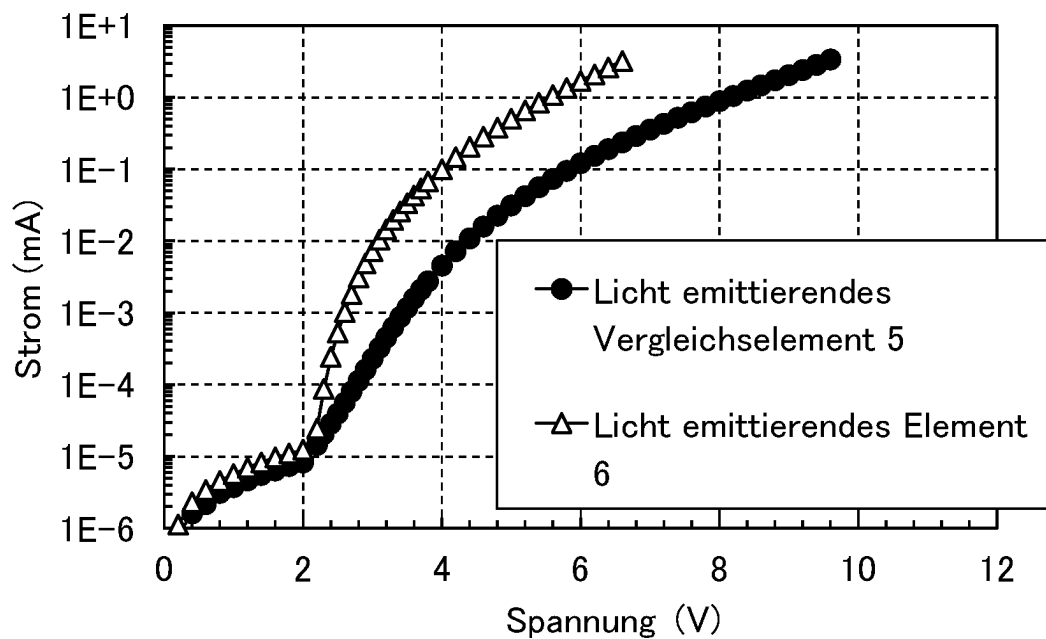


FIG. 23

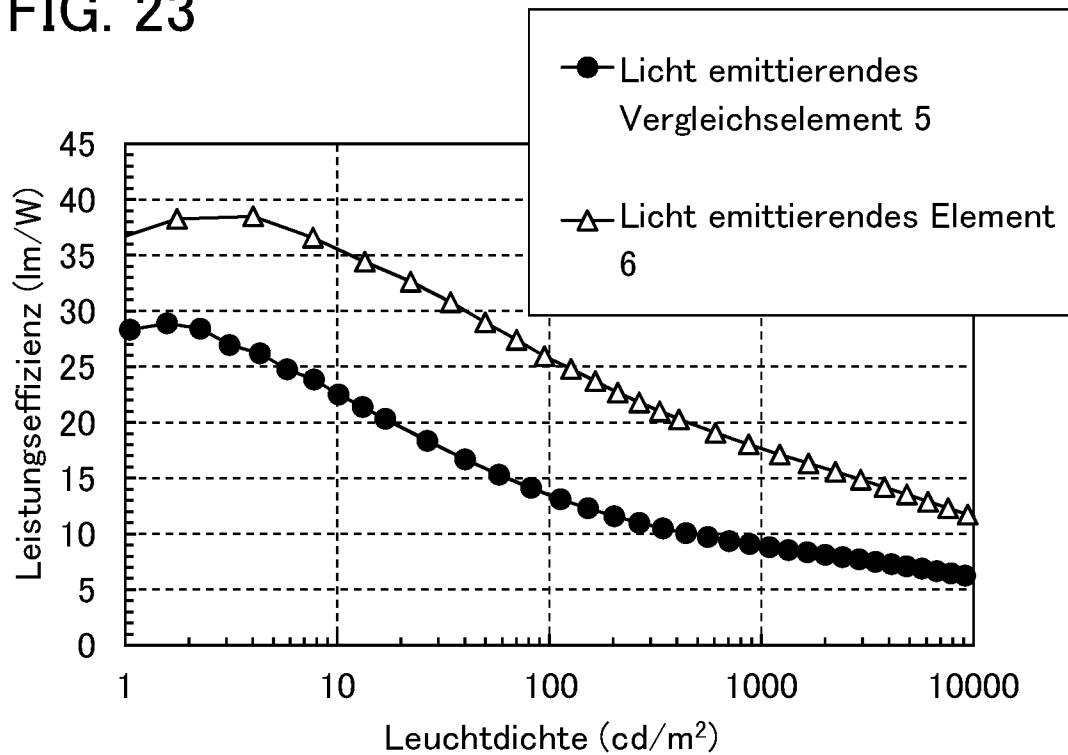


FIG. 24

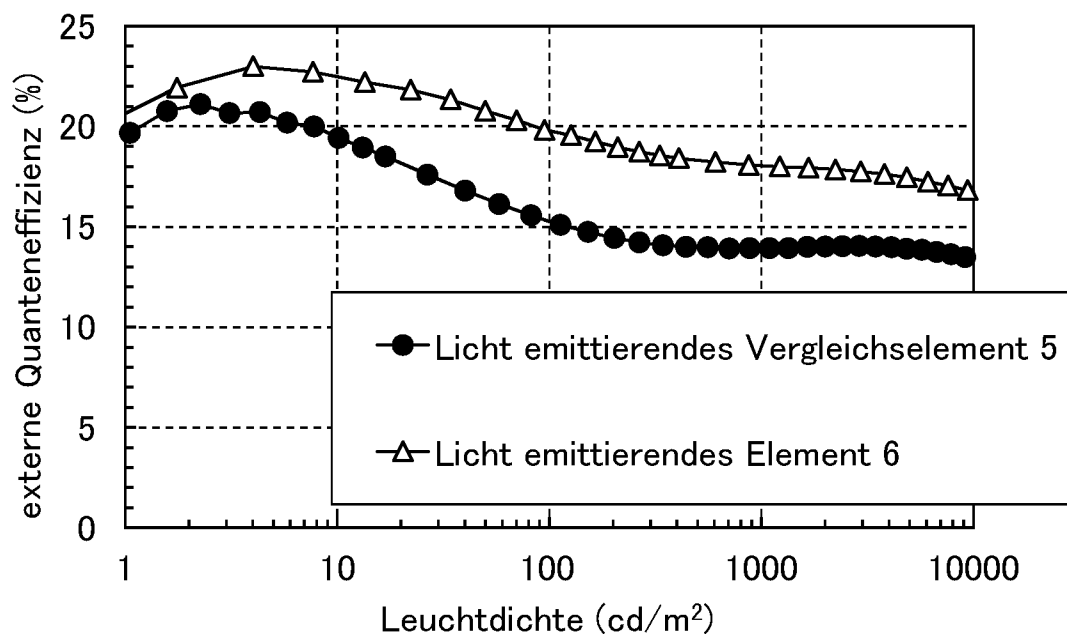


FIG. 25

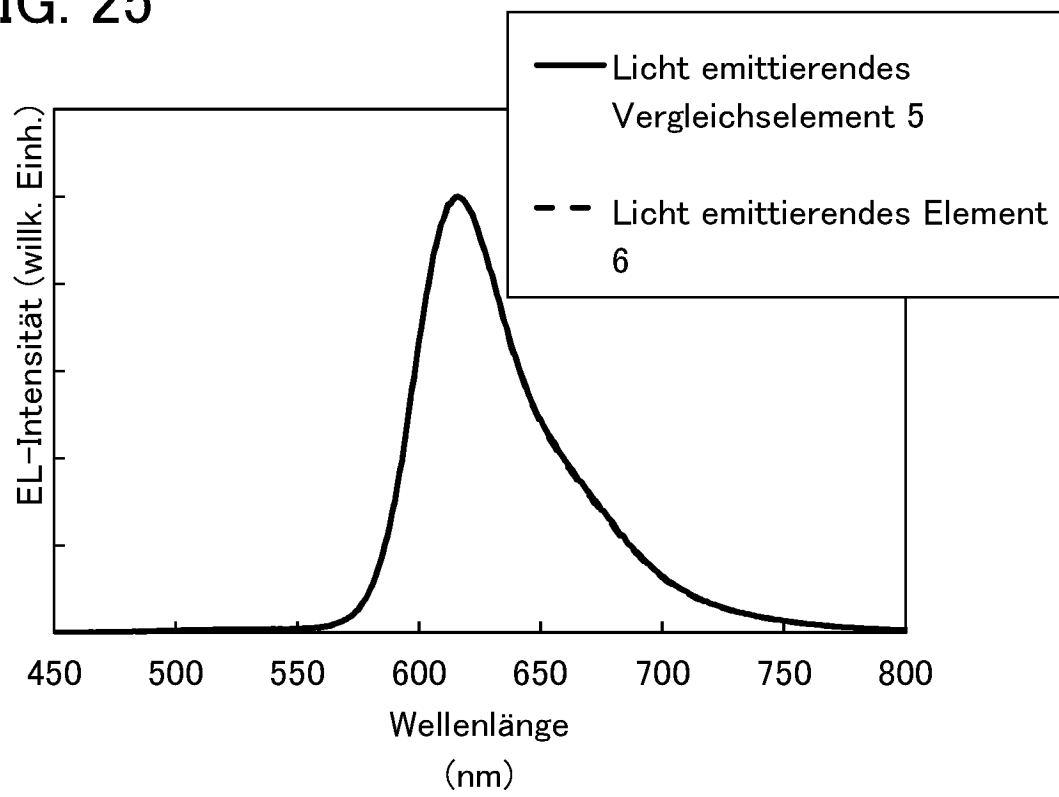


FIG. 26

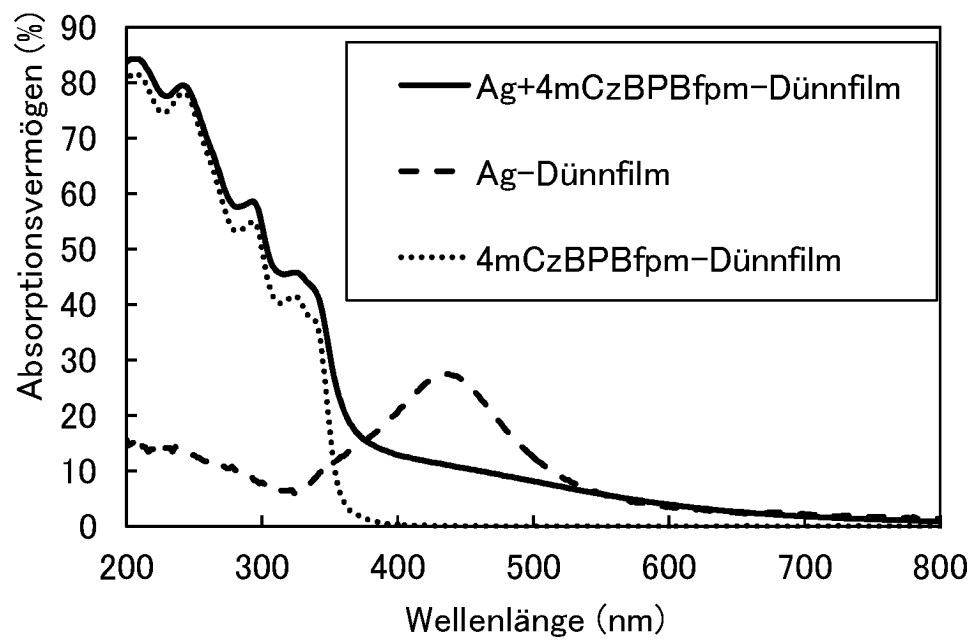


FIG. 27

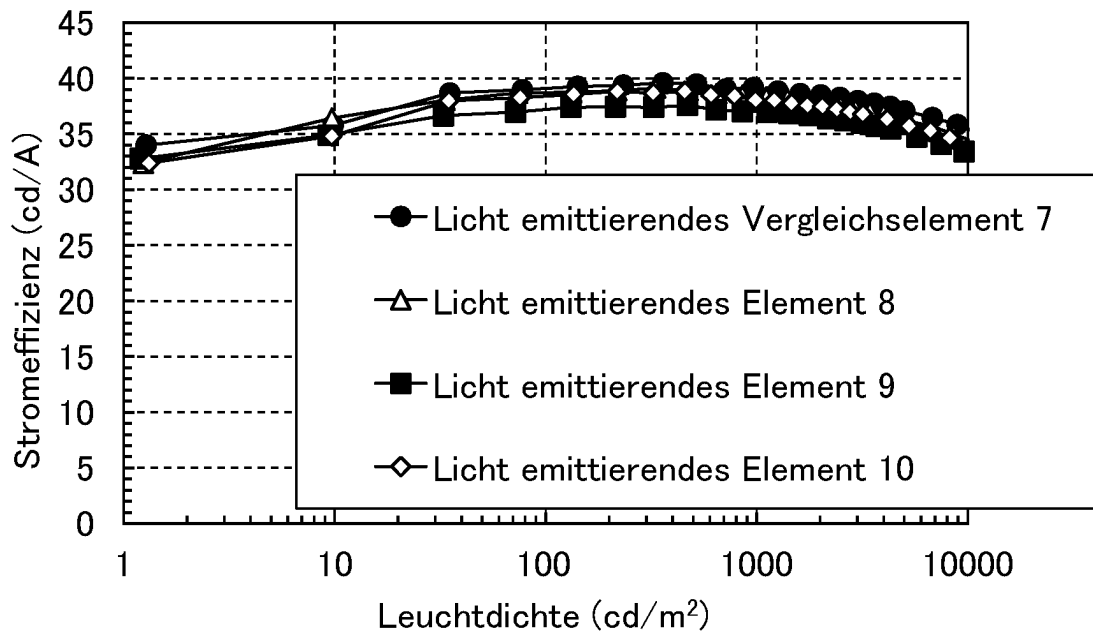


FIG. 28

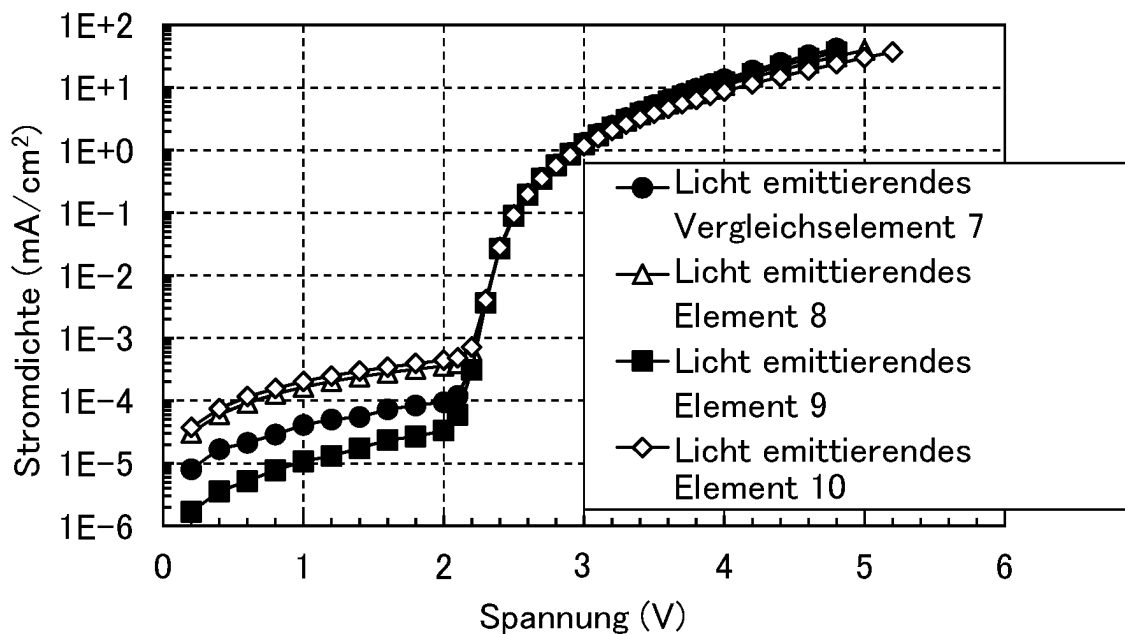


FIG. 29

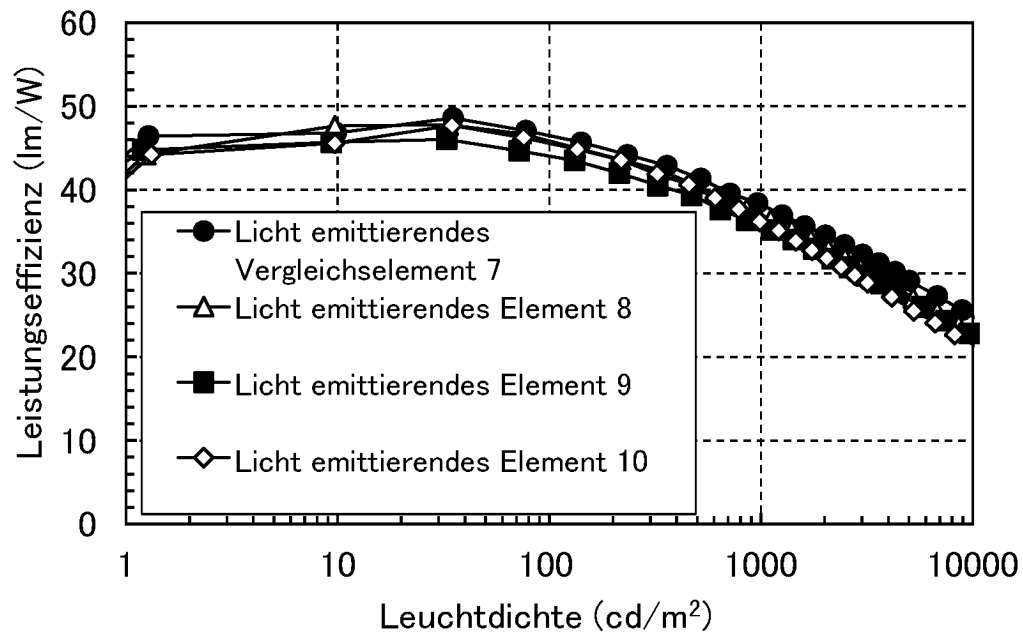


FIG. 30

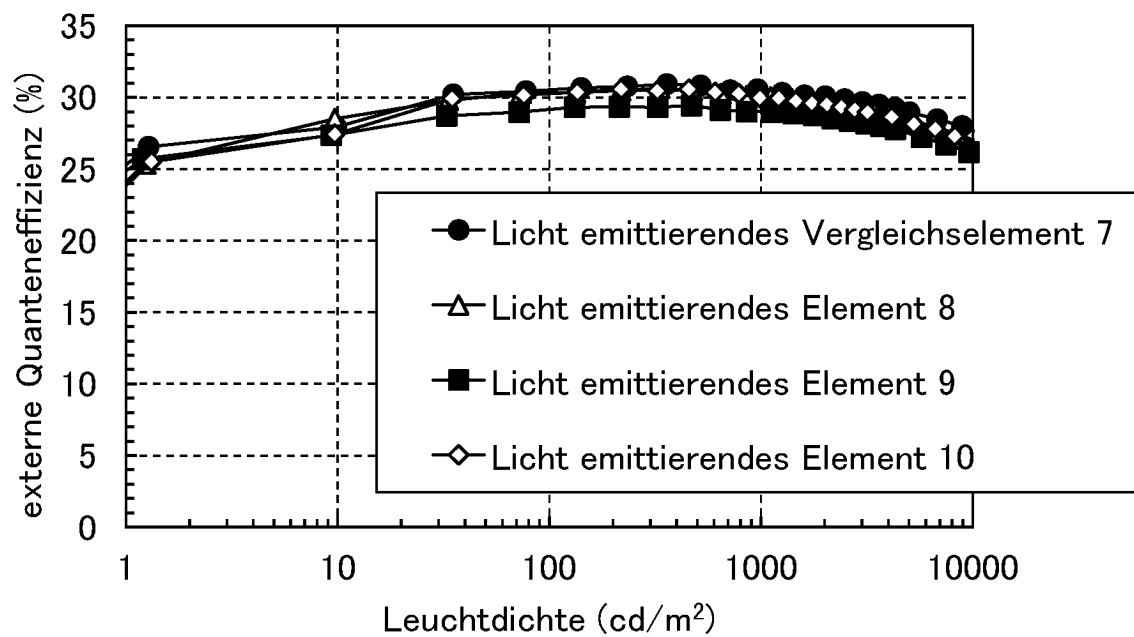


FIG. 31

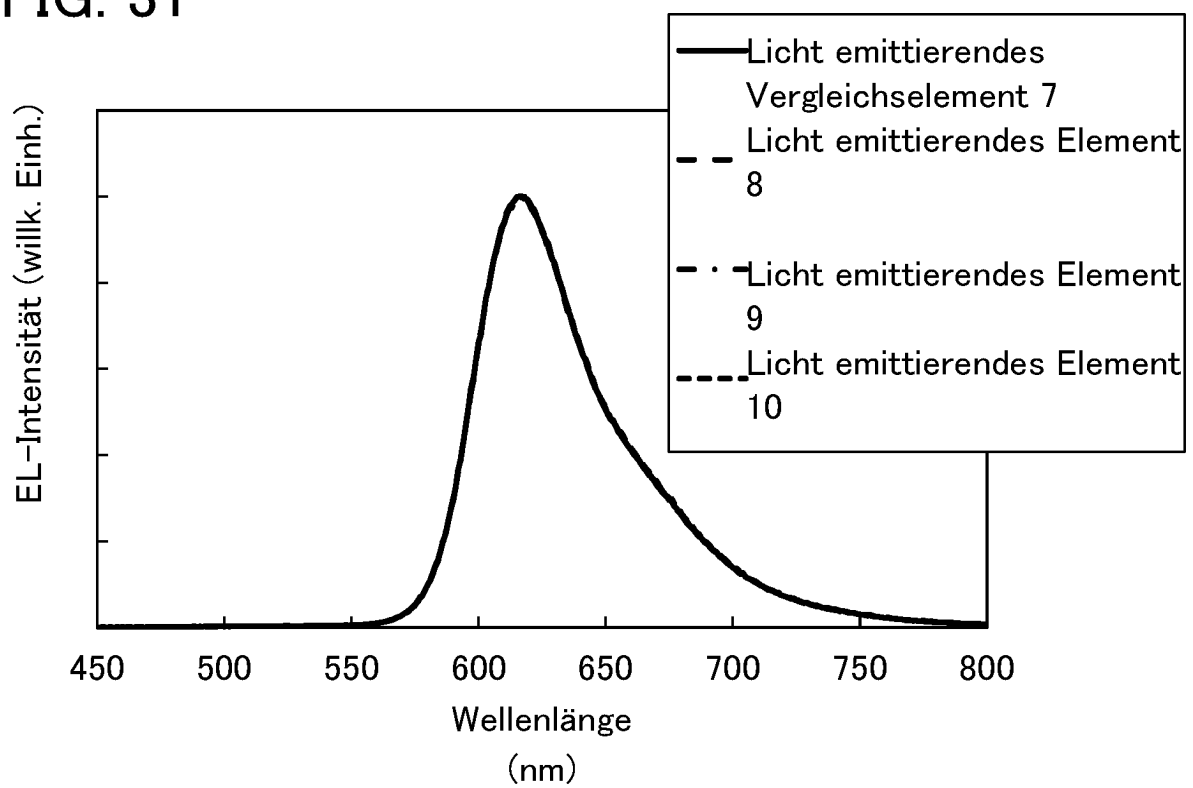


FIG. 32

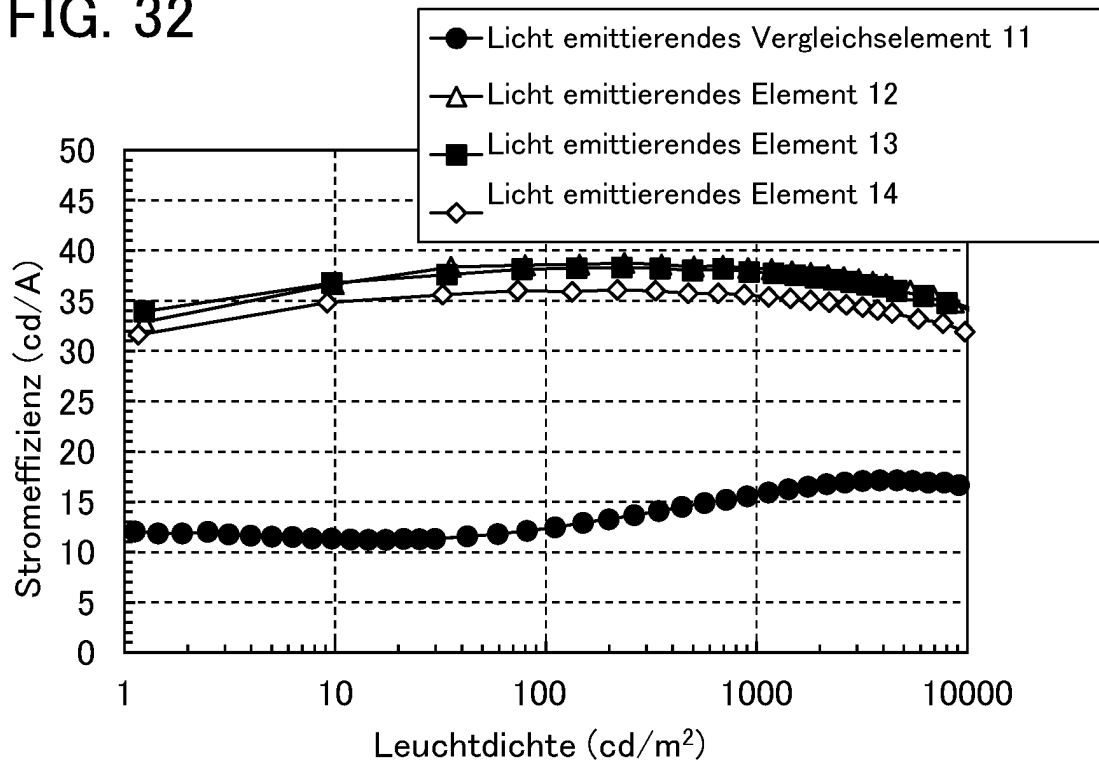


FIG. 33

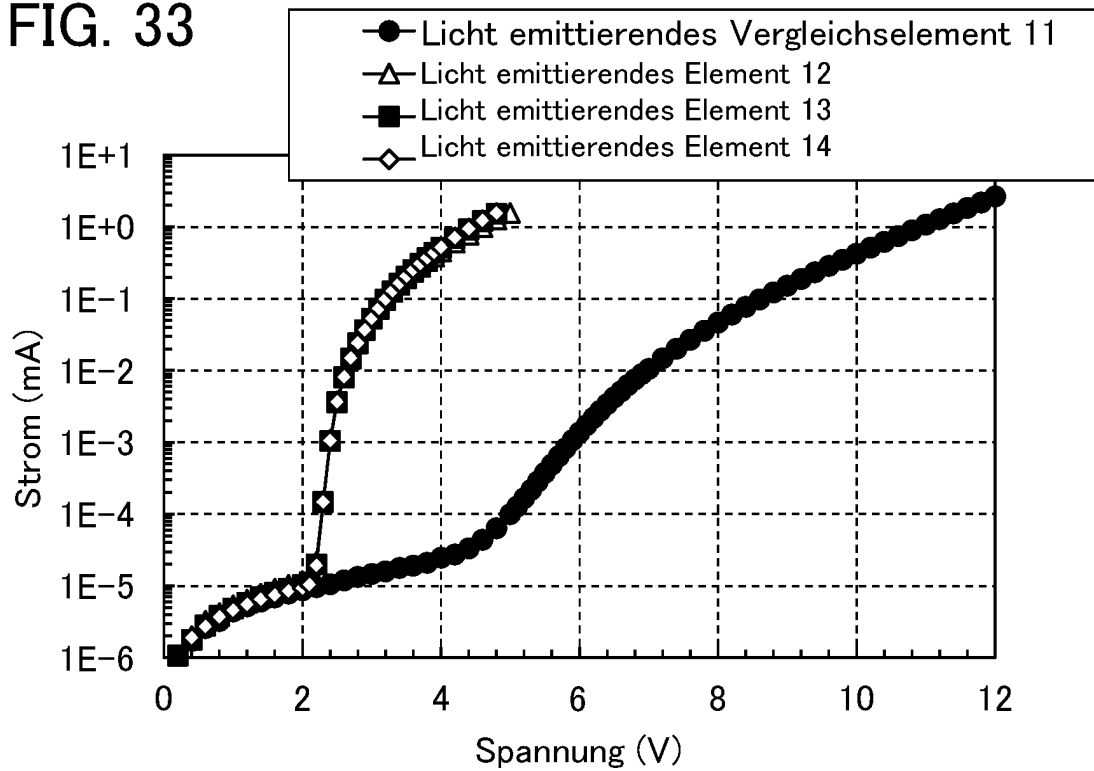


FIG. 34

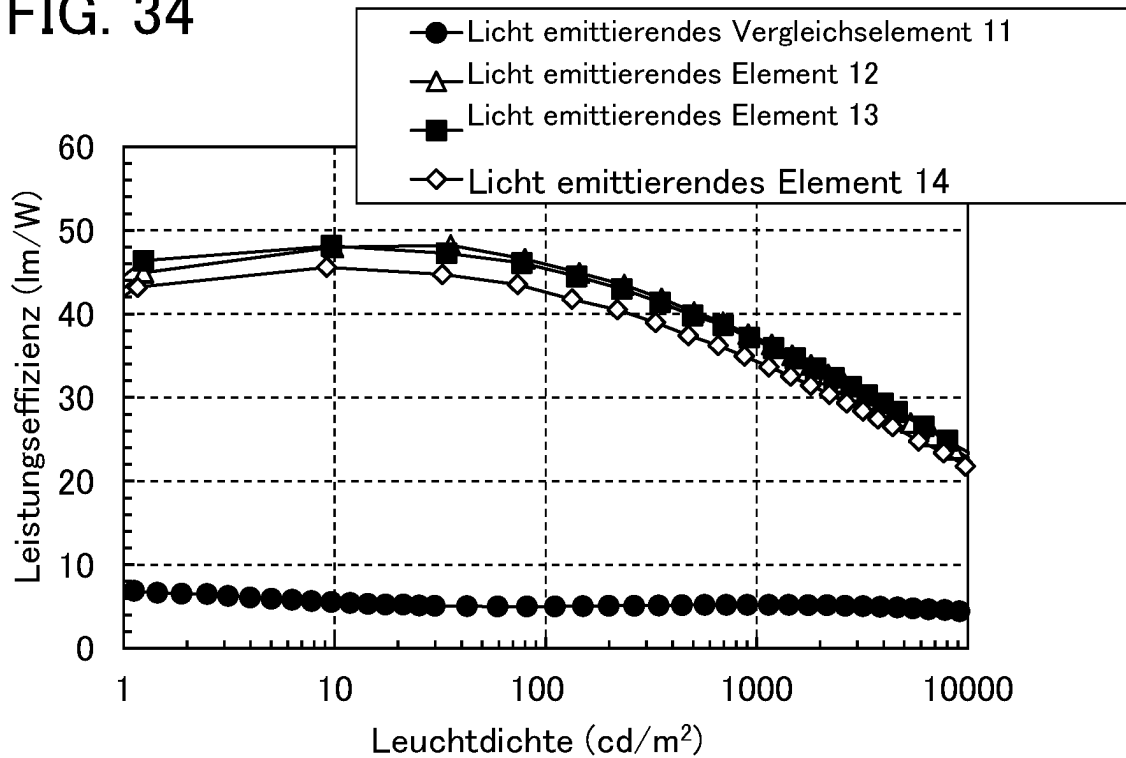


FIG. 35

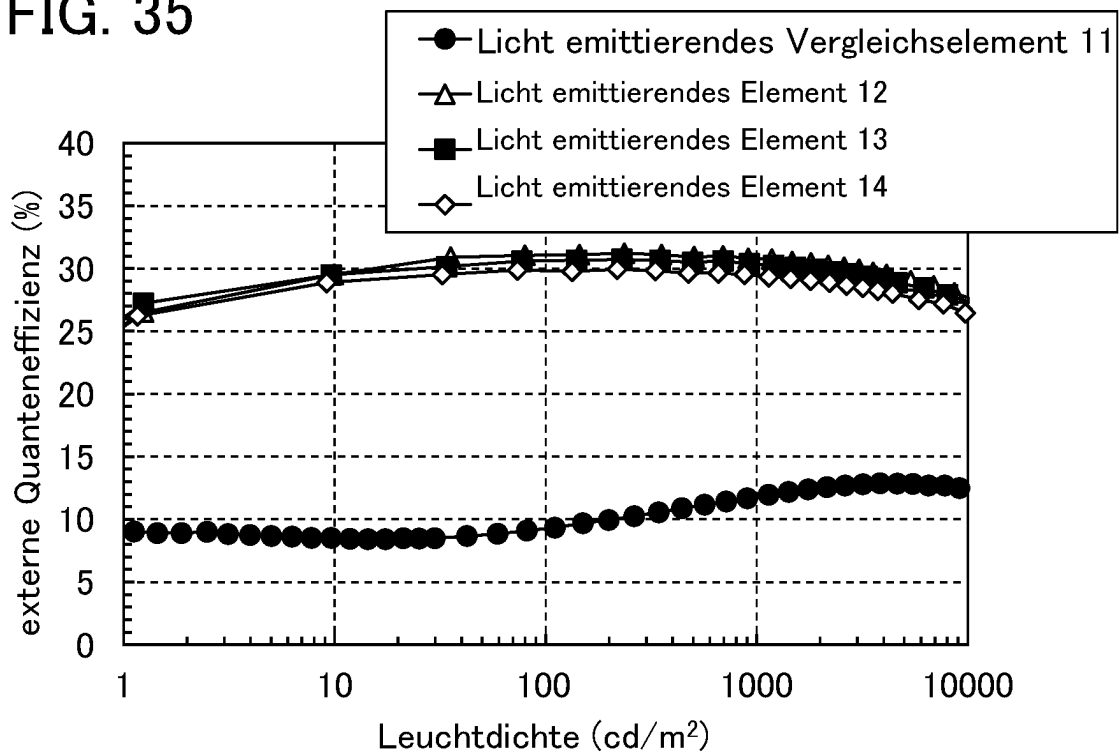


FIG. 36

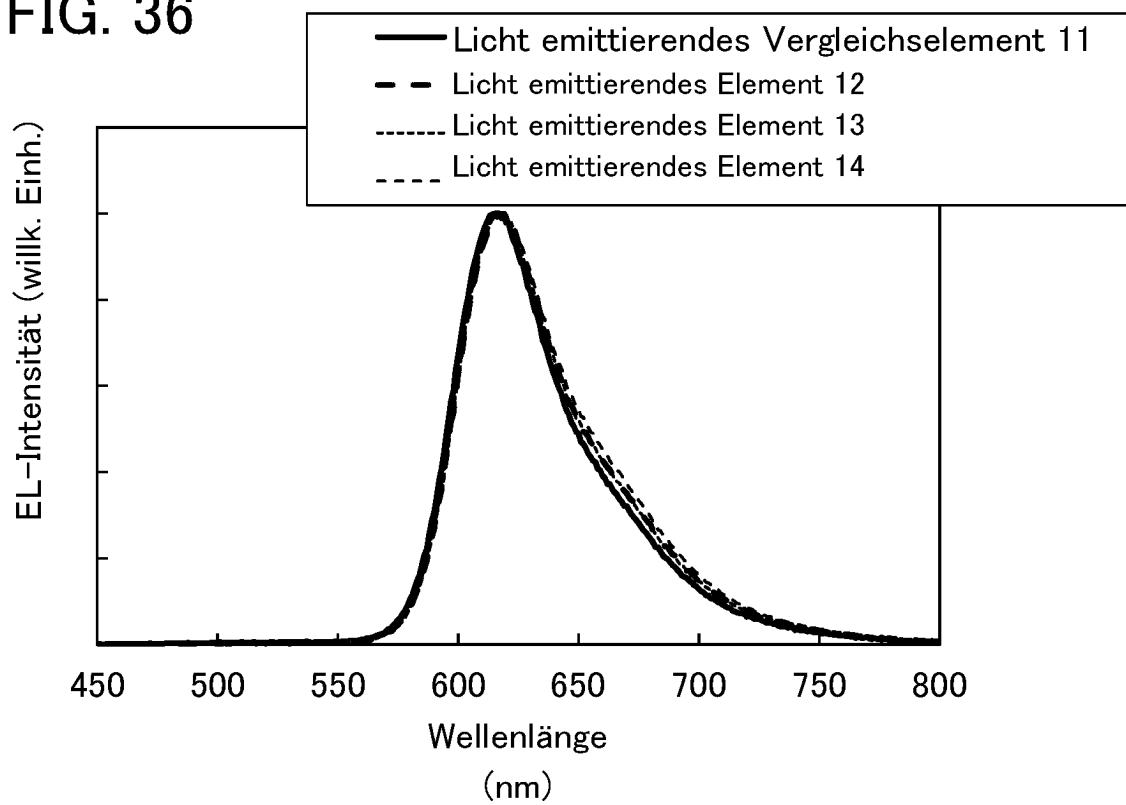


FIG. 37

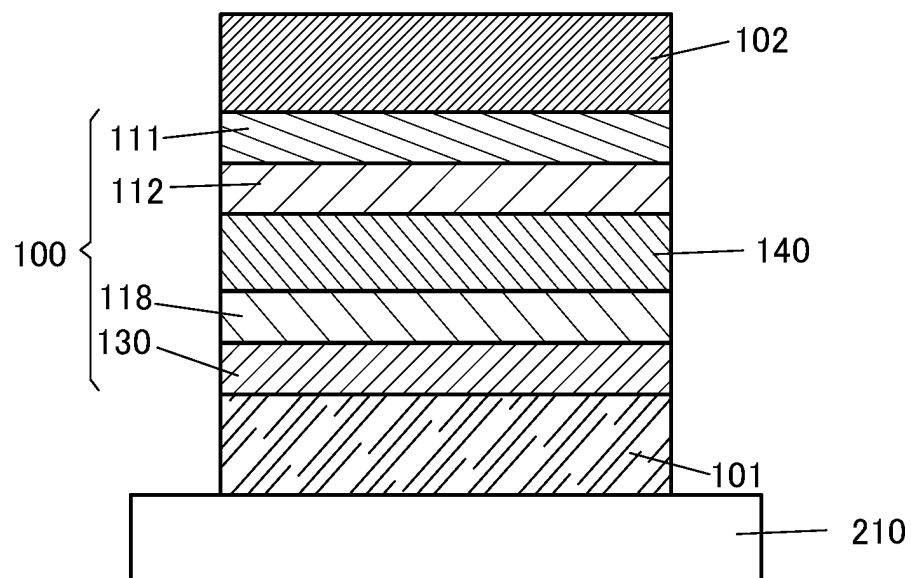


FIG. 38

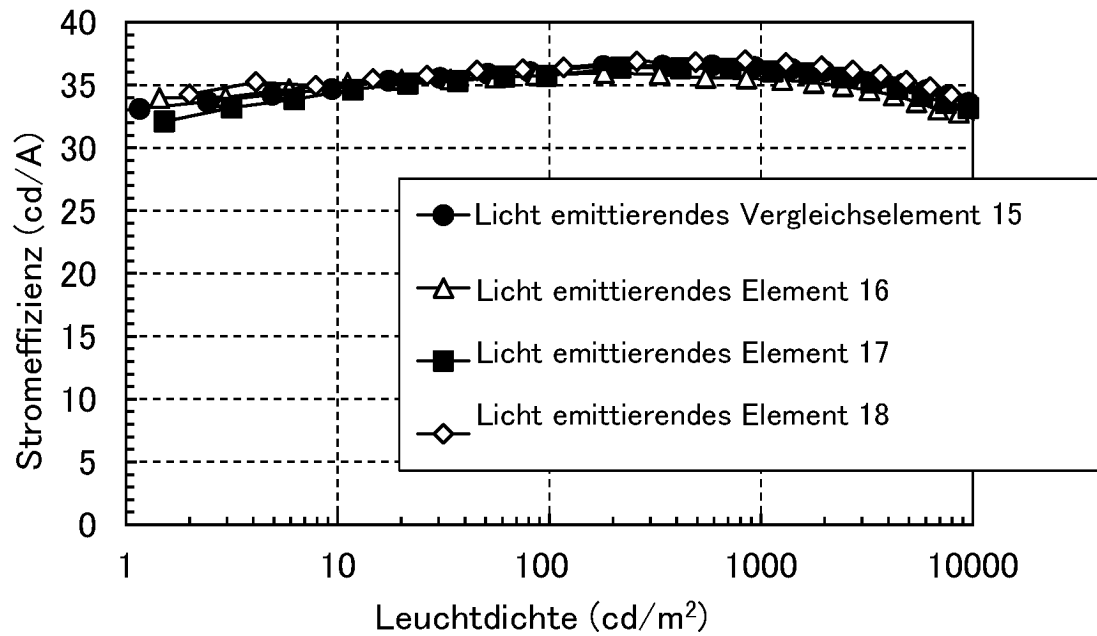


FIG. 39

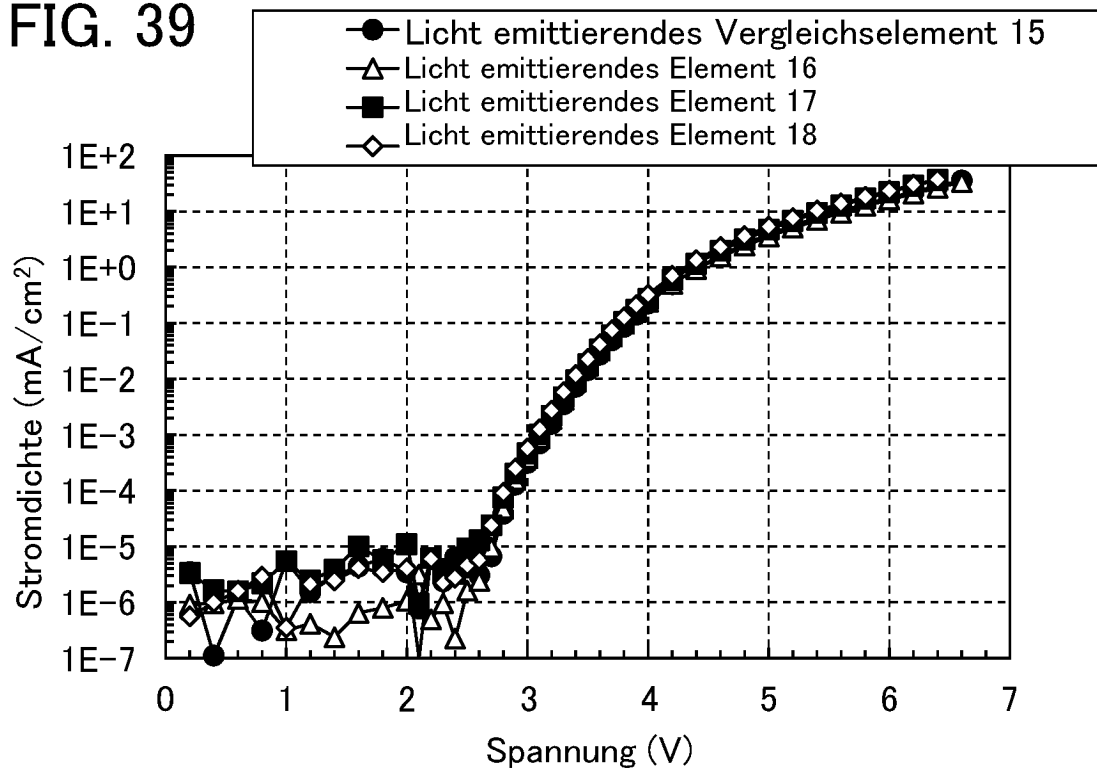


FIG. 40

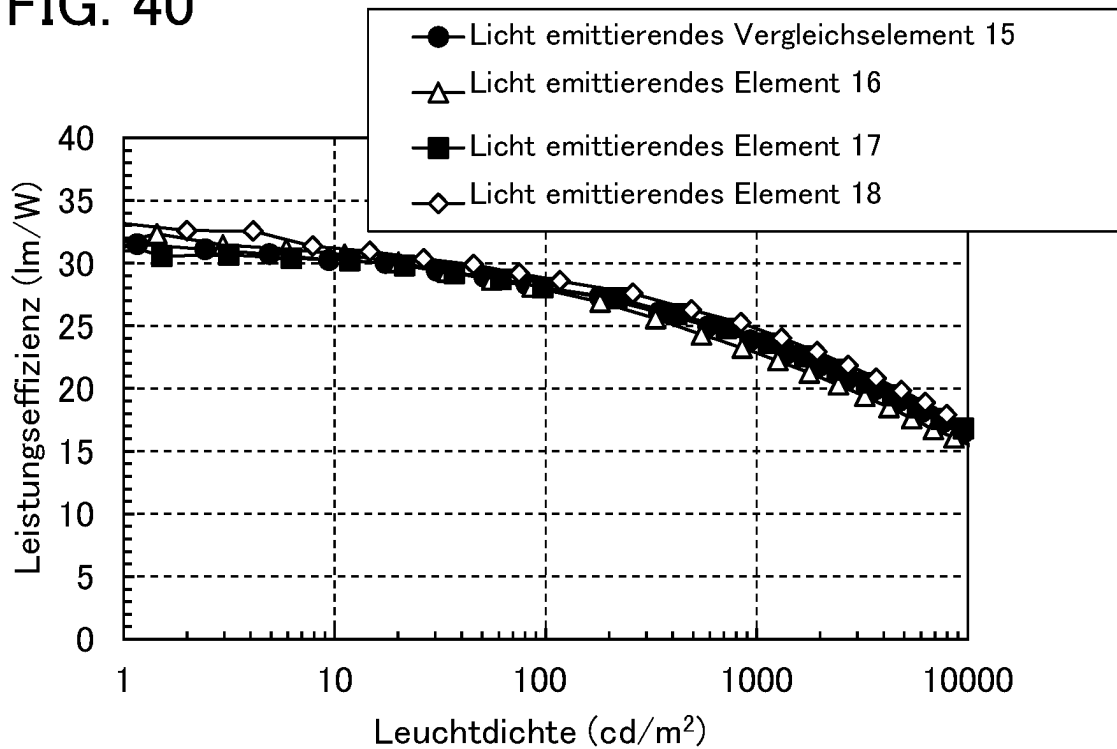


FIG. 41

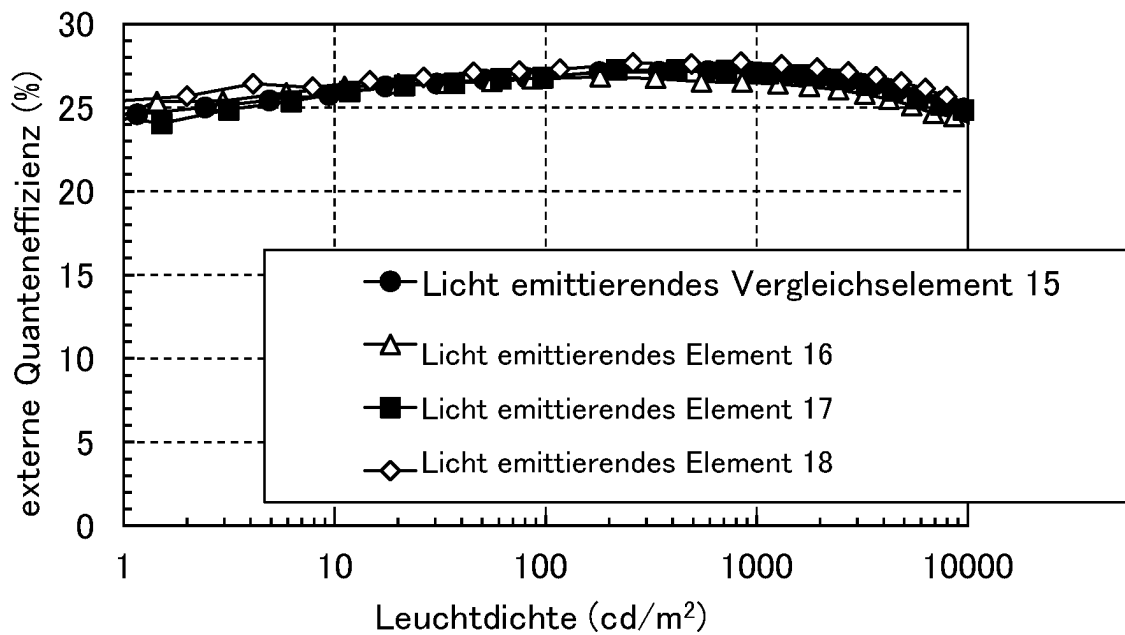


FIG. 42

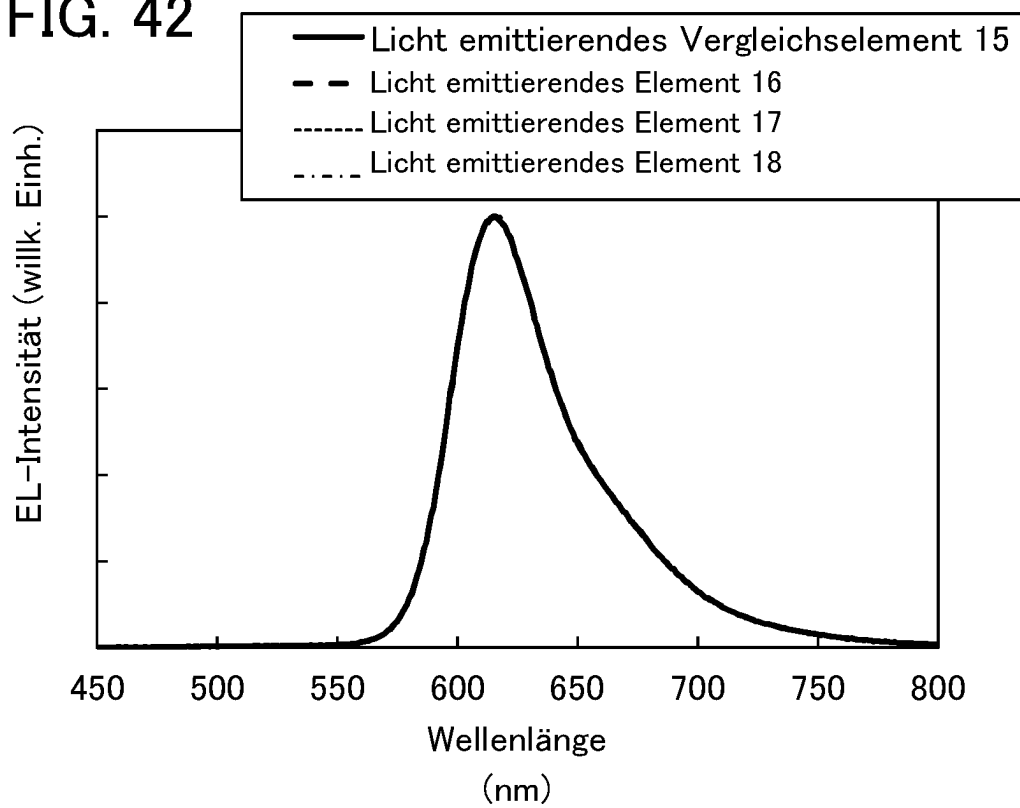


FIG. 43

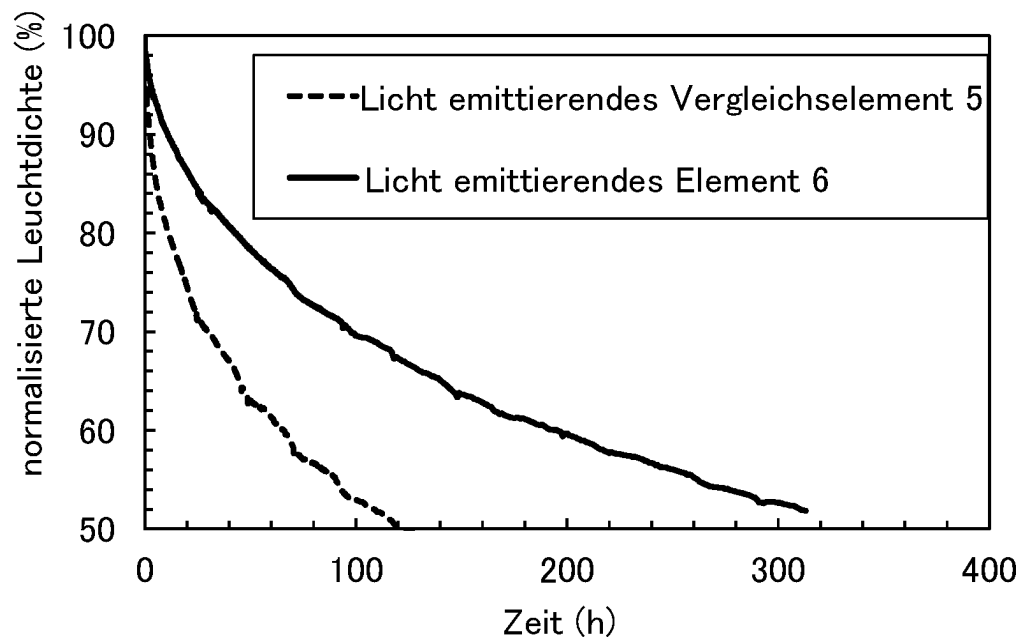


FIG. 44

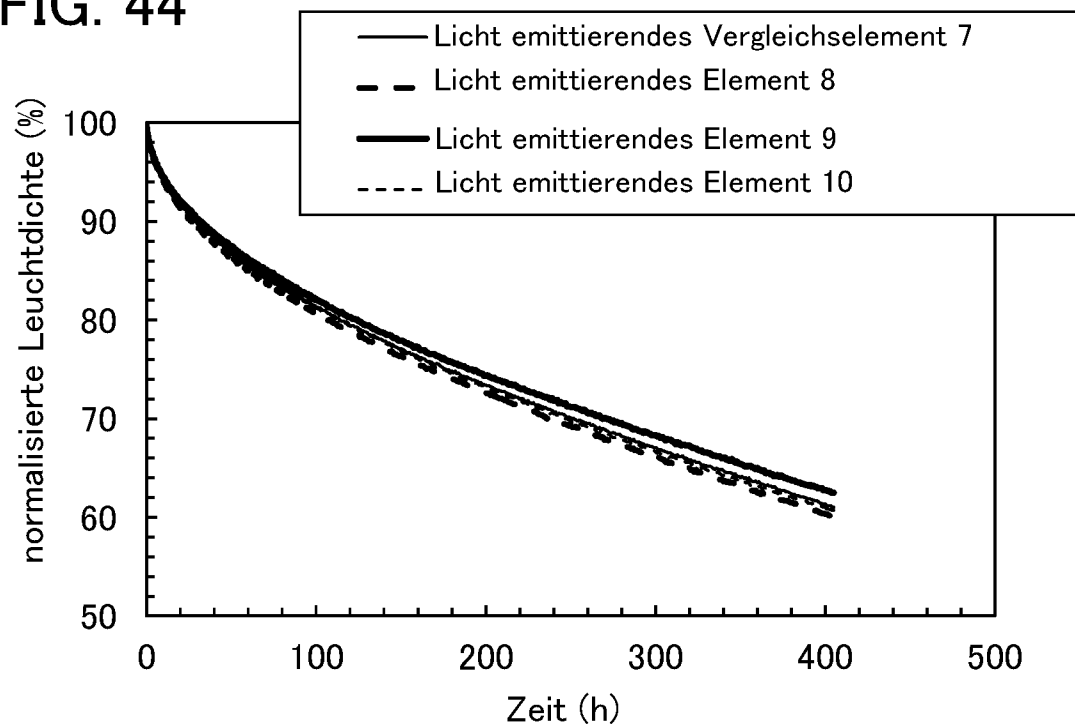


FIG. 45

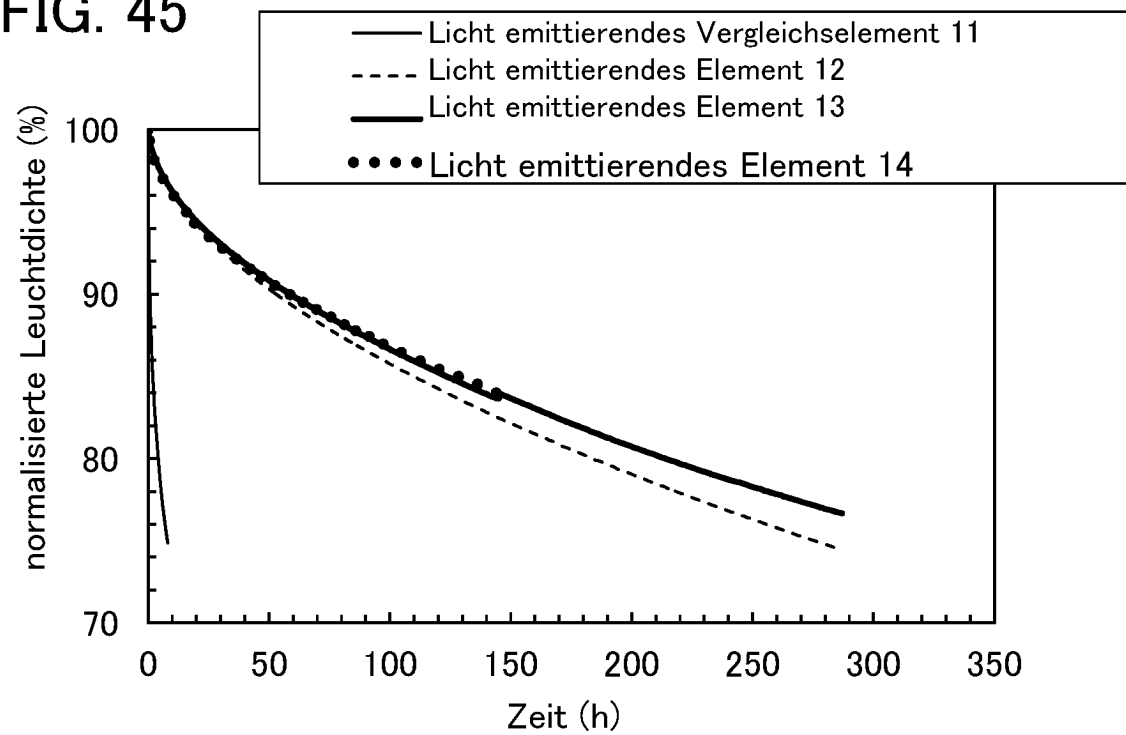


FIG. 46

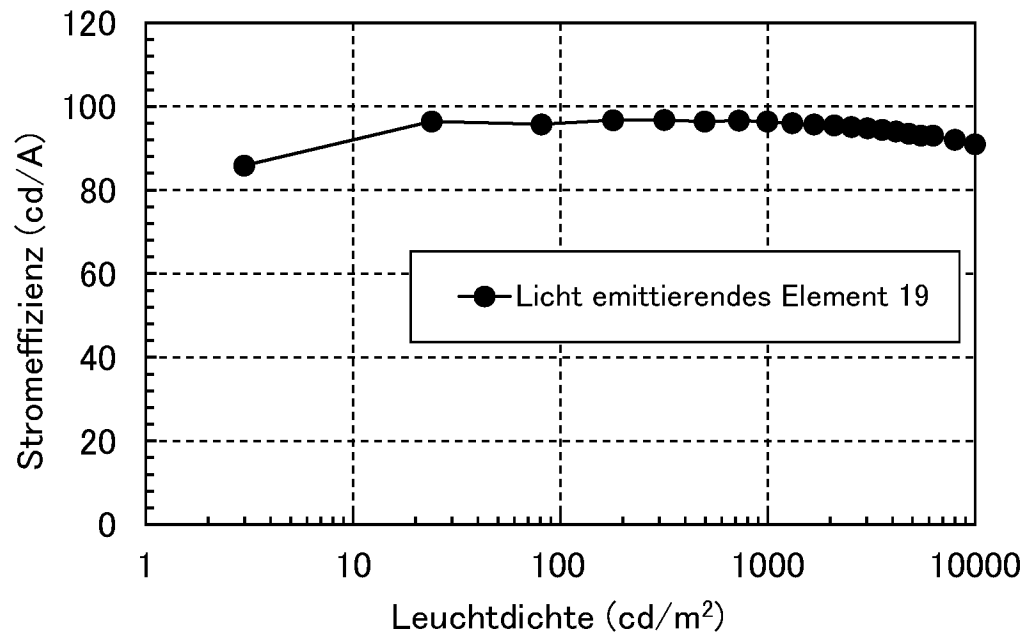


FIG. 47

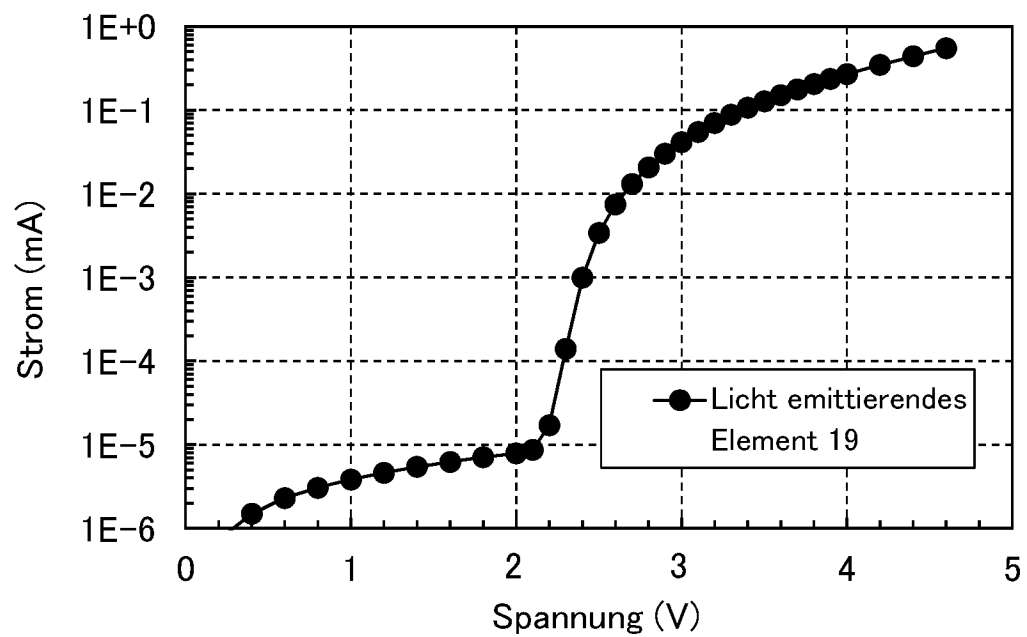


FIG. 48

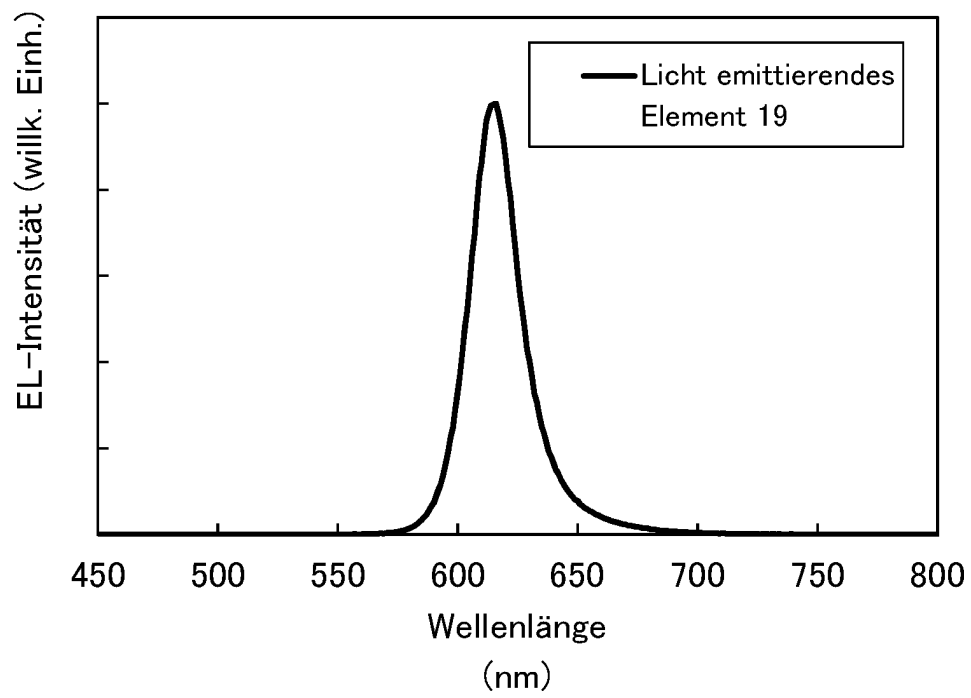


FIG. 49A

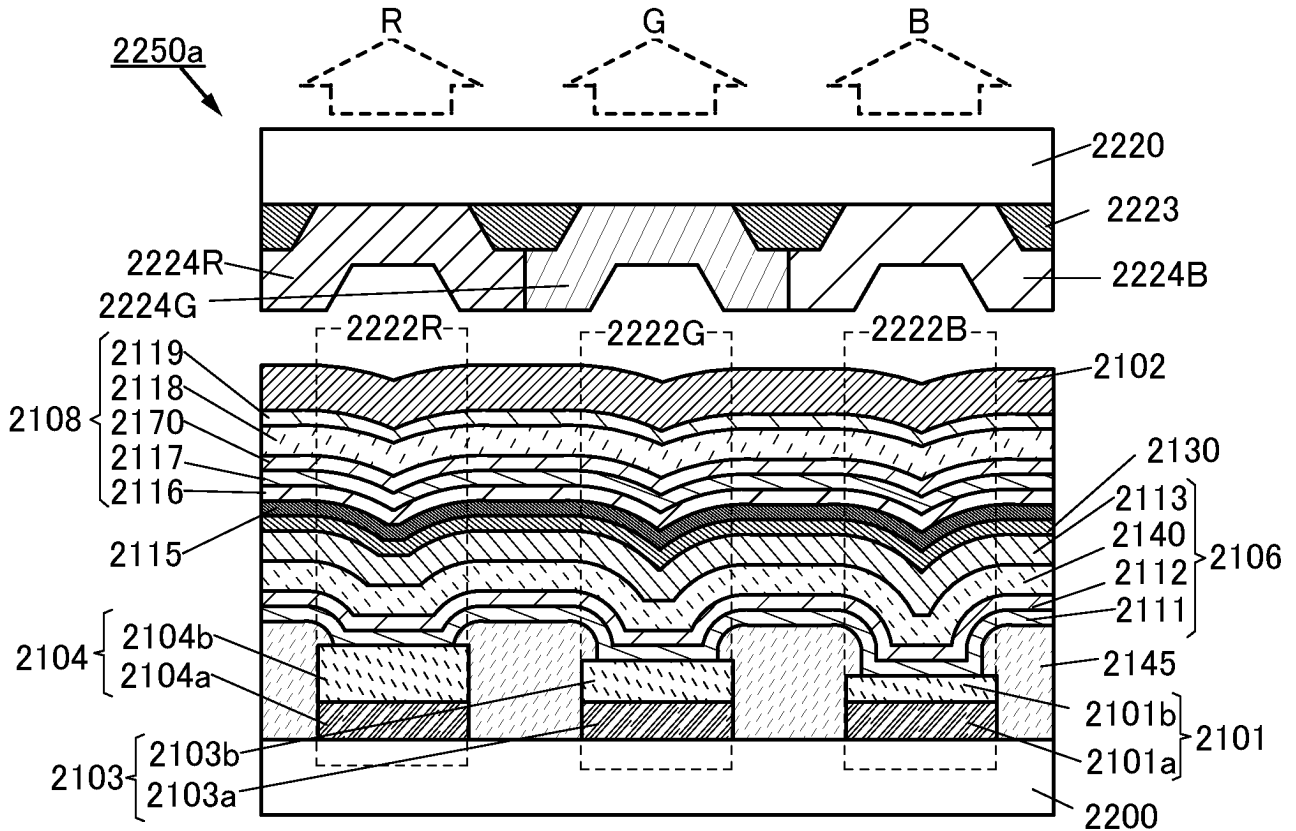


FIG. 49B

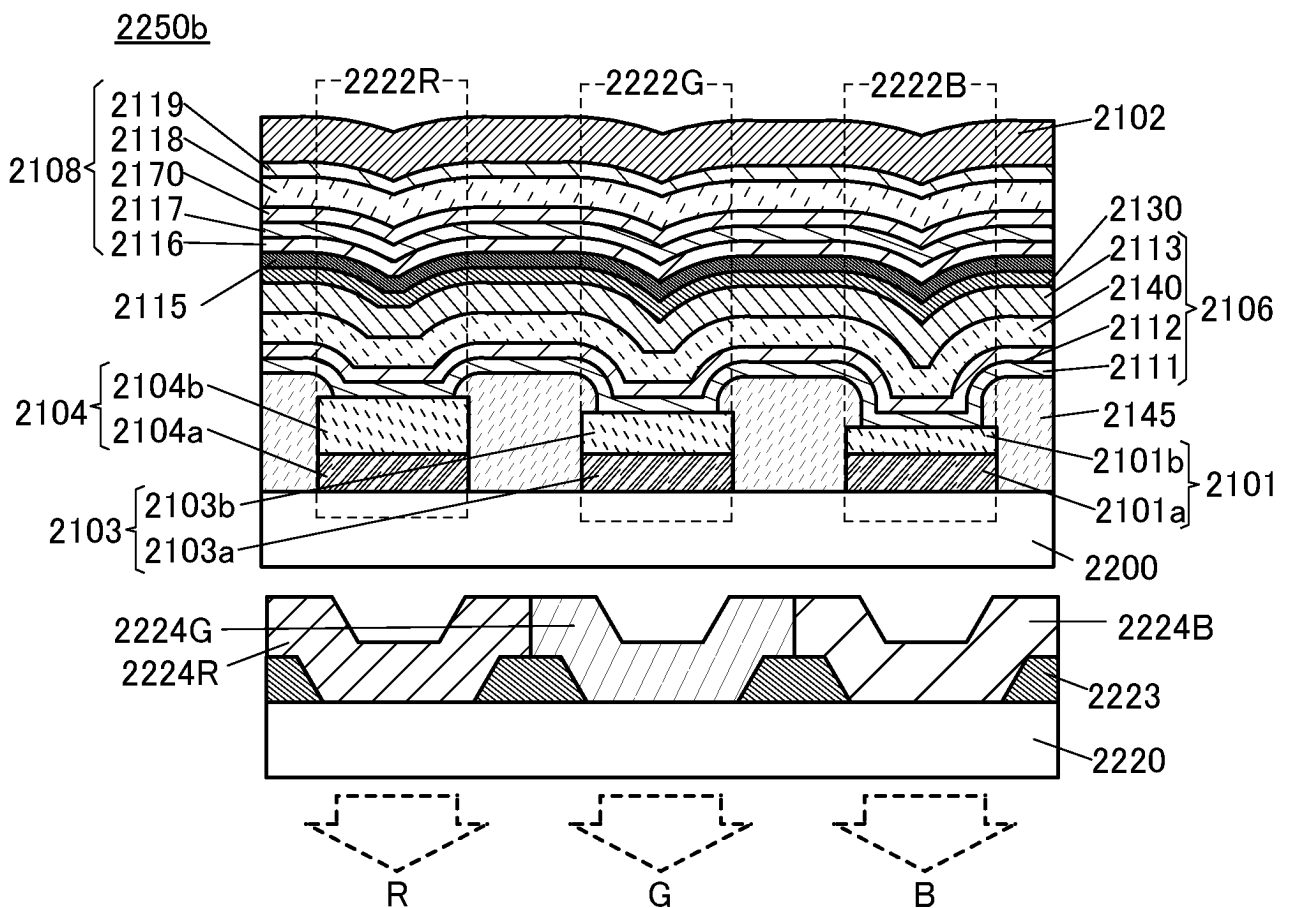


FIG. 50A

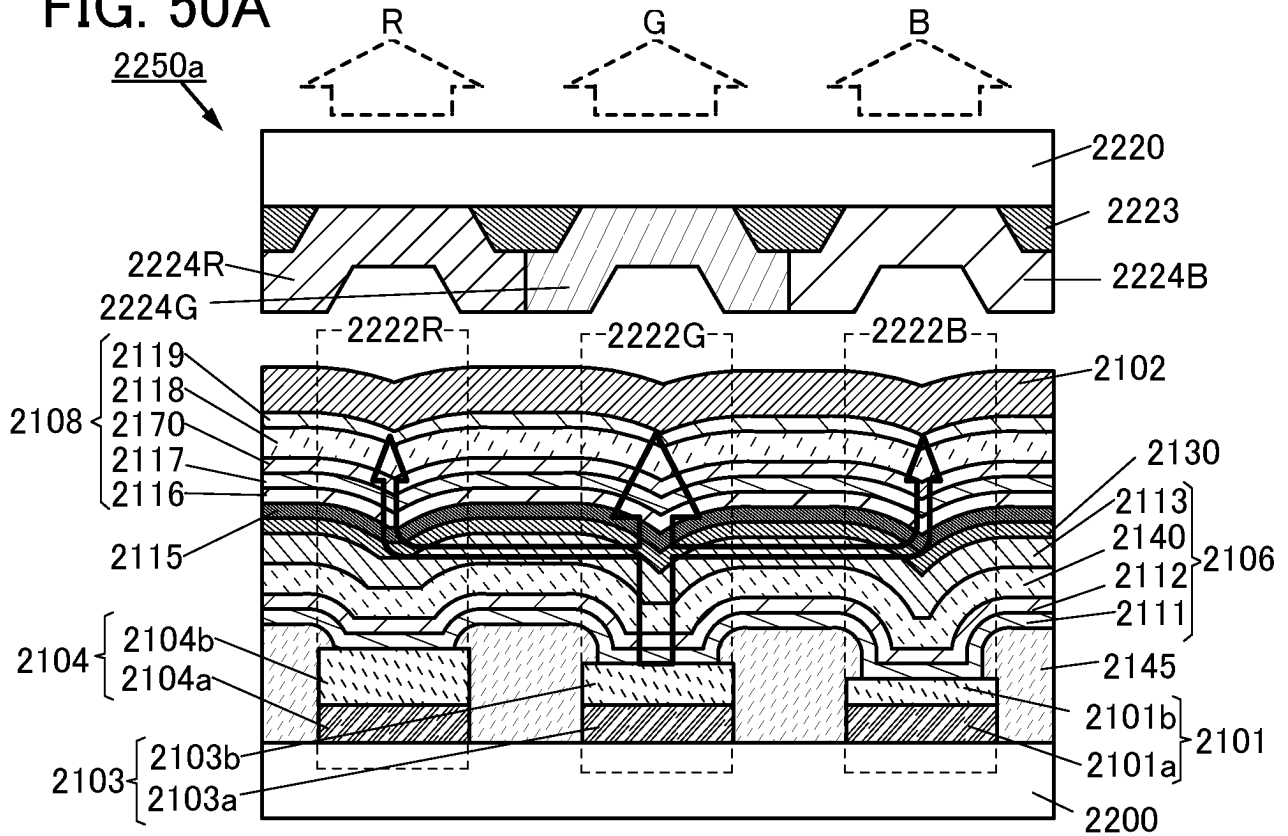


FIG. 50B

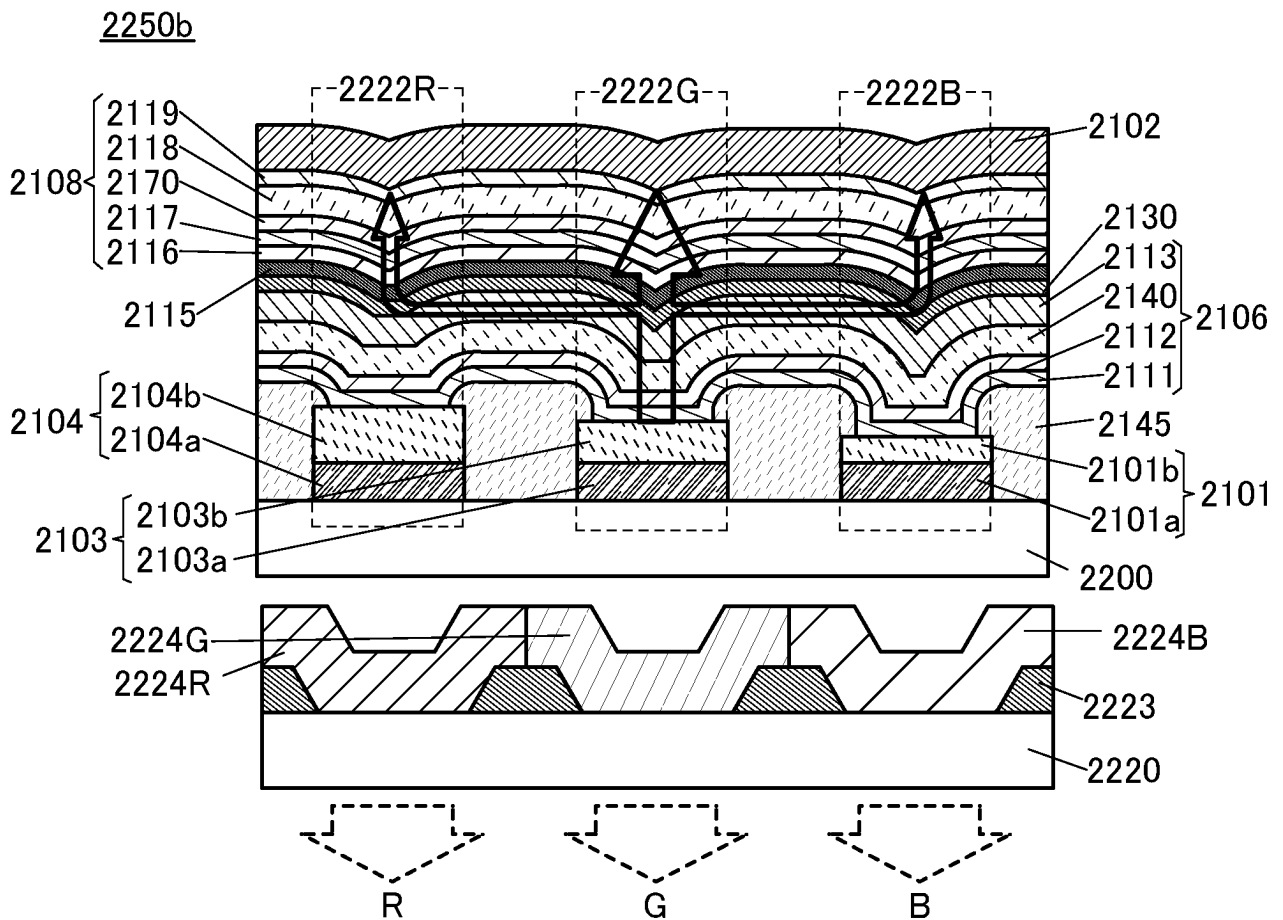


FIG. 51

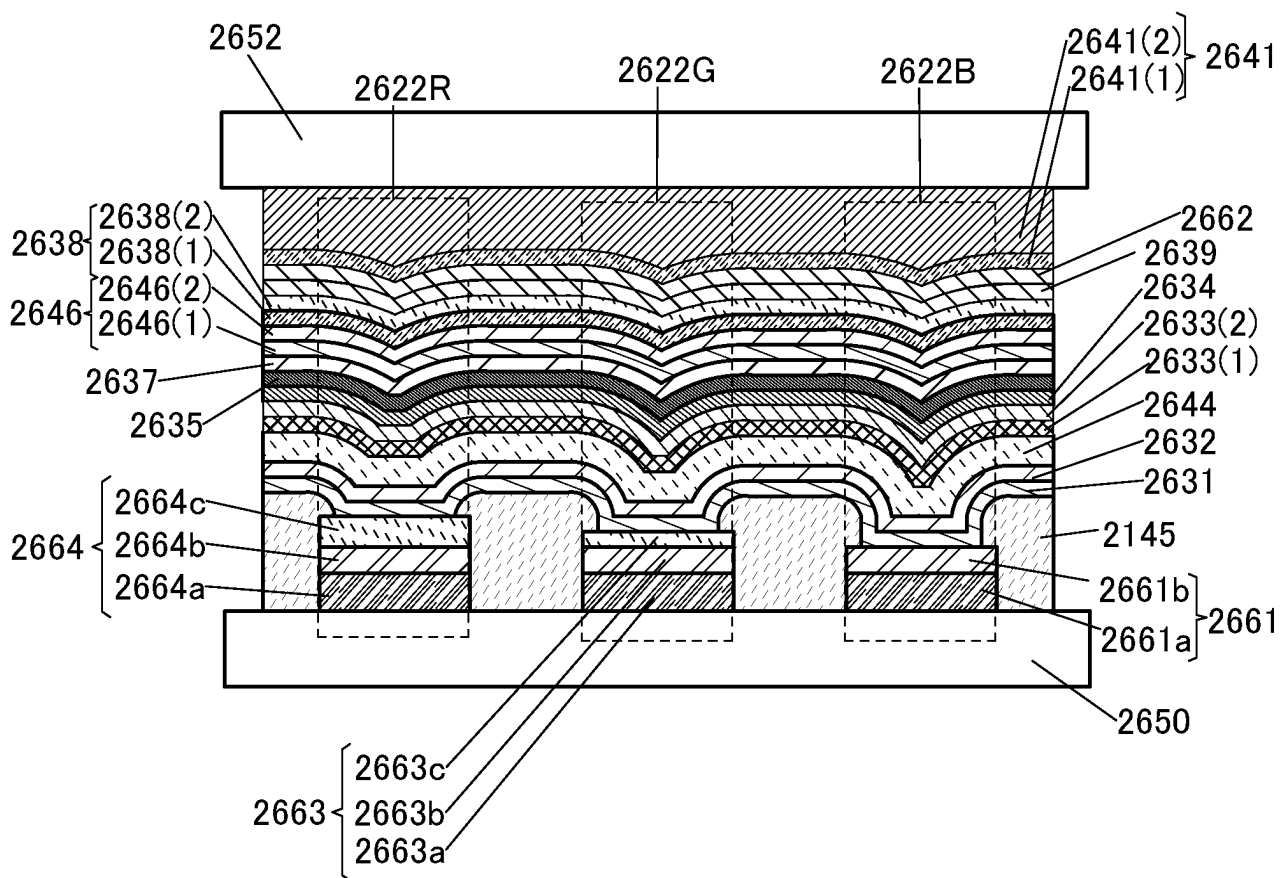


FIG. 52A

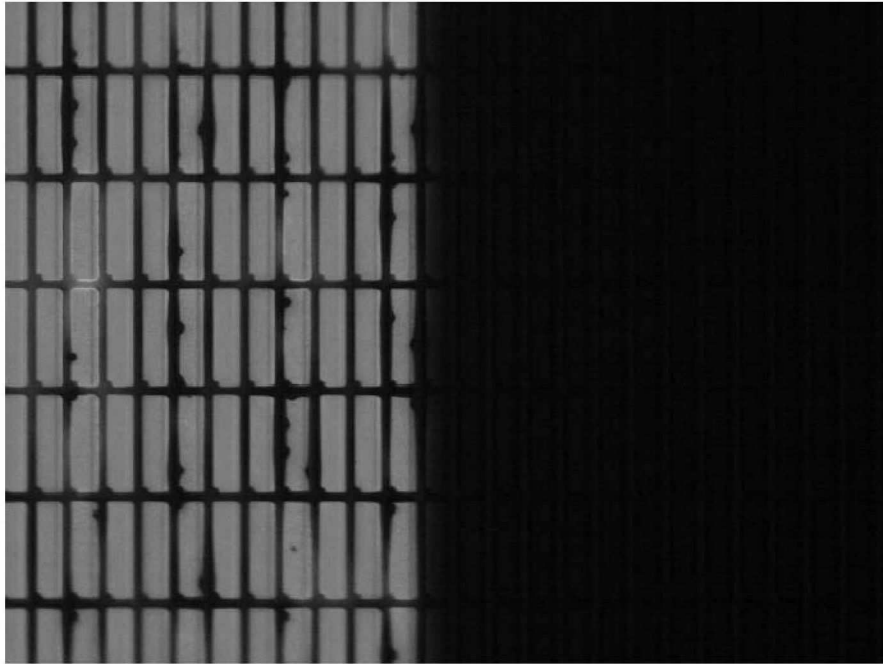


FIG. 52B

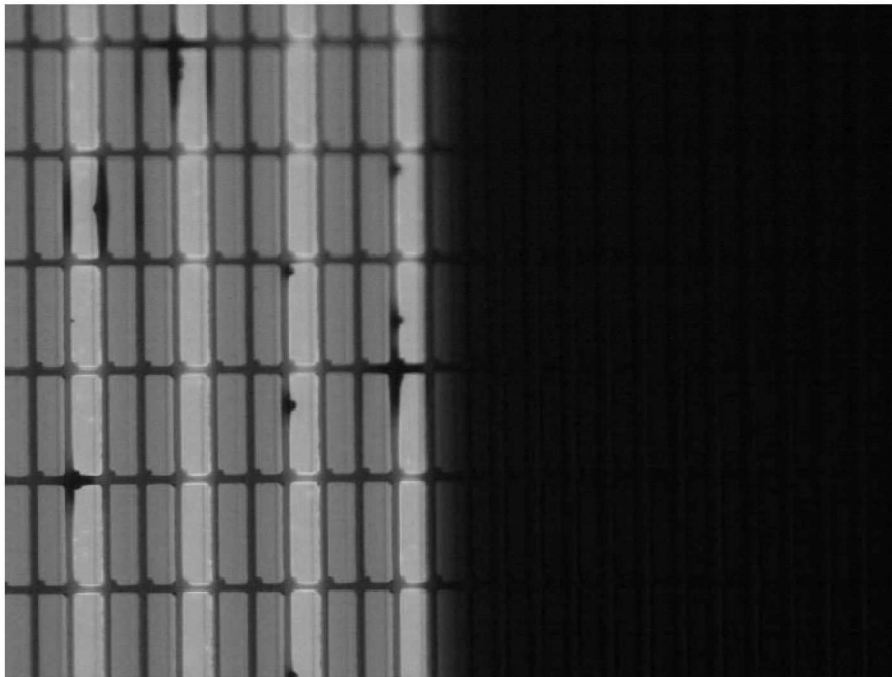


FIG. 53

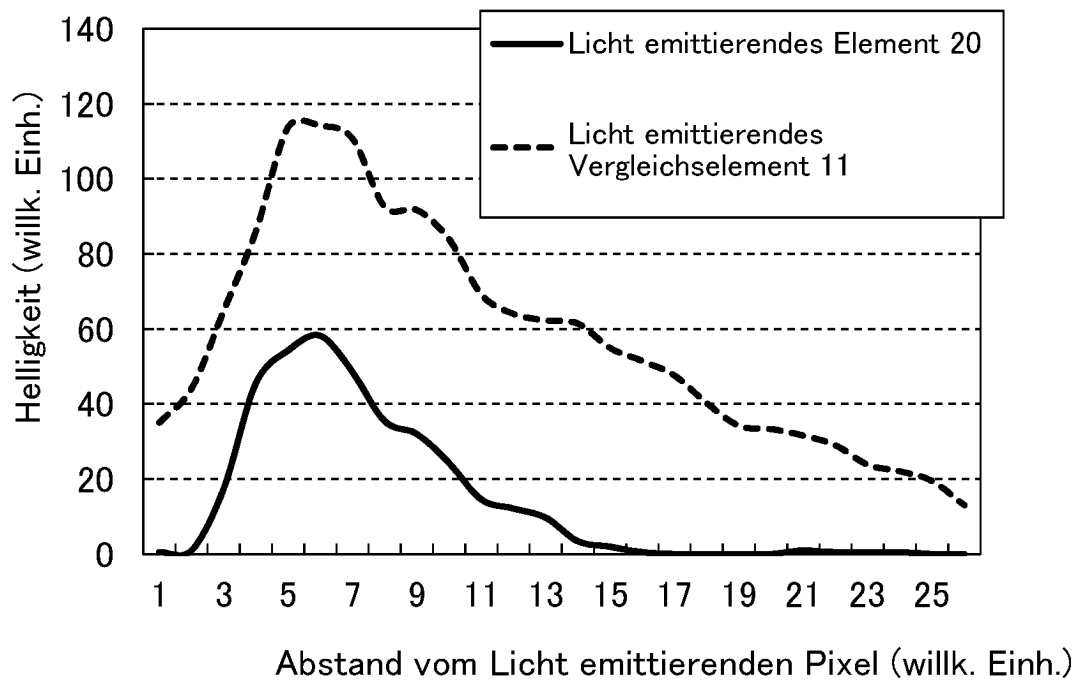


FIG. 54

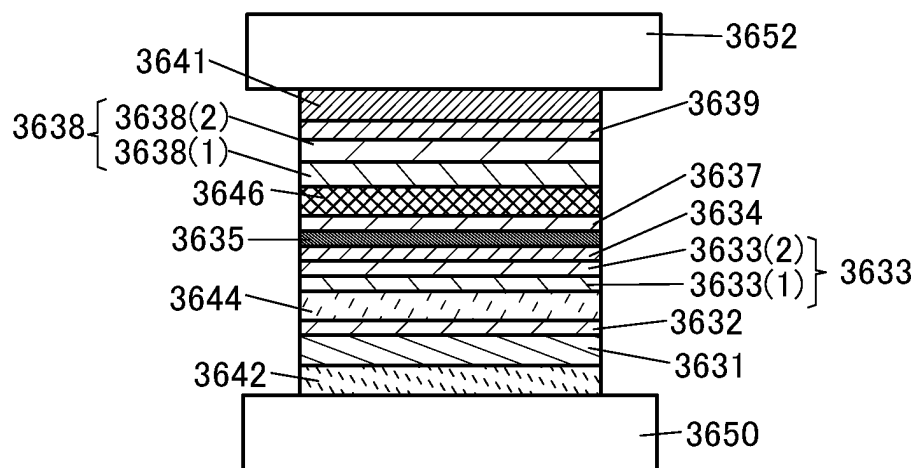


FIG. 55

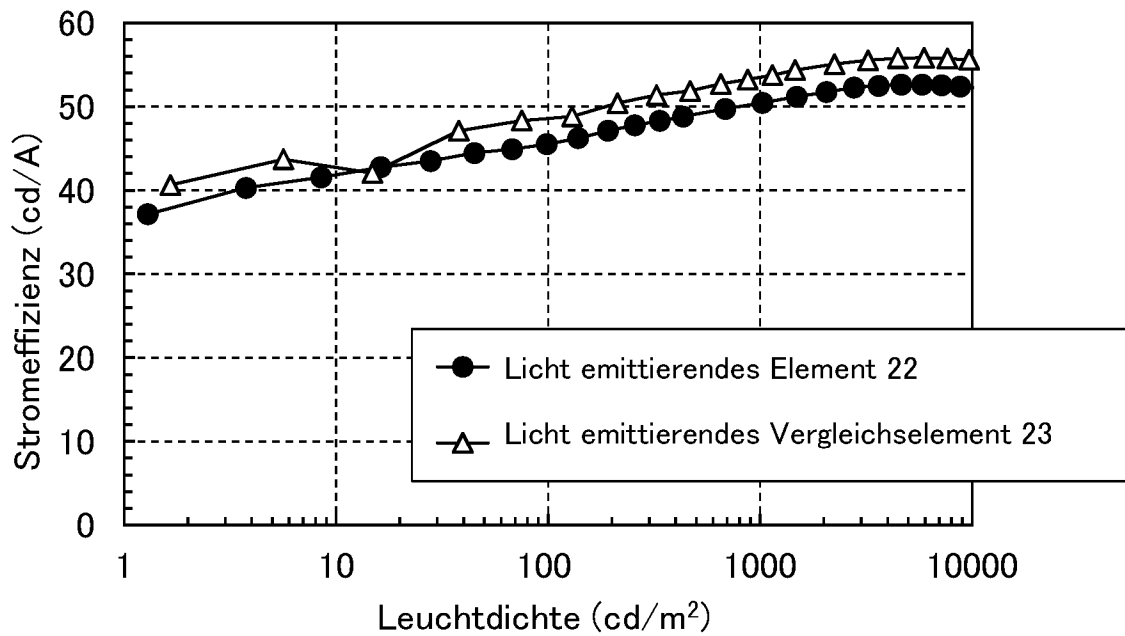


FIG. 56

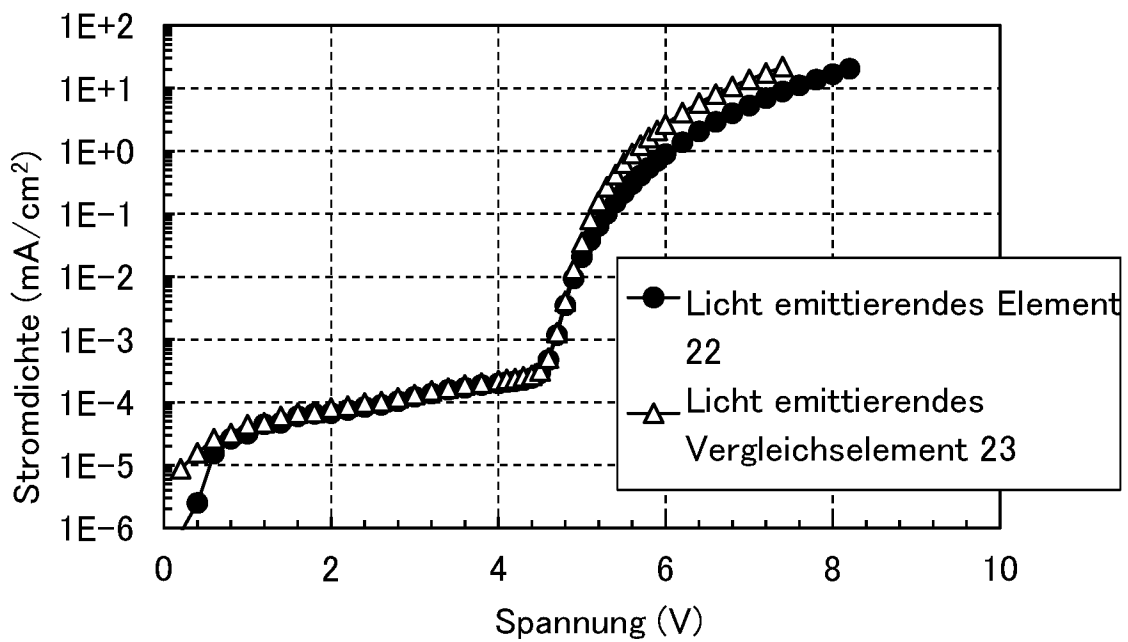


FIG. 57

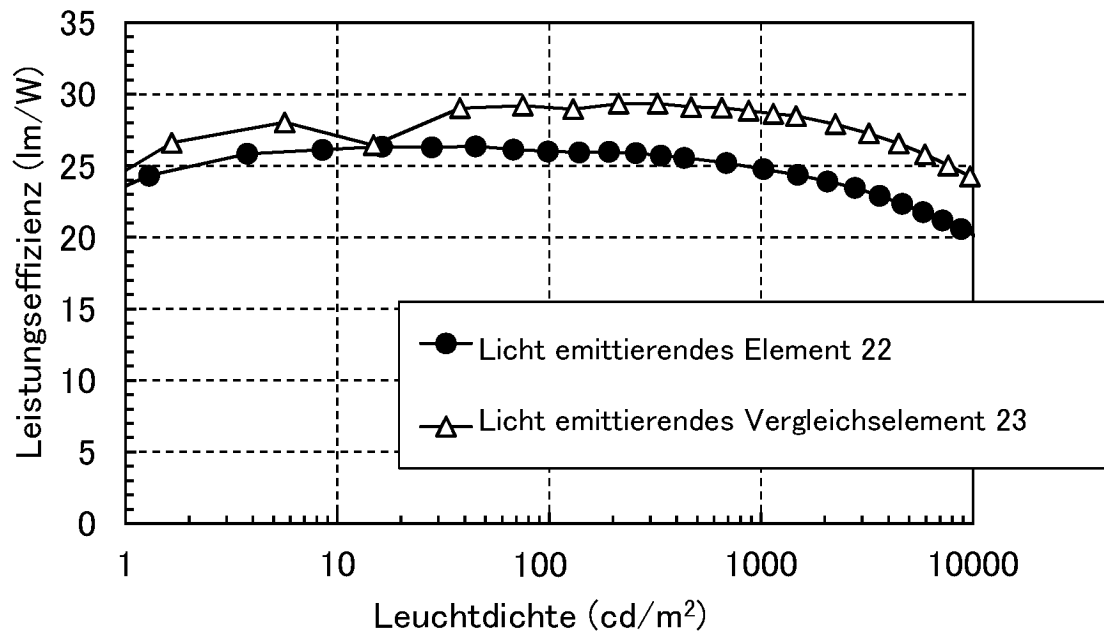


FIG. 58

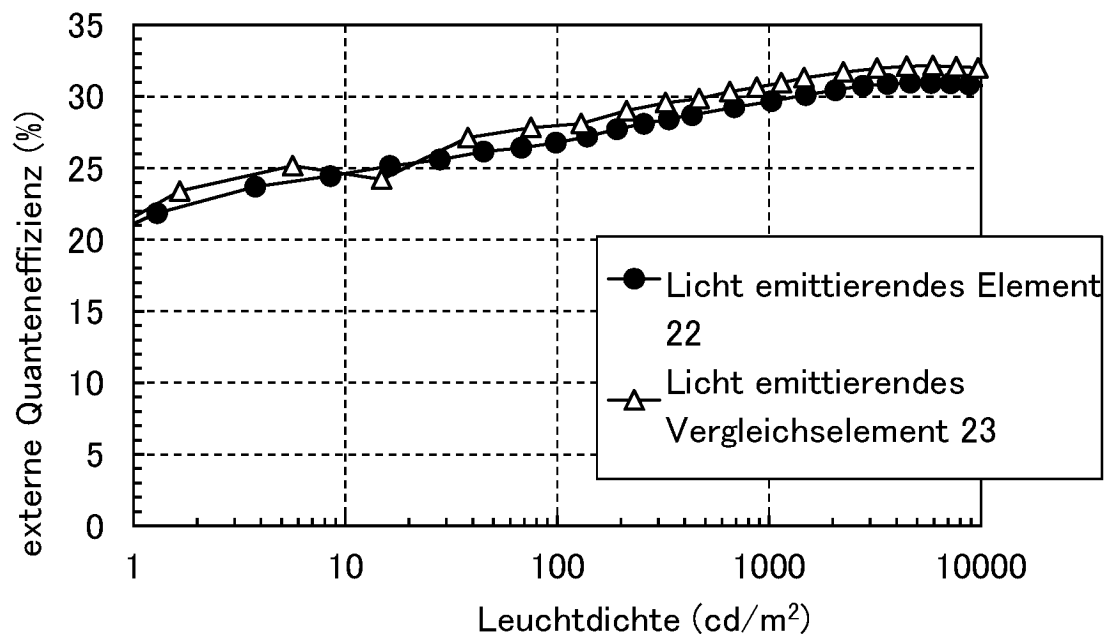


FIG. 59

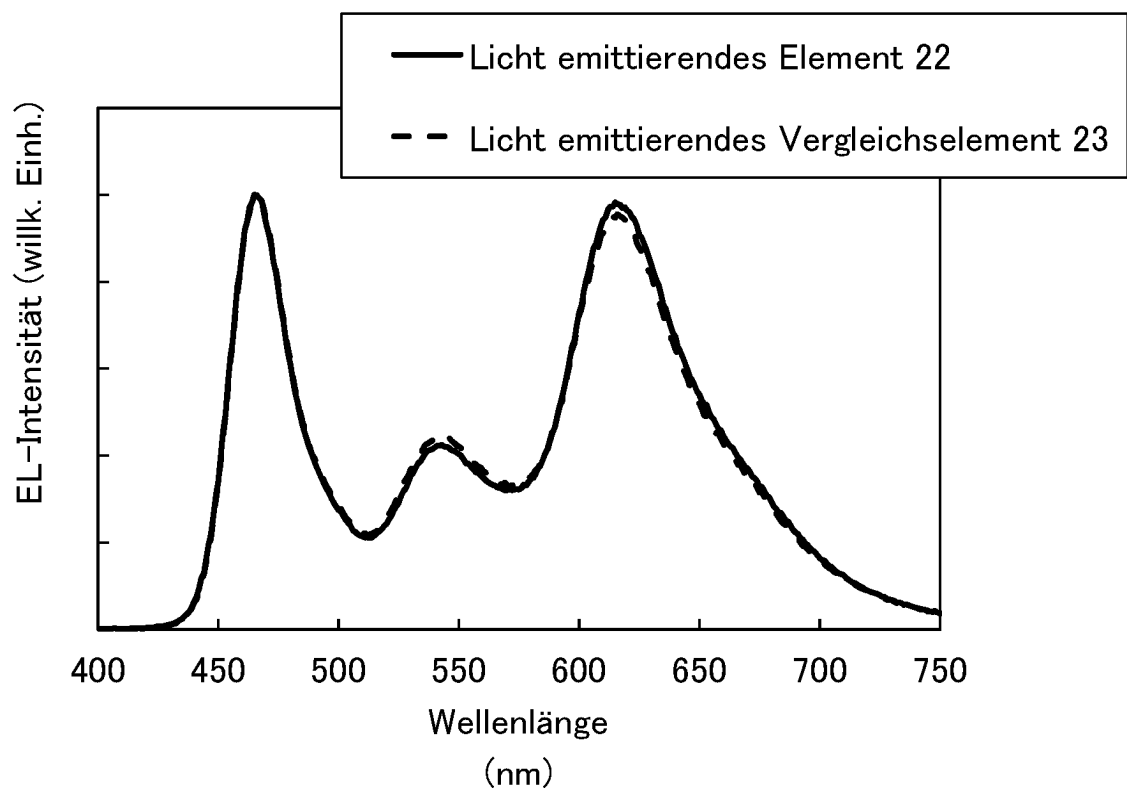


FIG. 60

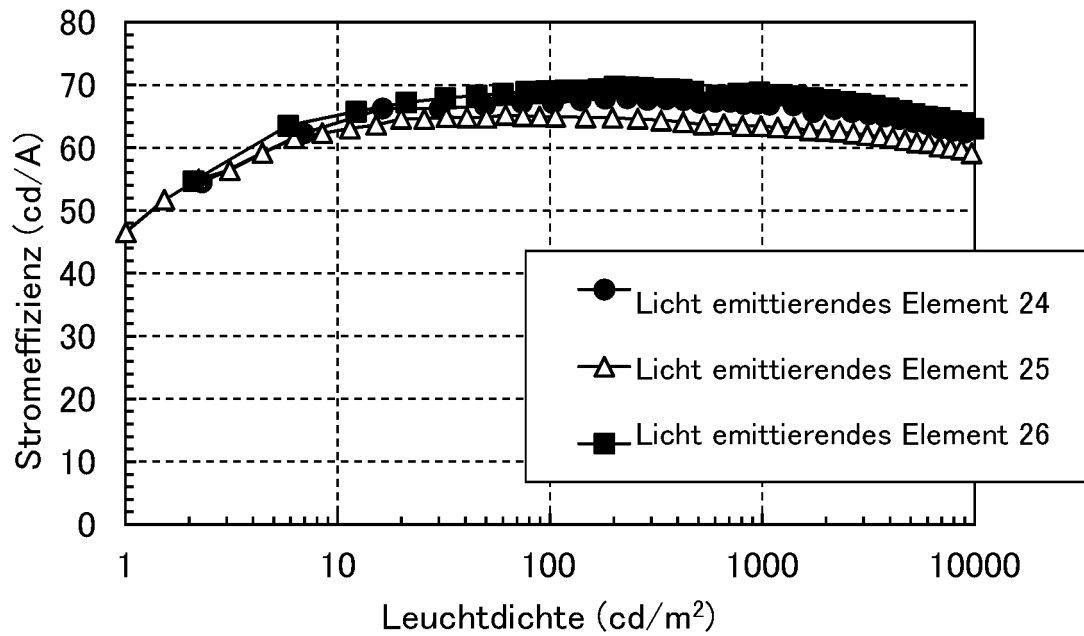


FIG. 61

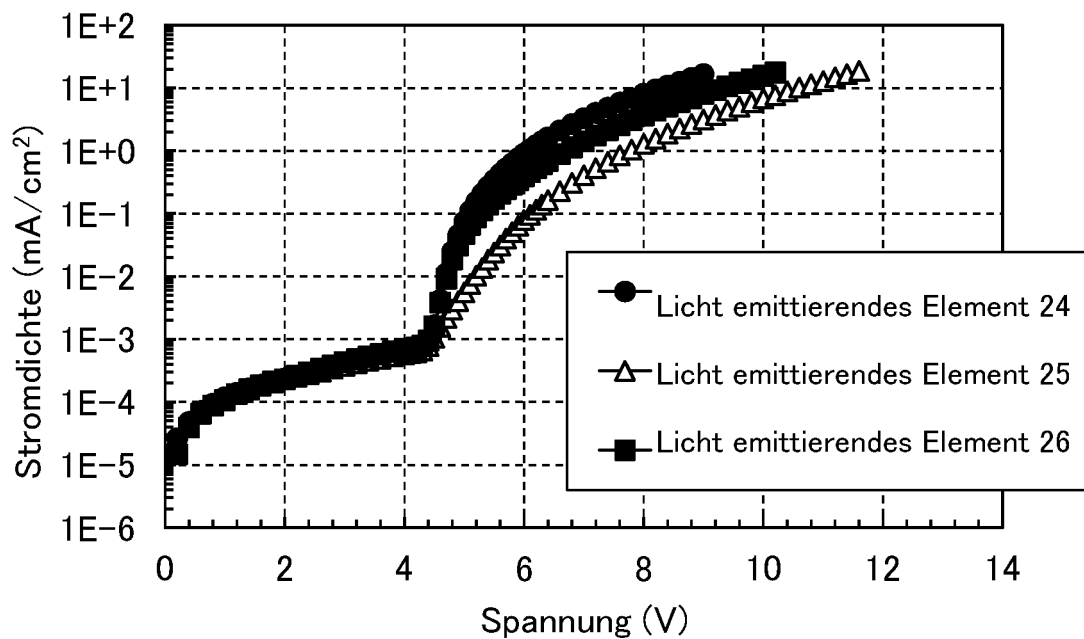


FIG. 62

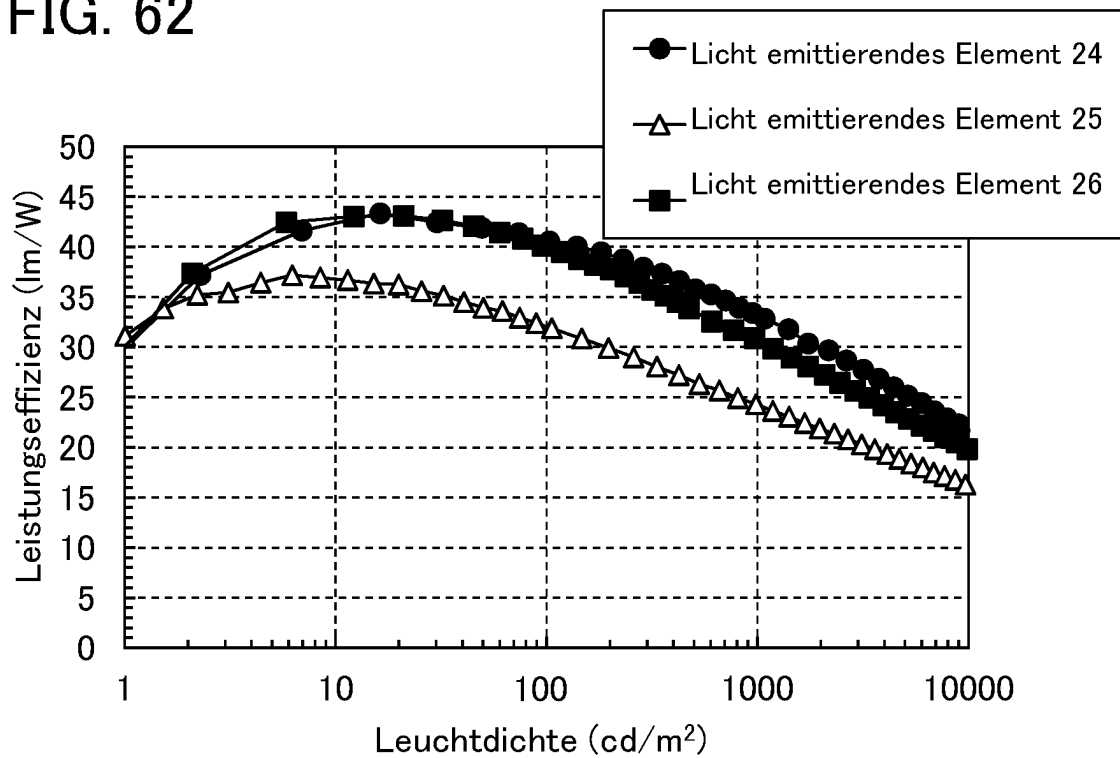


FIG. 63

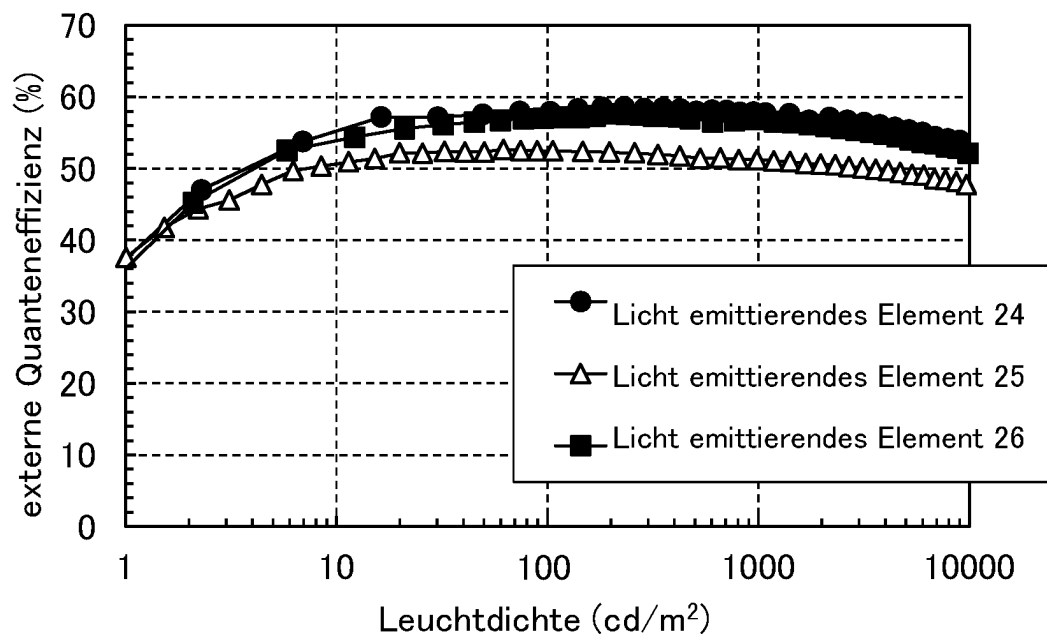


FIG. 64

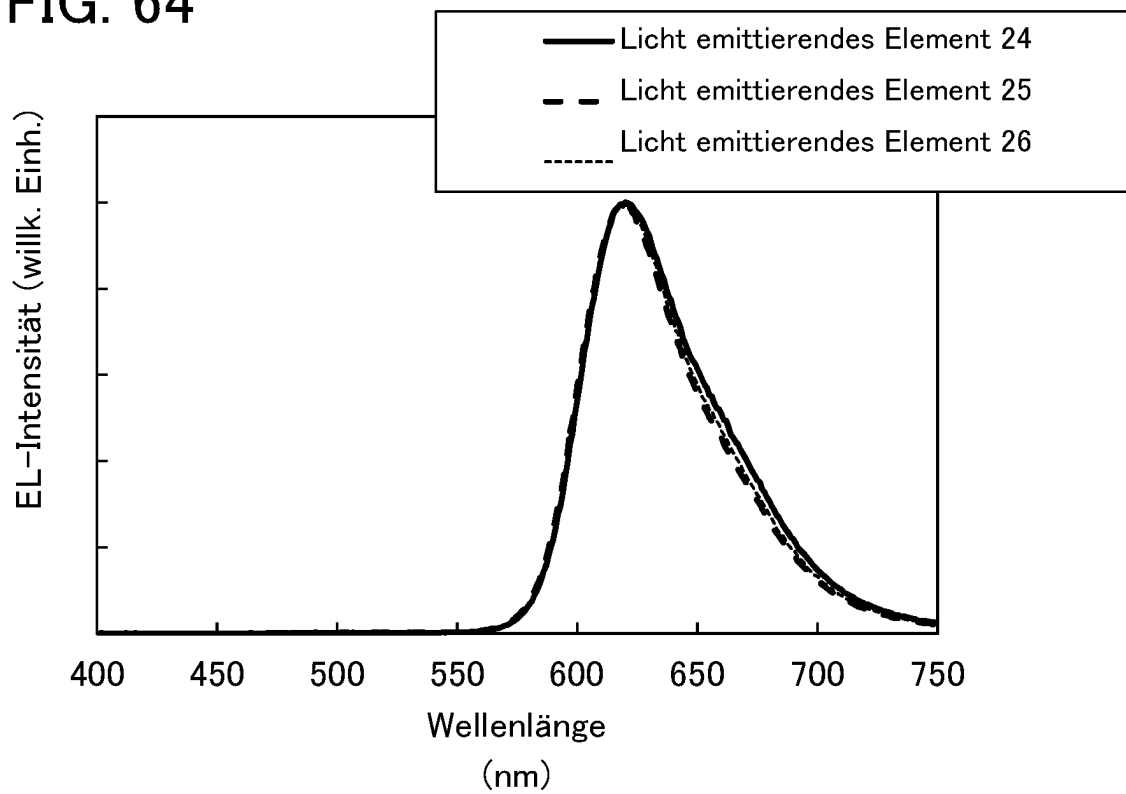


FIG. 65

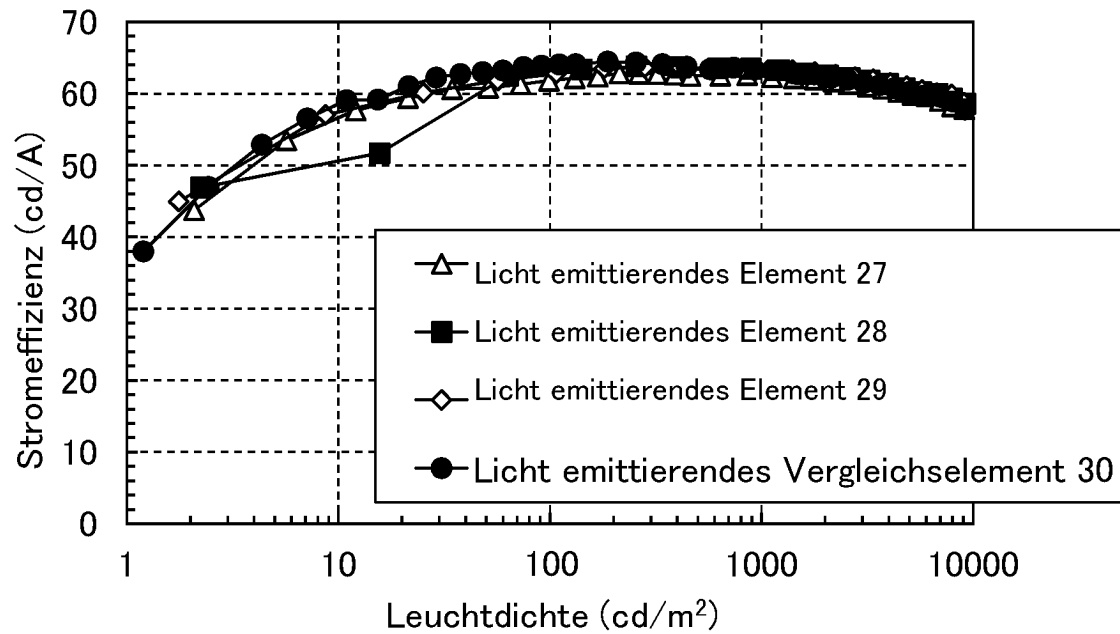


FIG. 66

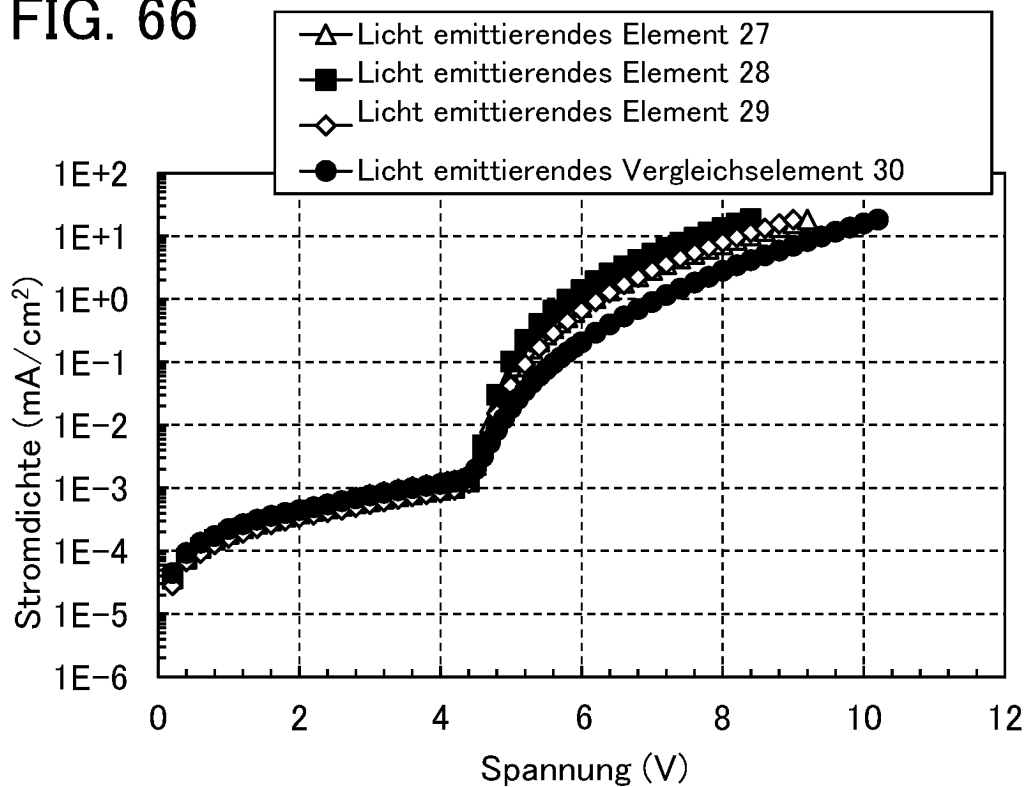


FIG. 67

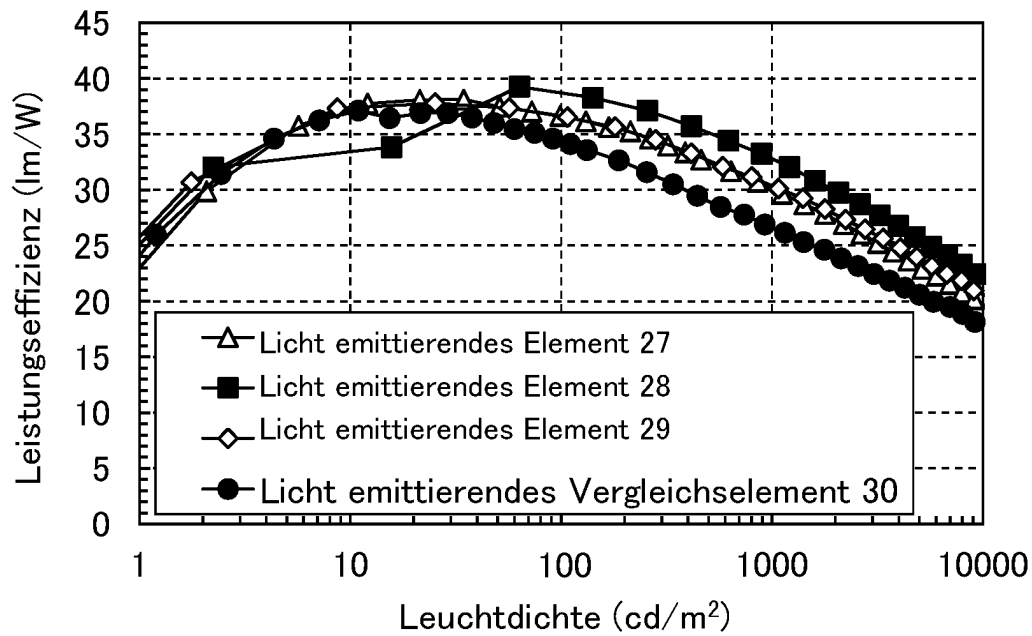


FIG. 68

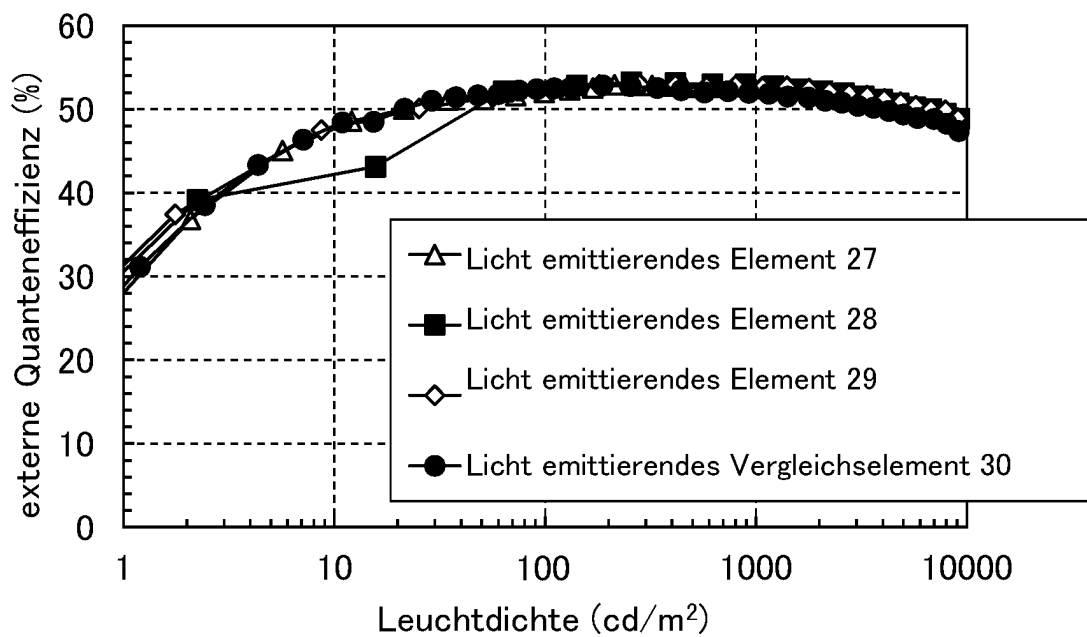


FIG. 69

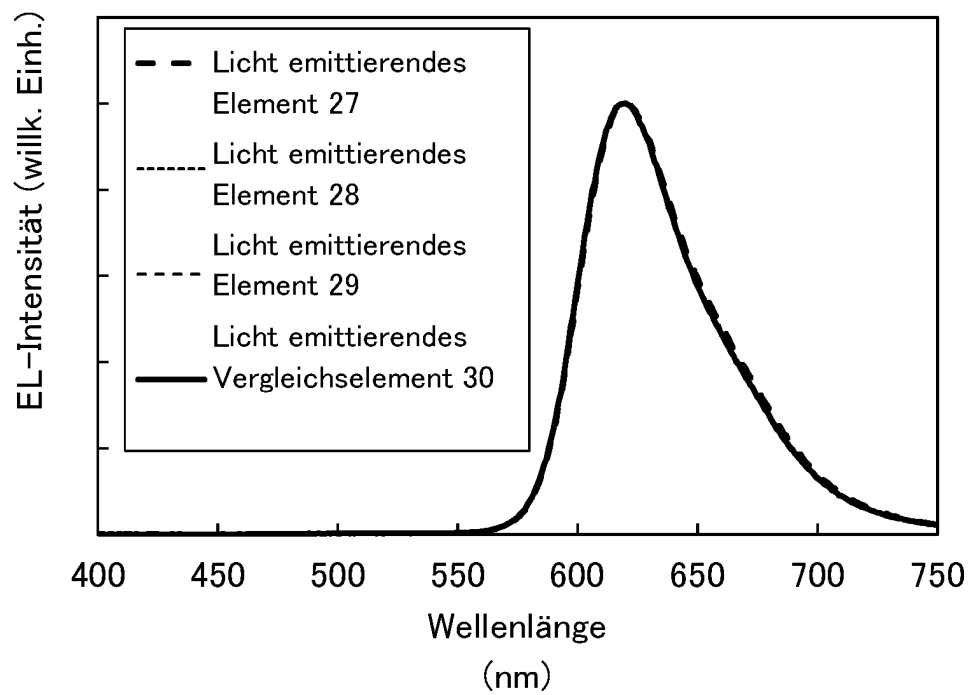


FIG. 70

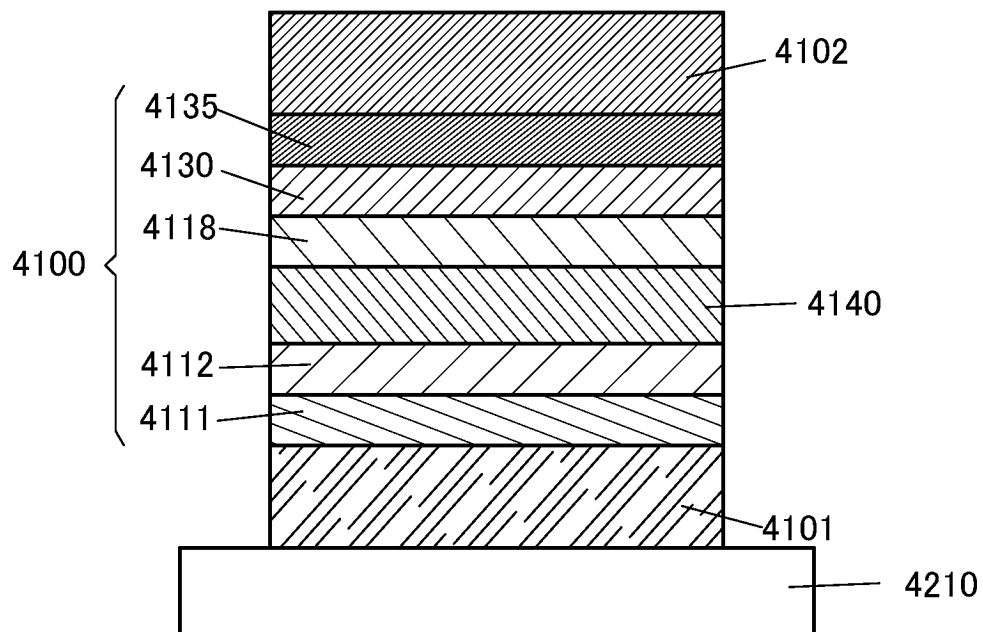


FIG. 71

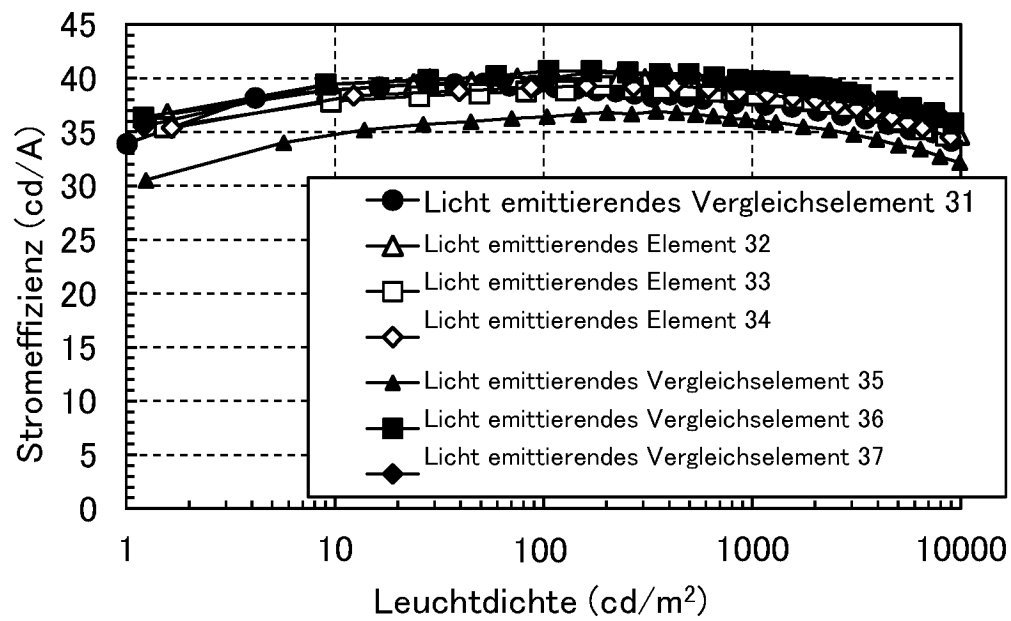


FIG. 72

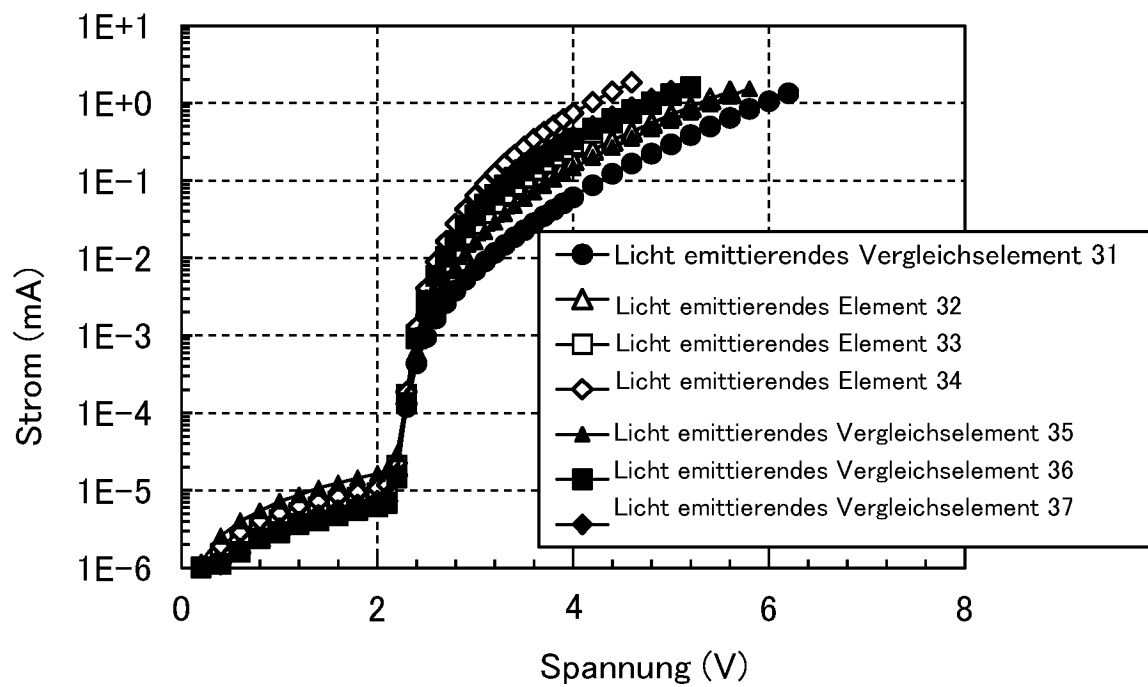


FIG. 73

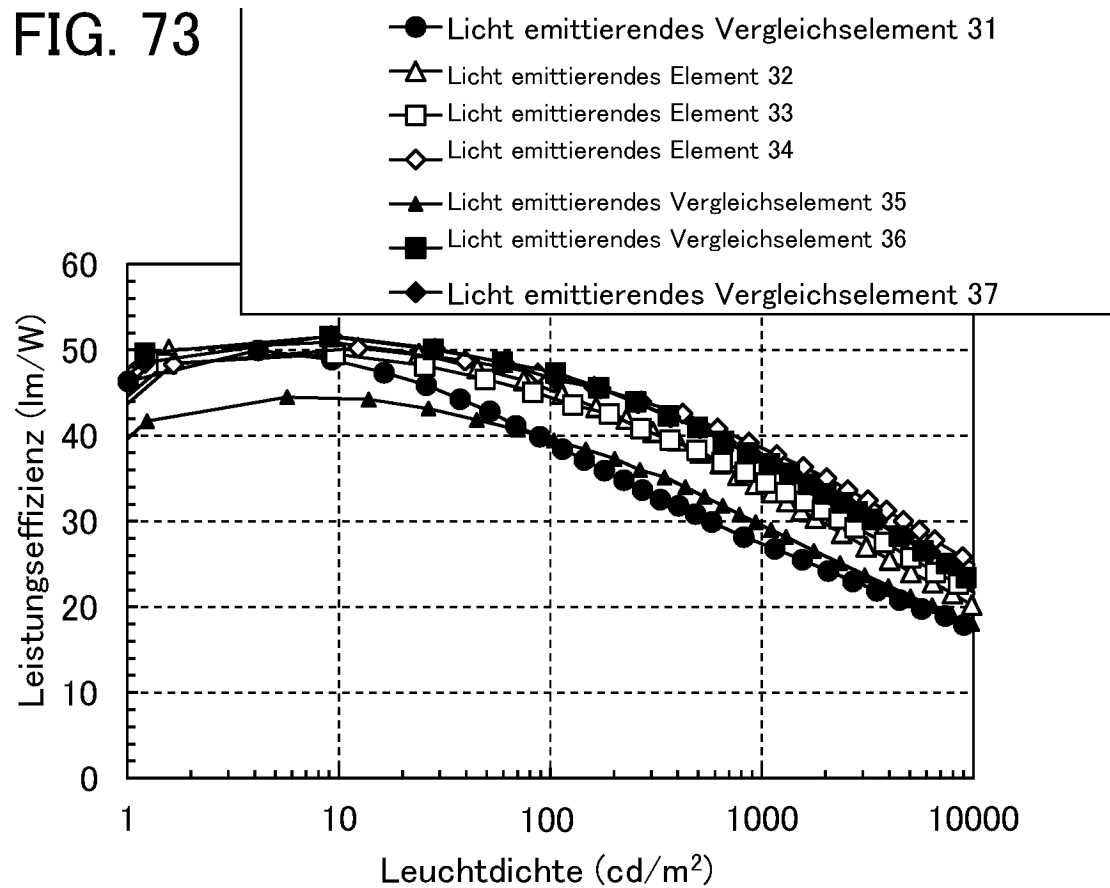


FIG. 74

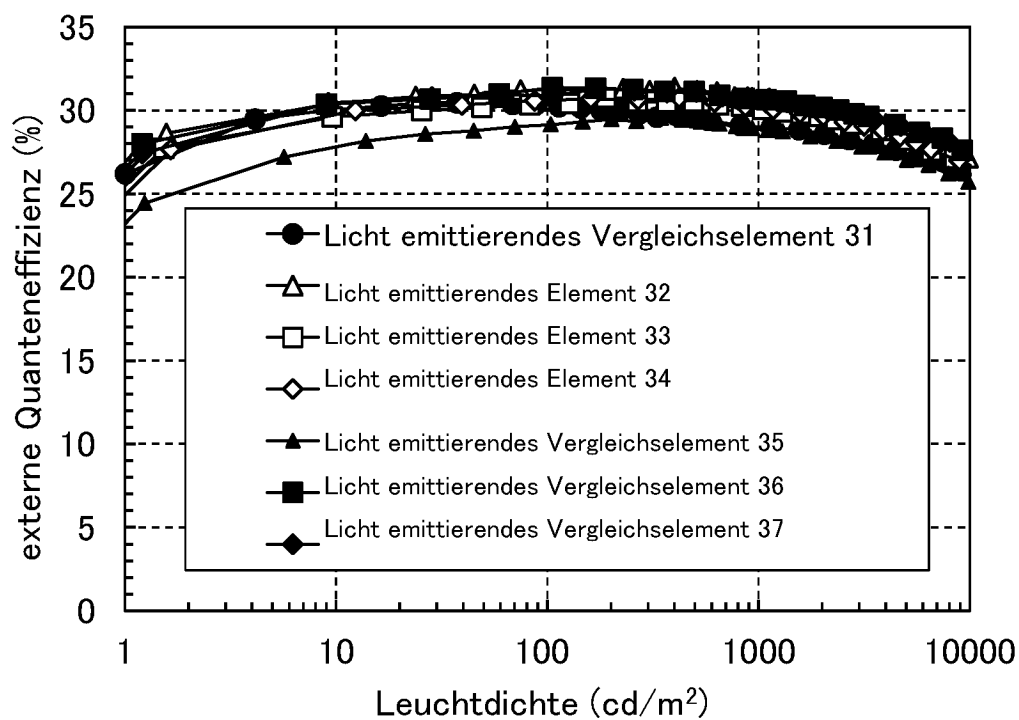


FIG. 75

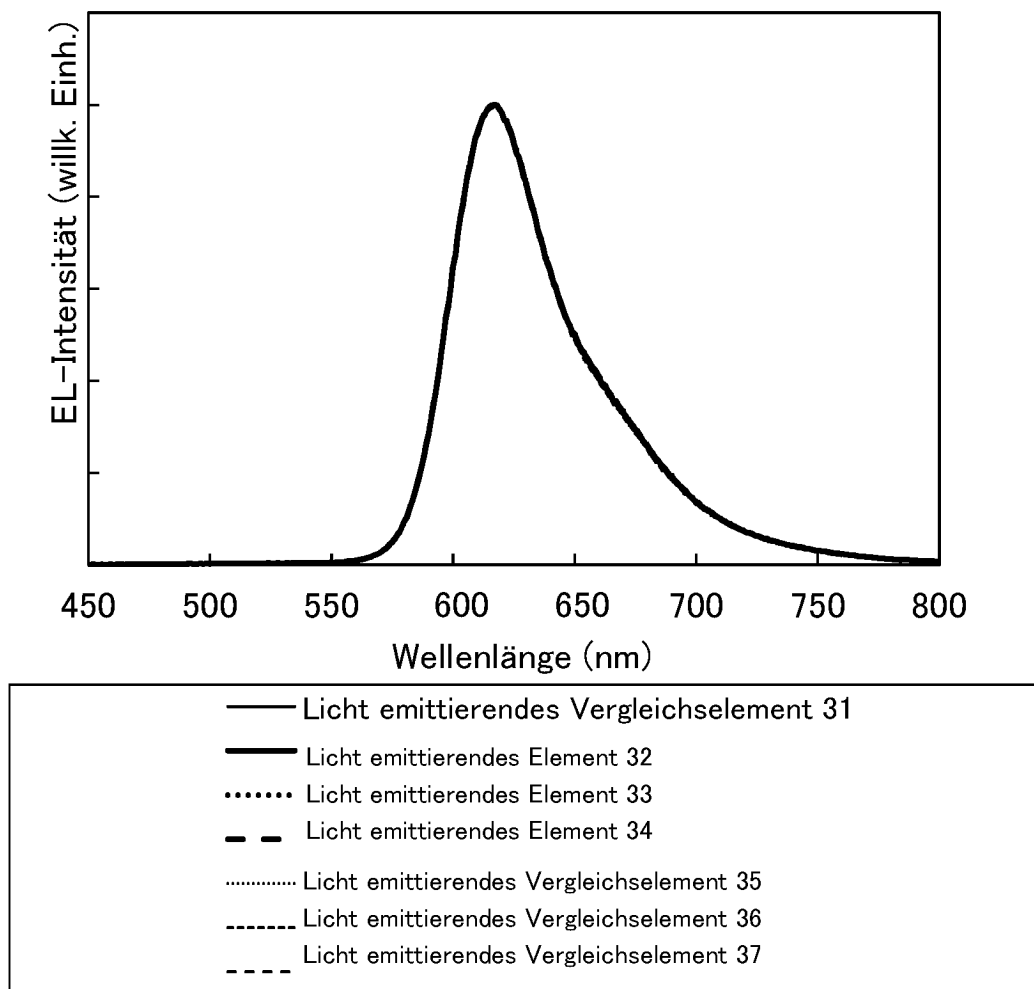


FIG. 76

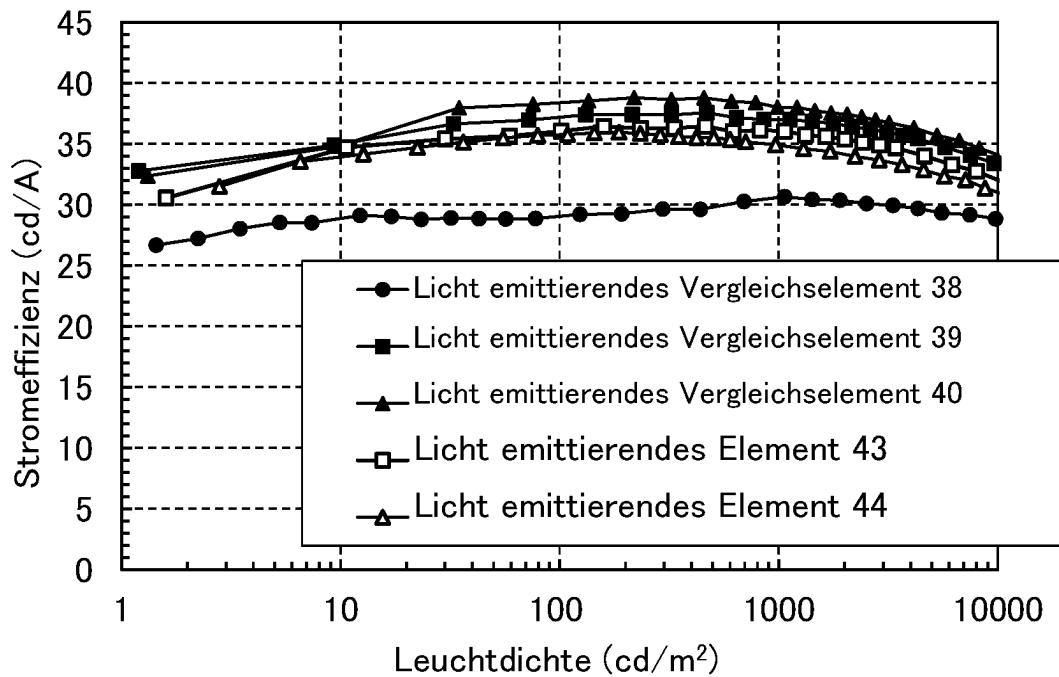


FIG. 77

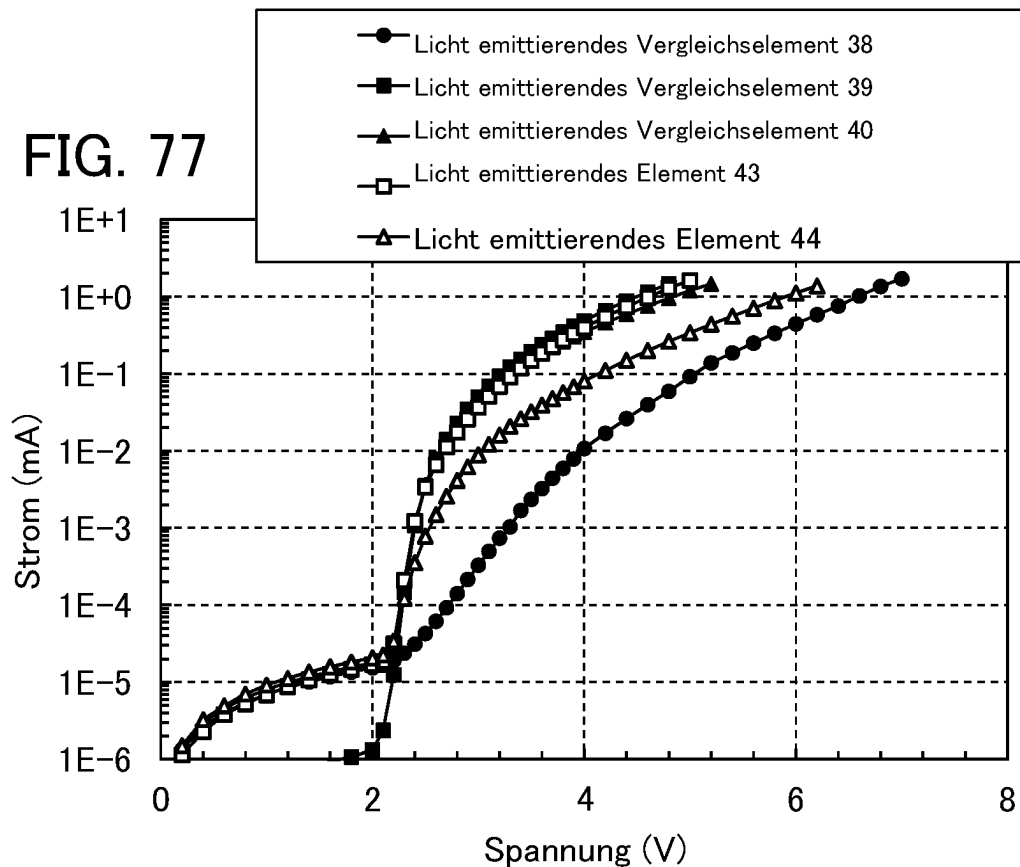


FIG. 78

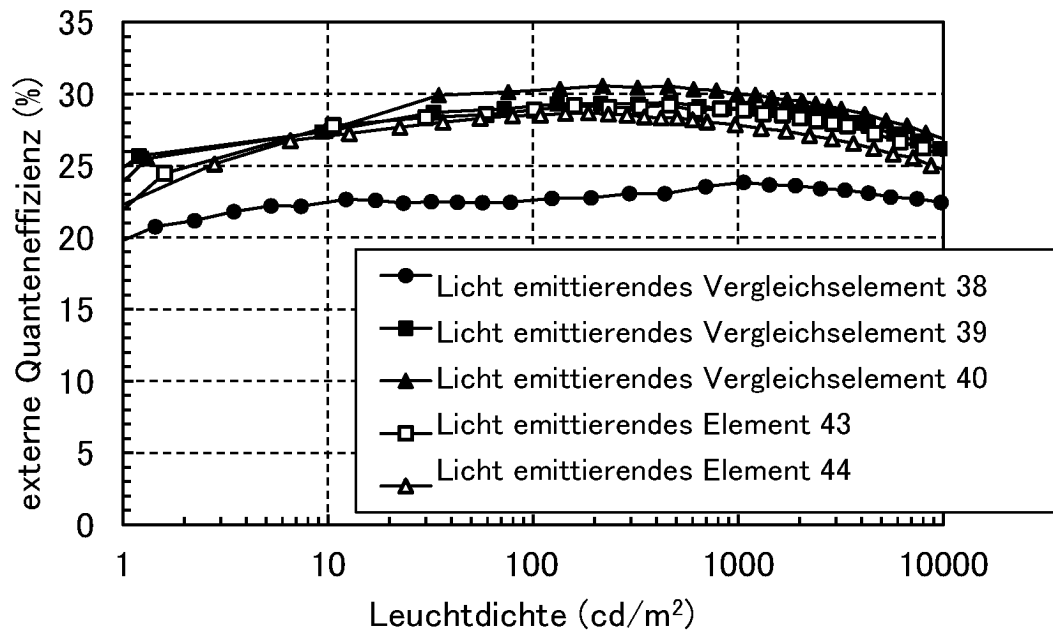


FIG. 79

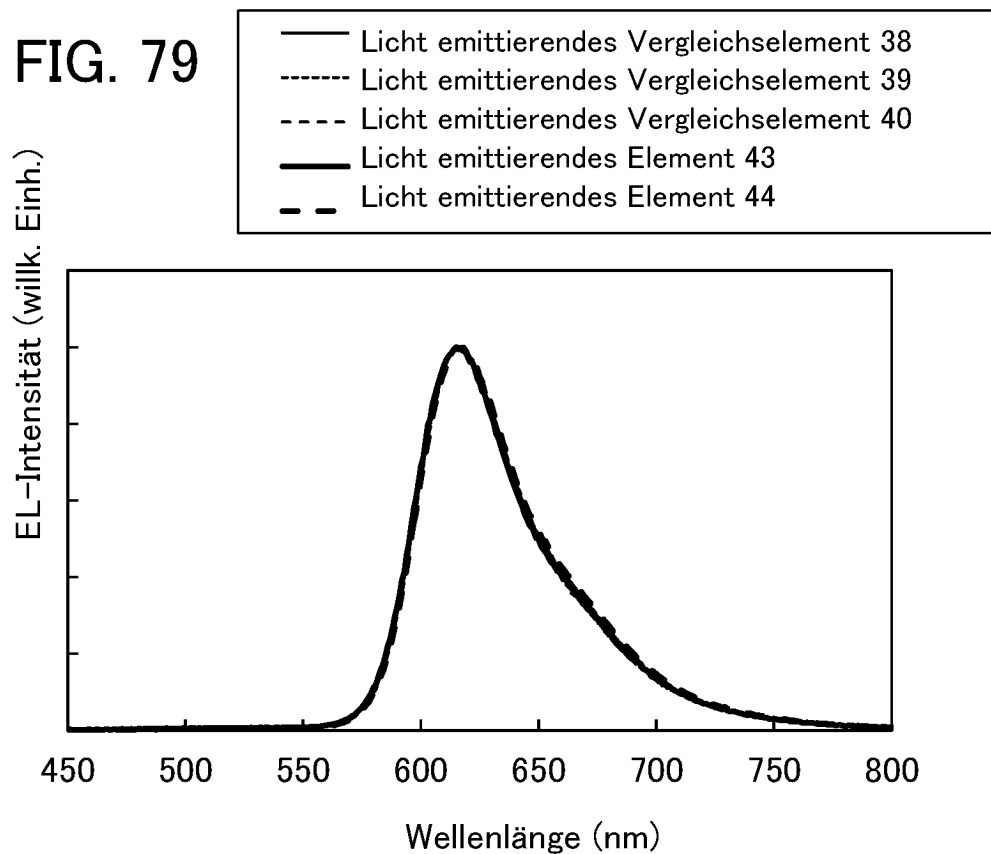


FIG. 80

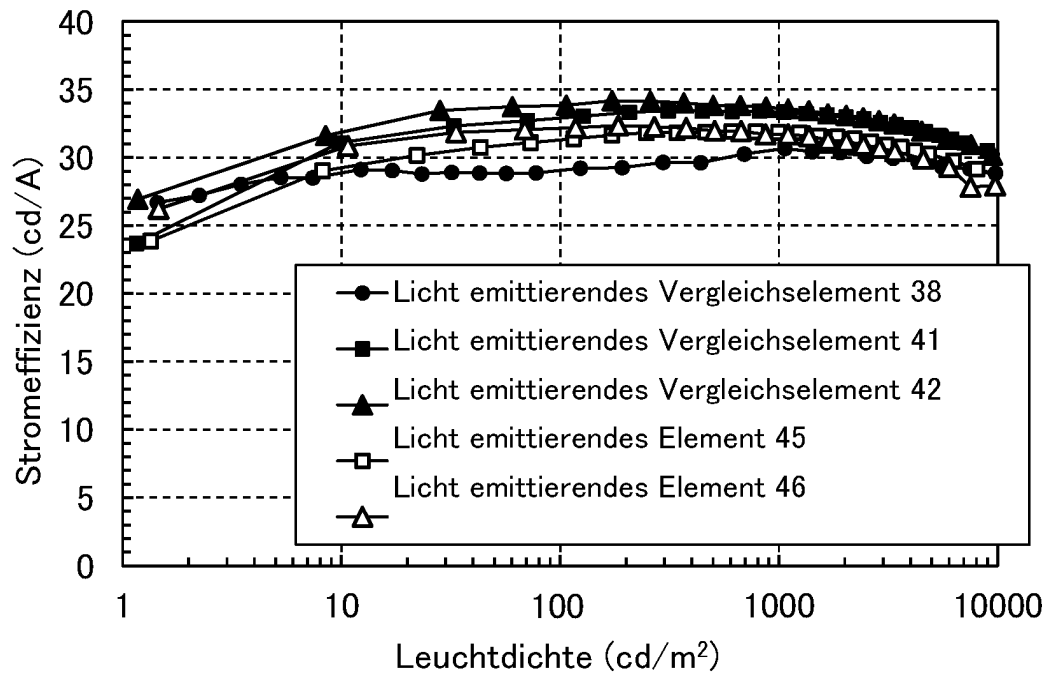


FIG. 81

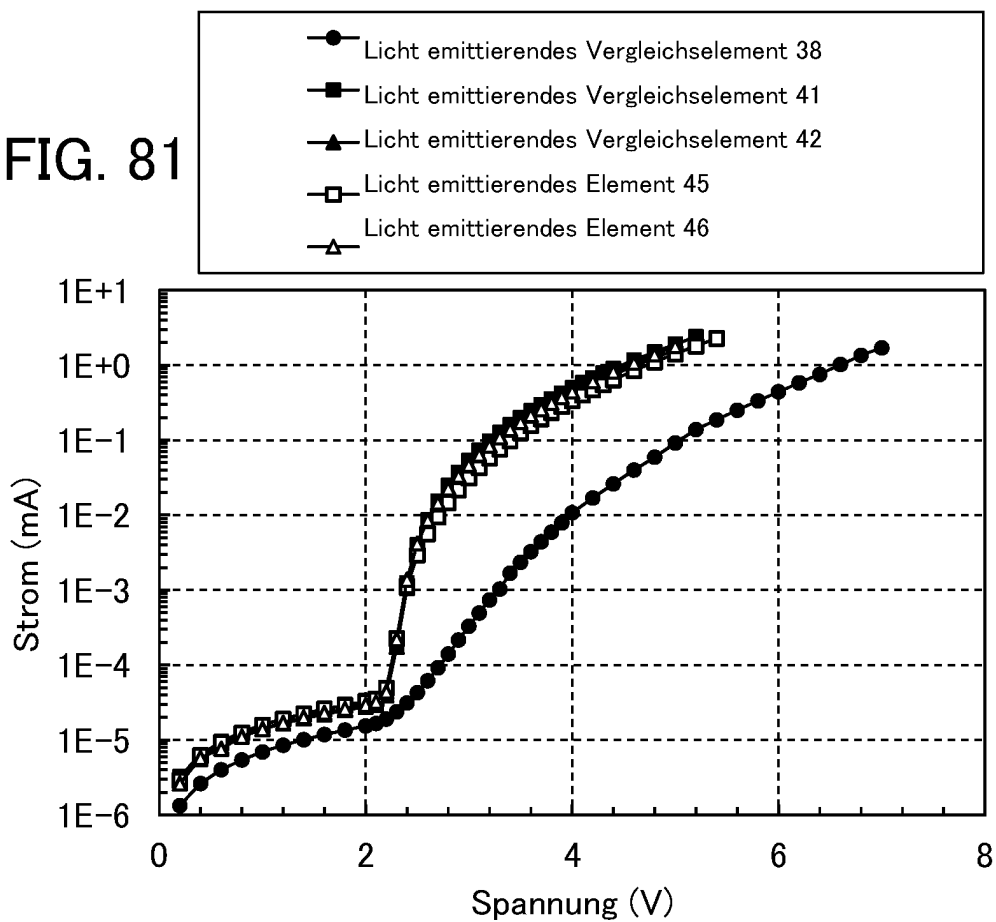


FIG. 82

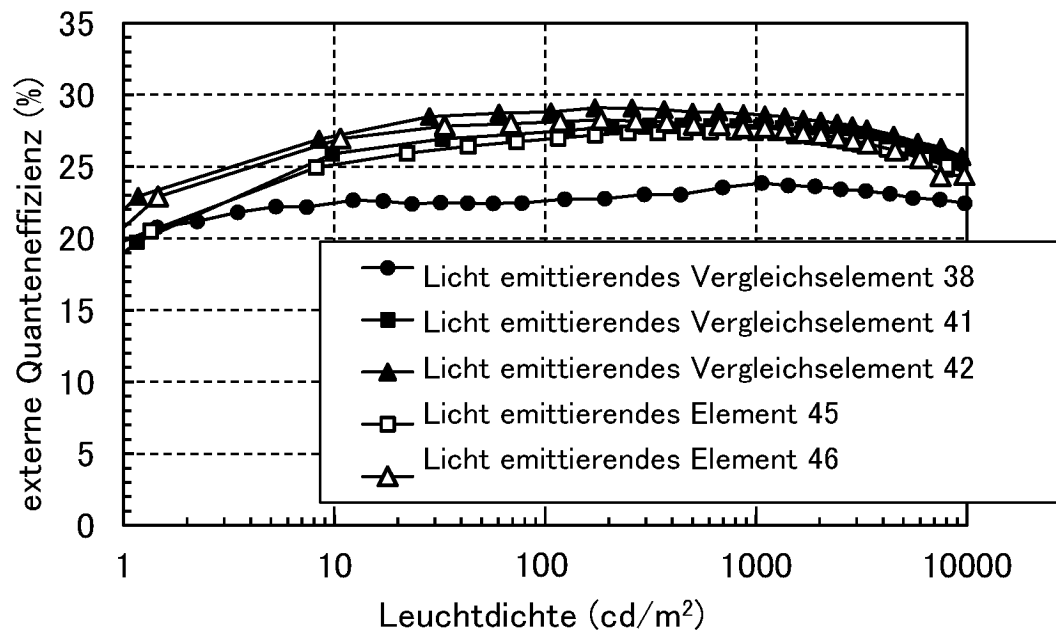


FIG. 83

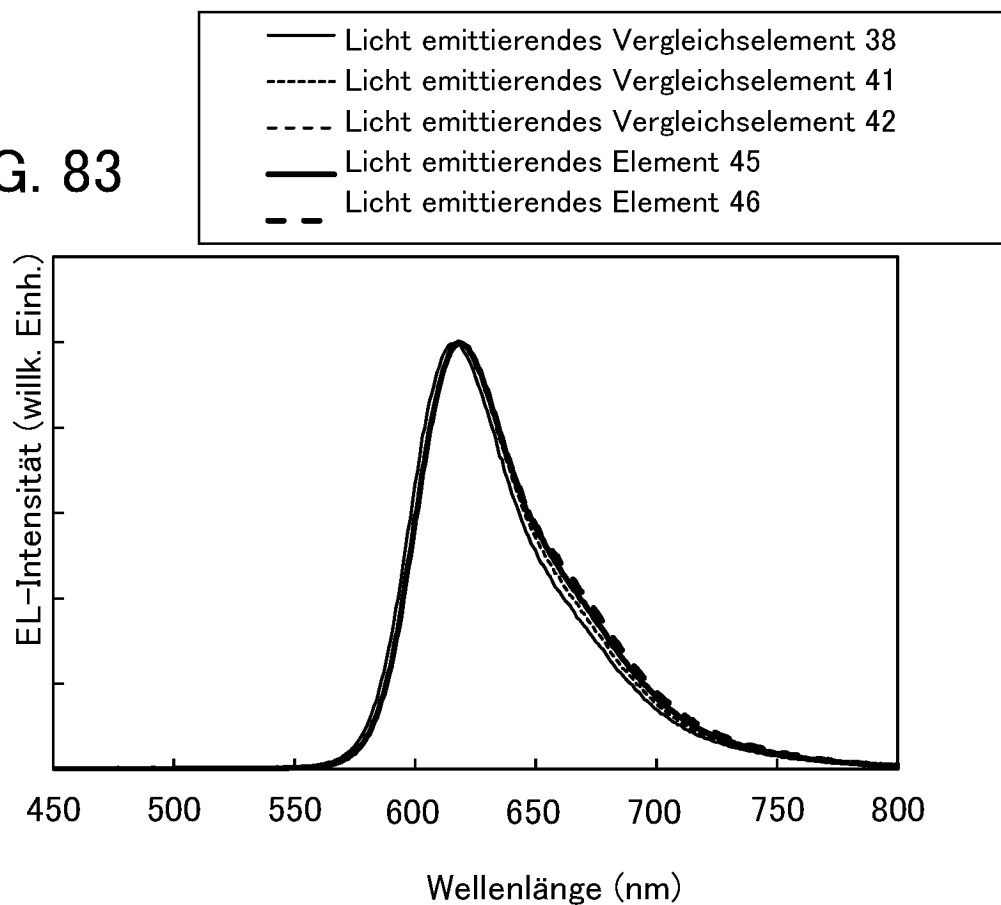


FIG. 84

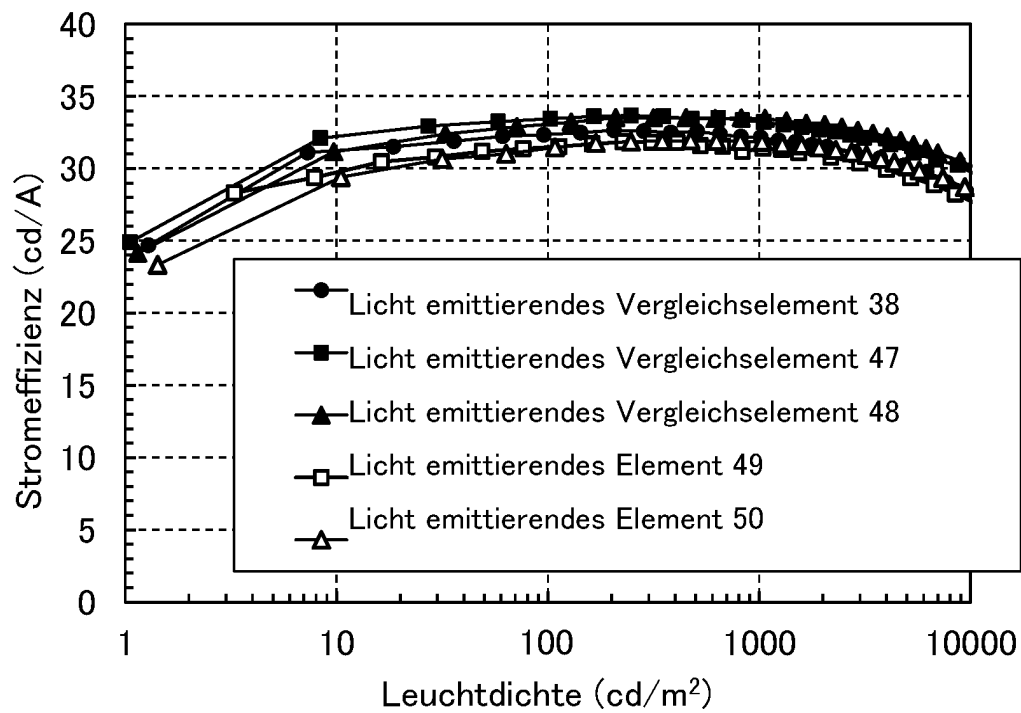


FIG. 85

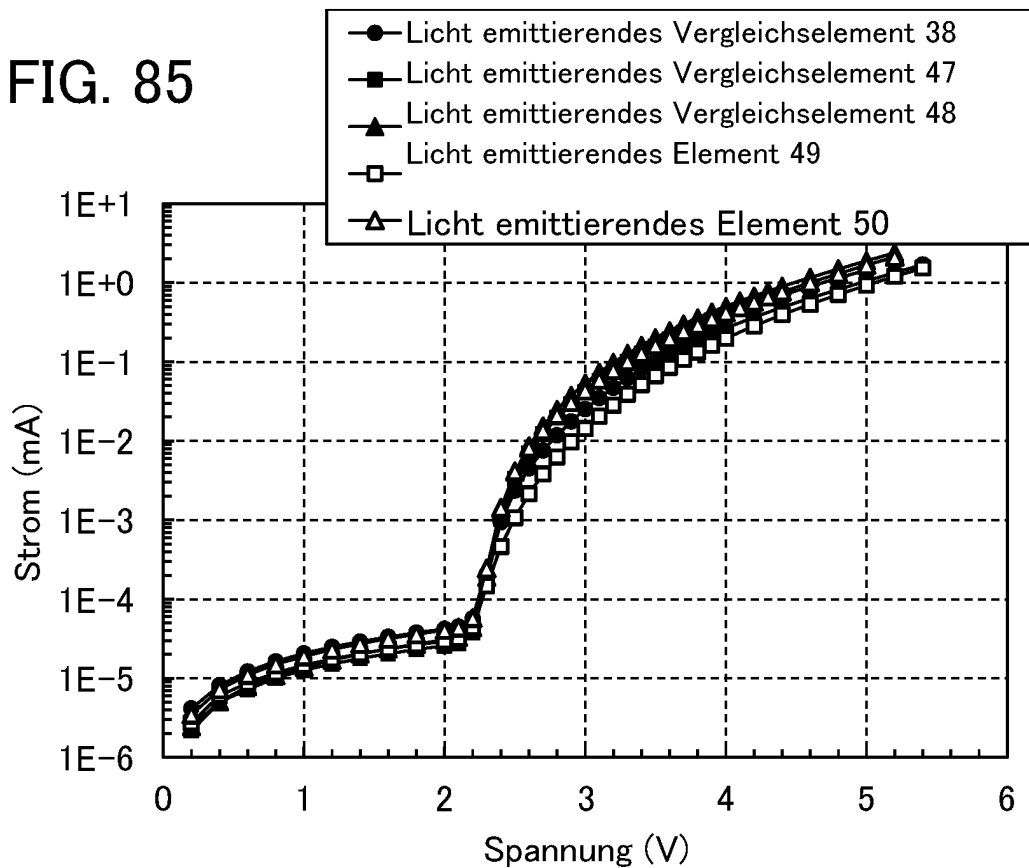


FIG. 86

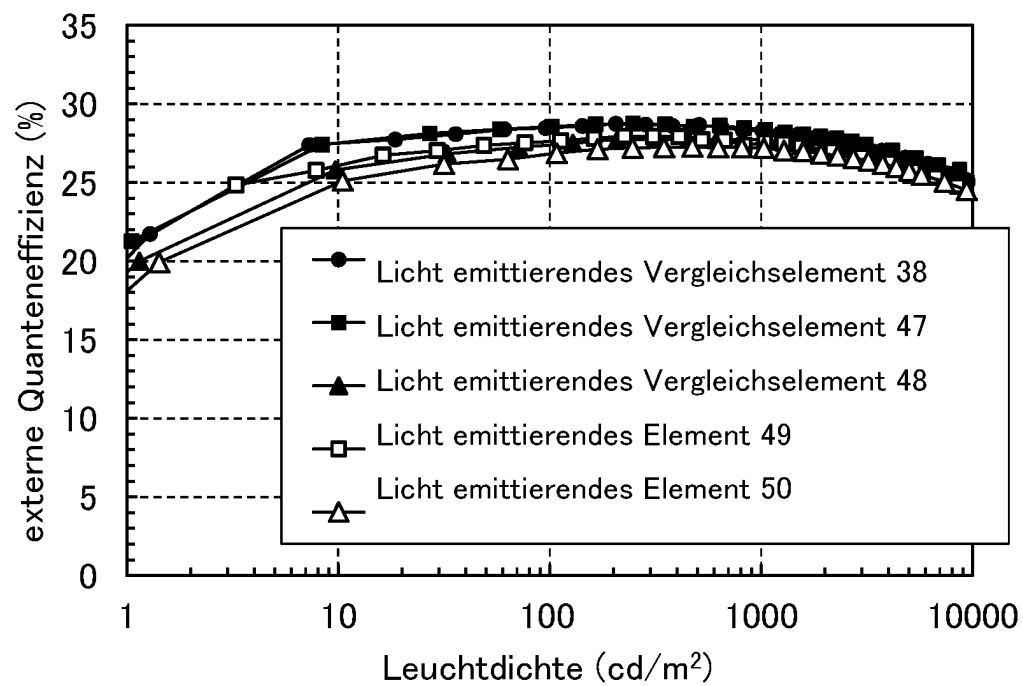


FIG. 87

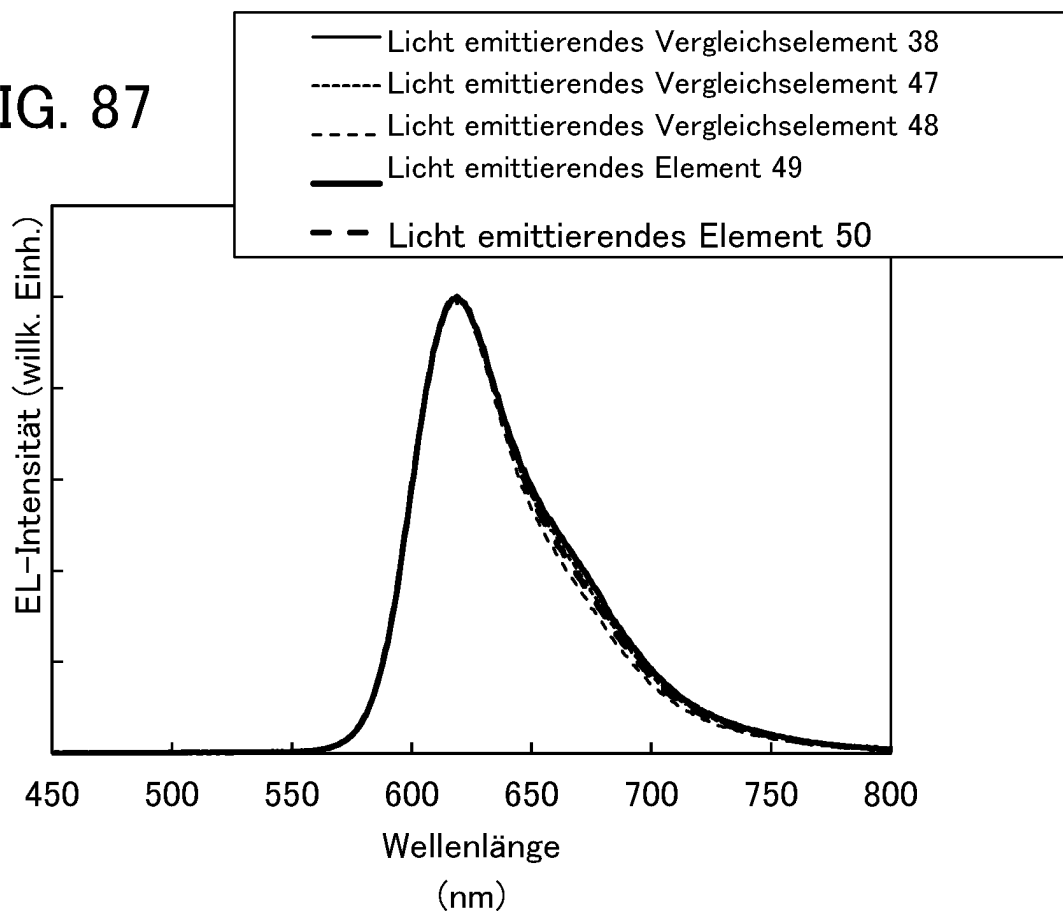


FIG. 88A

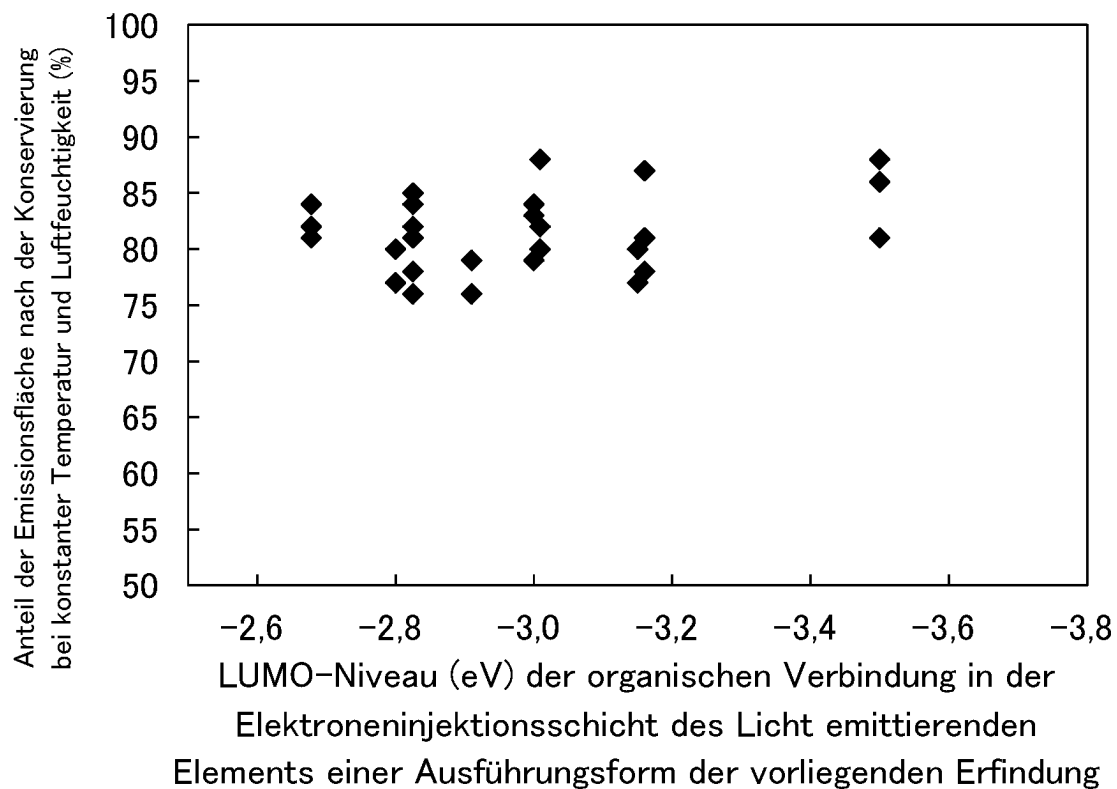


FIG. 88B

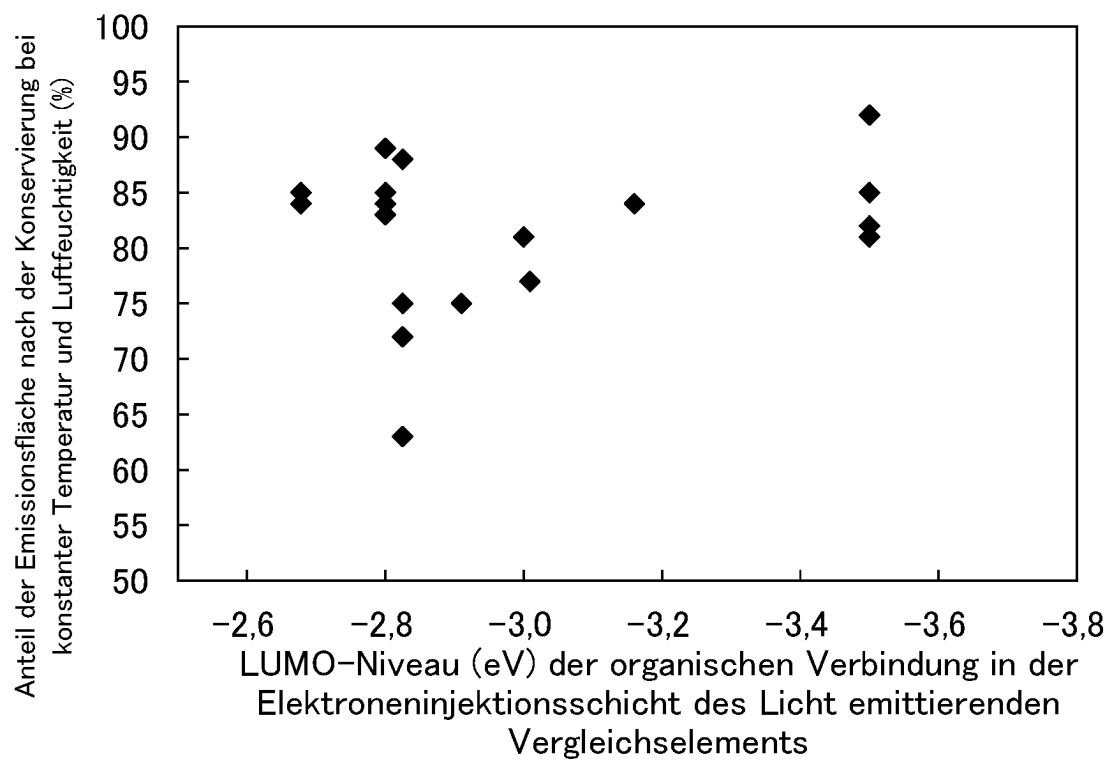


FIG. 89

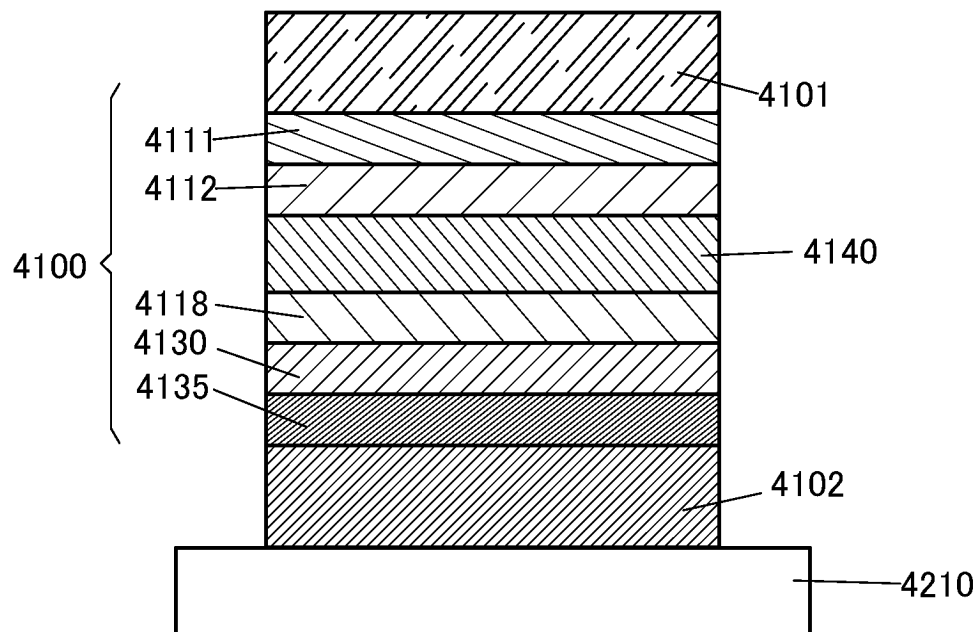


FIG. 90

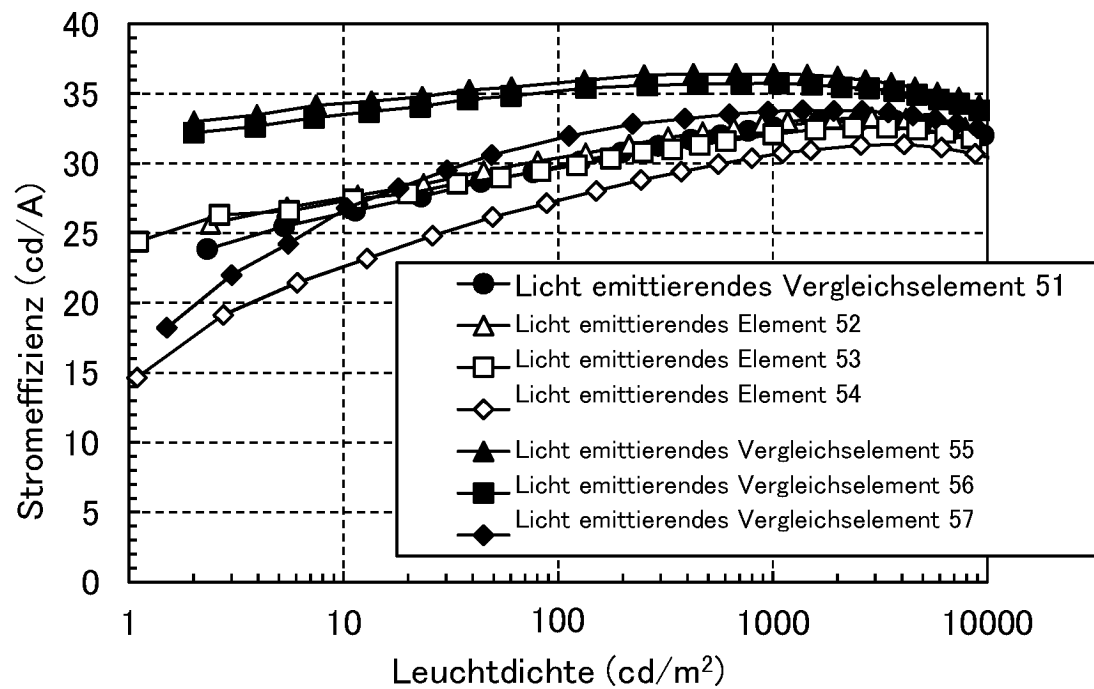


FIG. 91

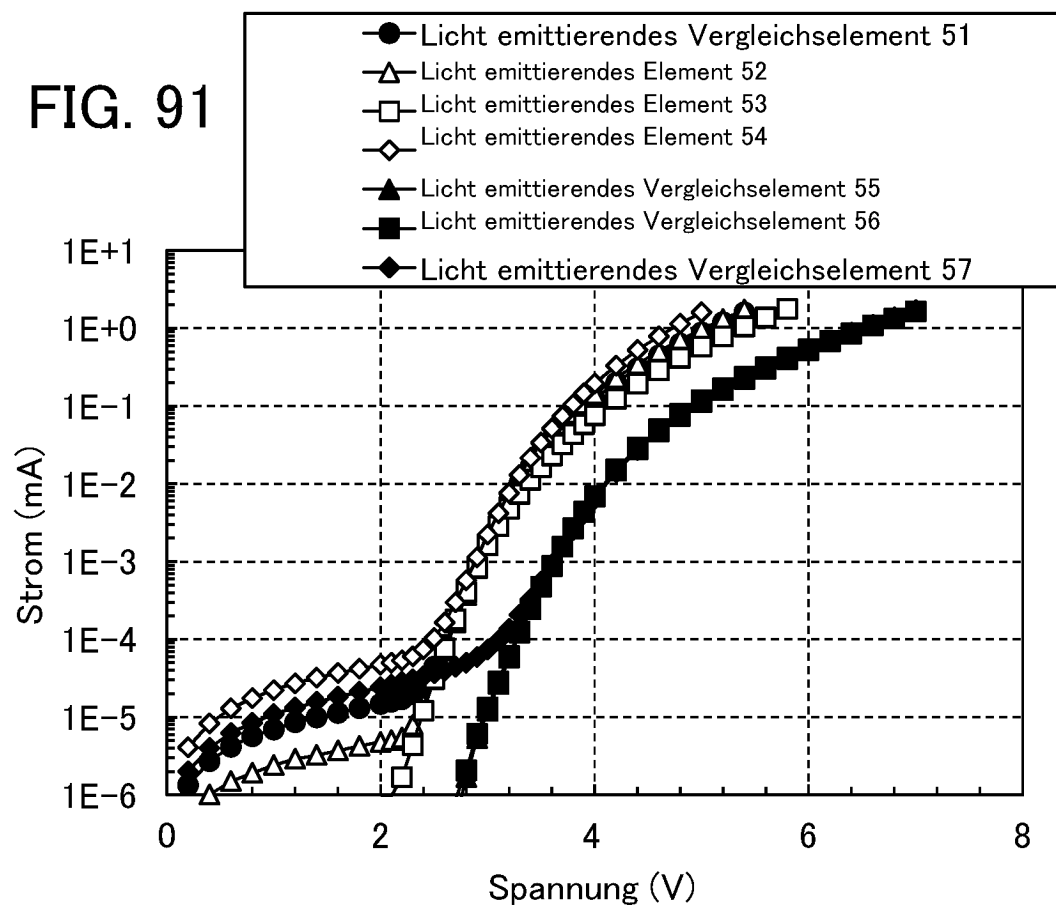


FIG. 92

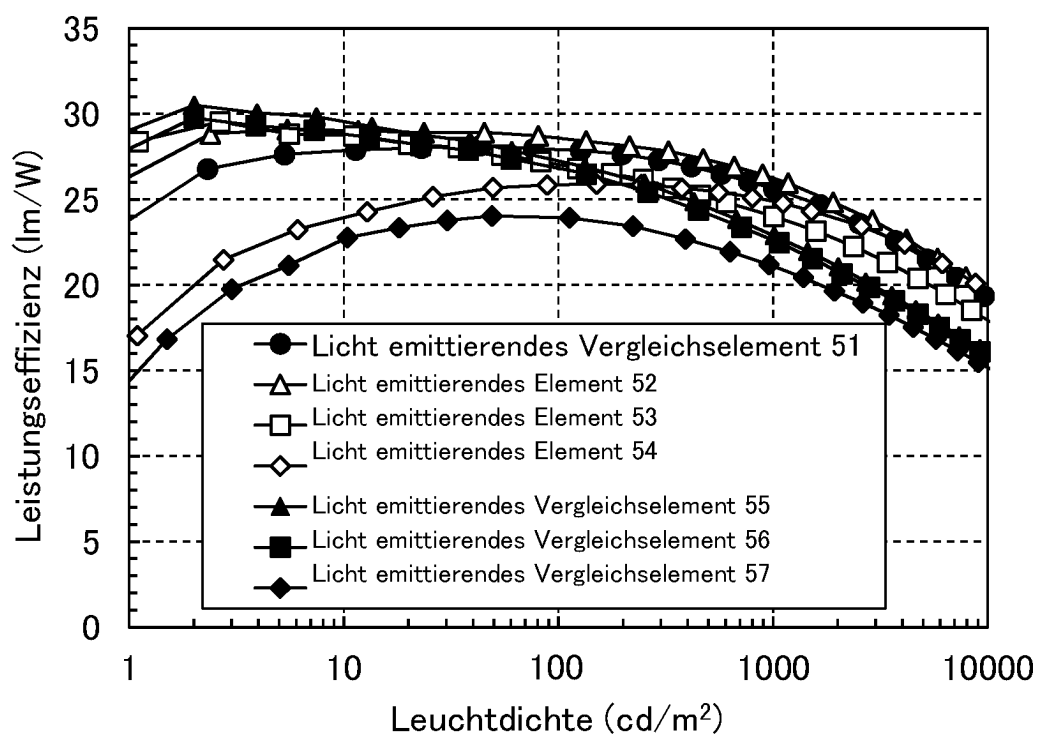


FIG. 93

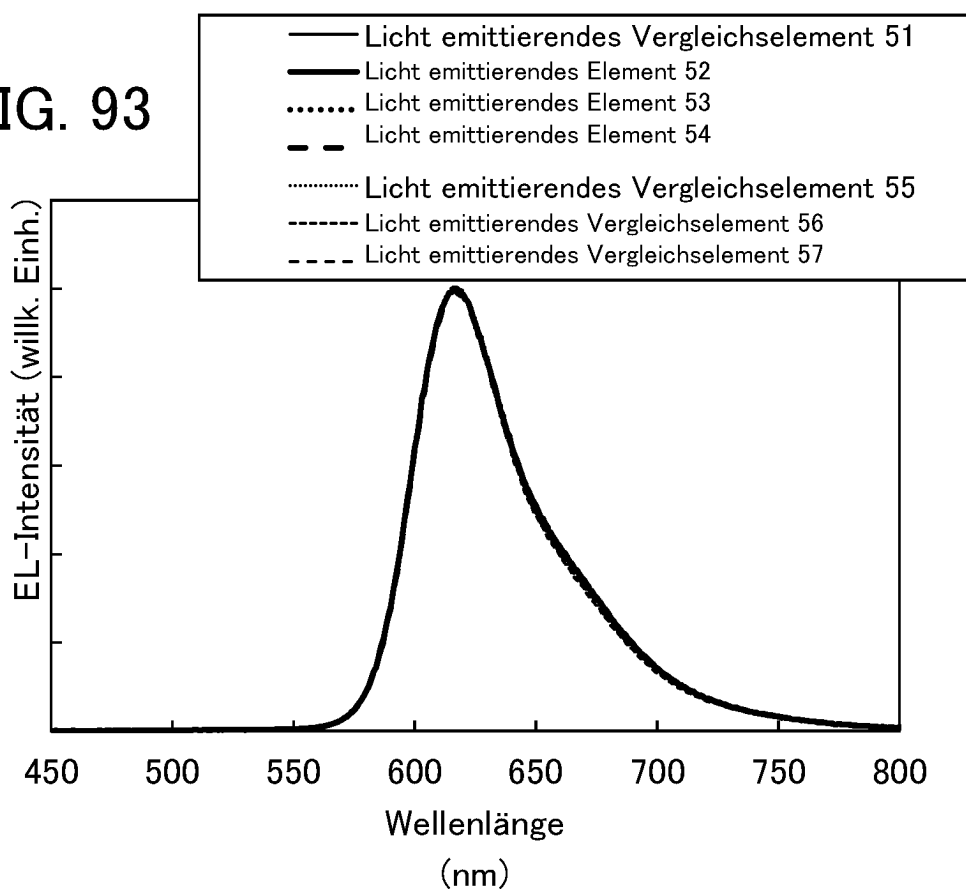


FIG. 94

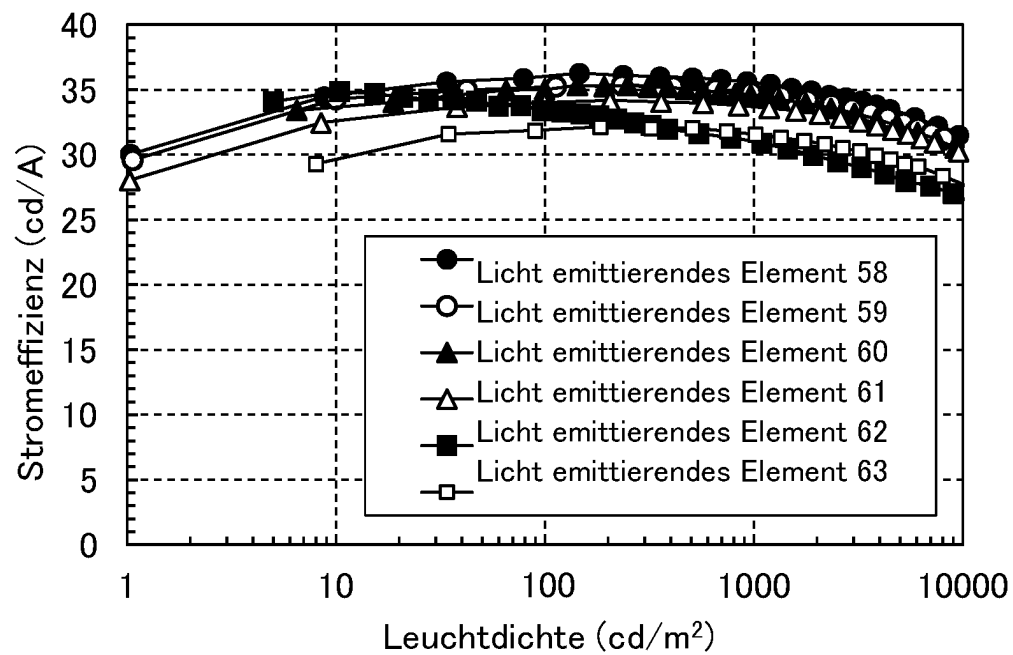


FIG. 95

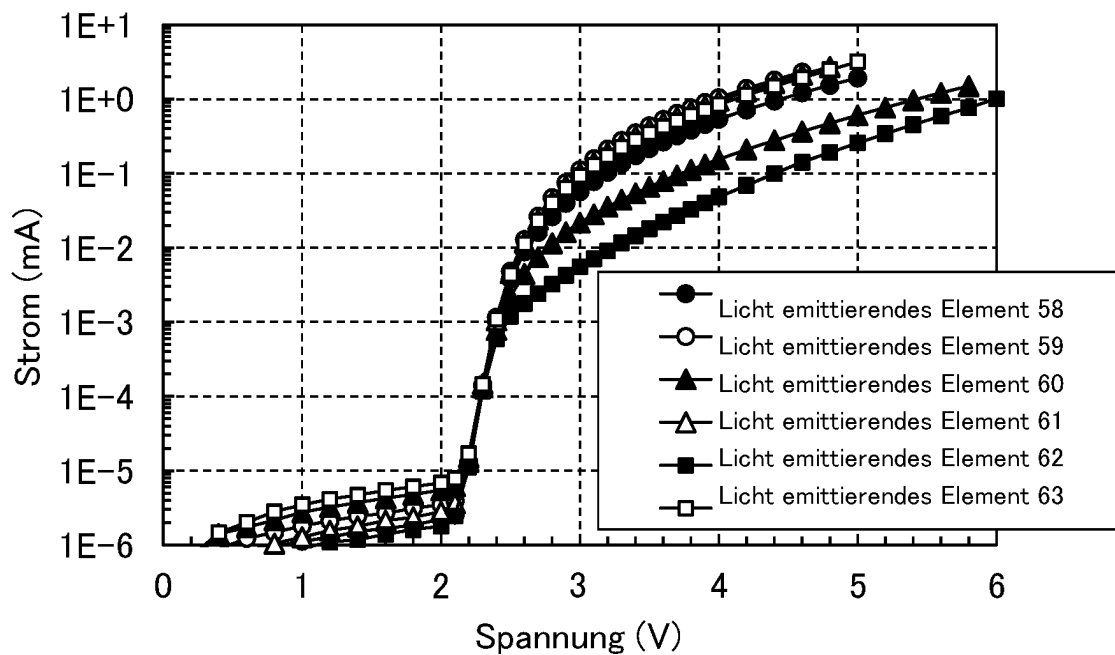


FIG. 96

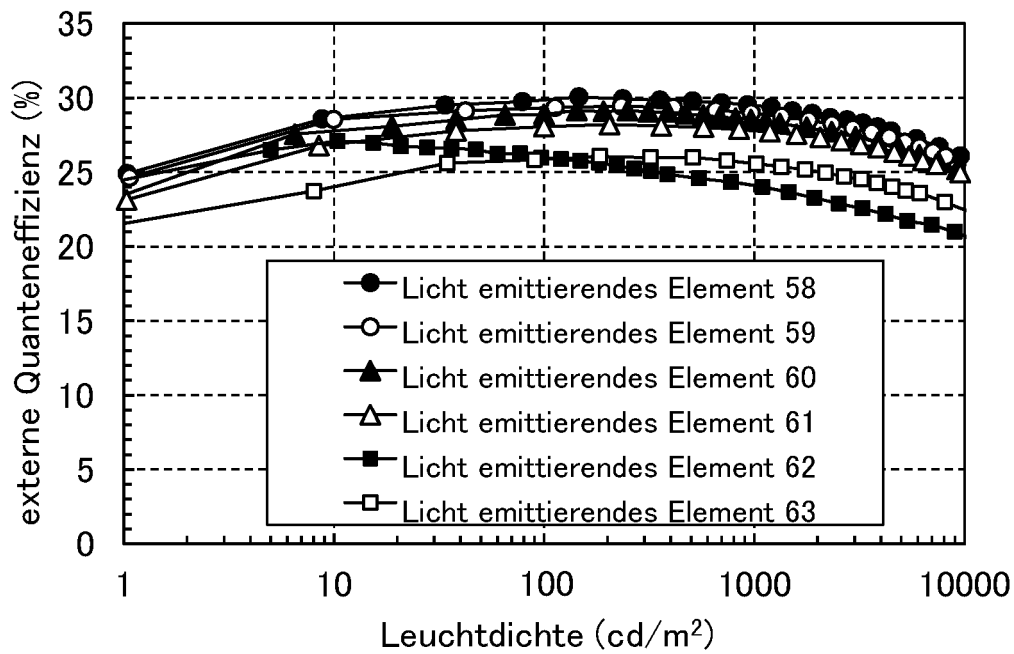


FIG. 97

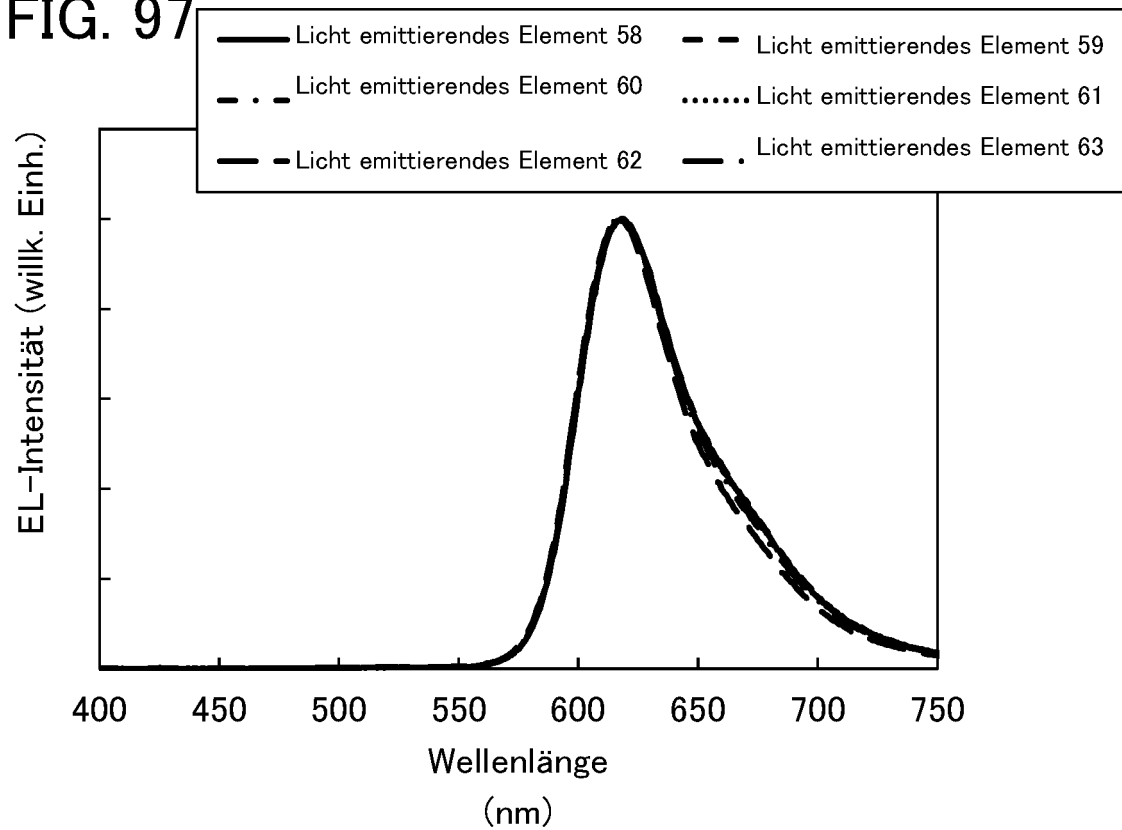


FIG. 98

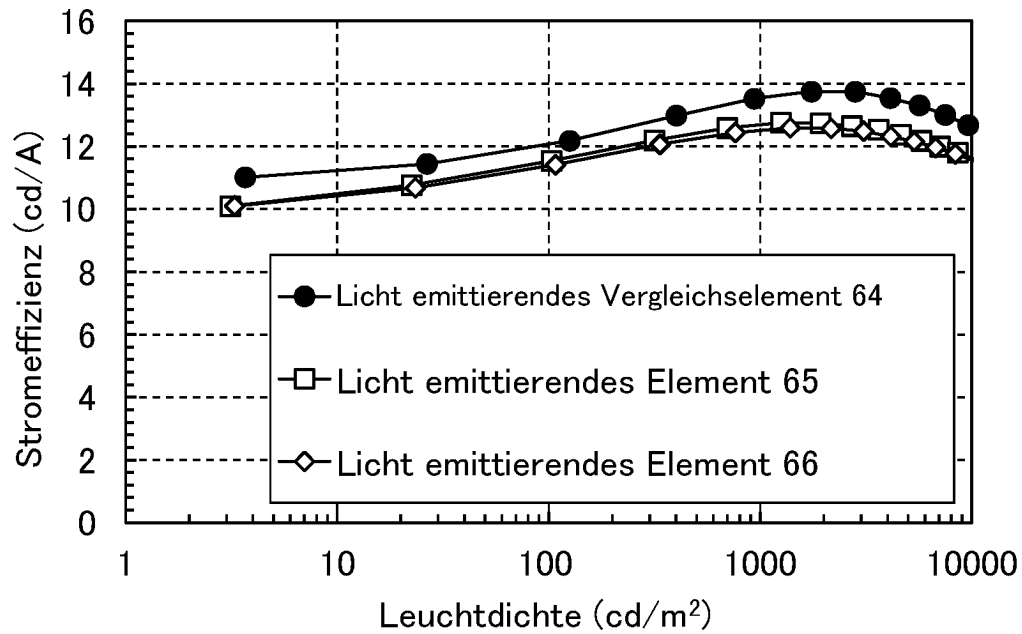


FIG. 99

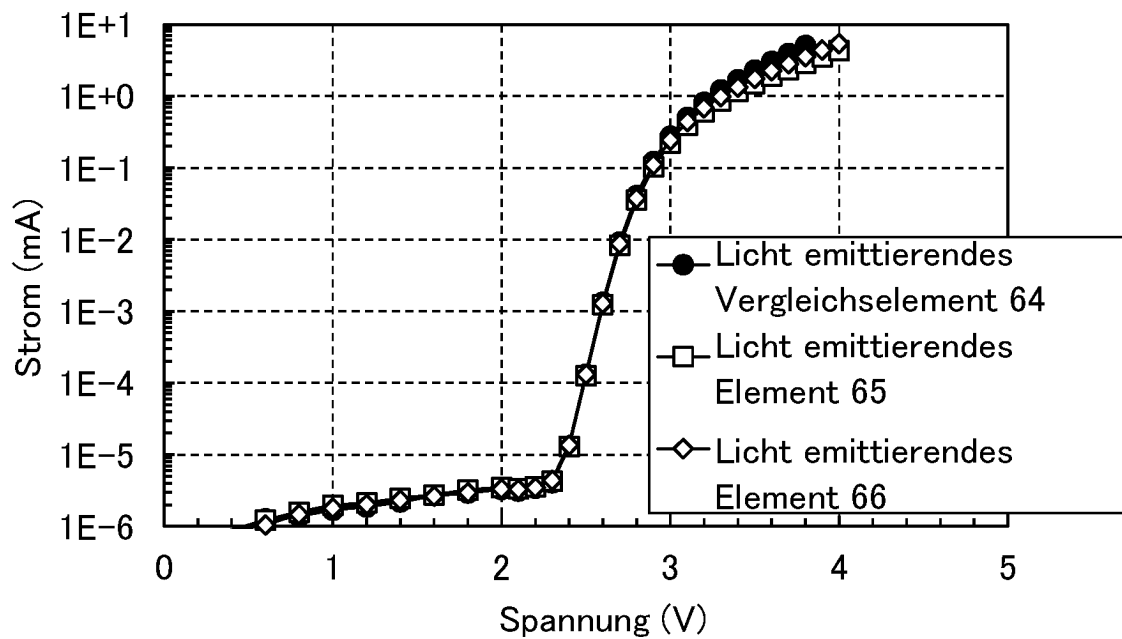


FIG. 100

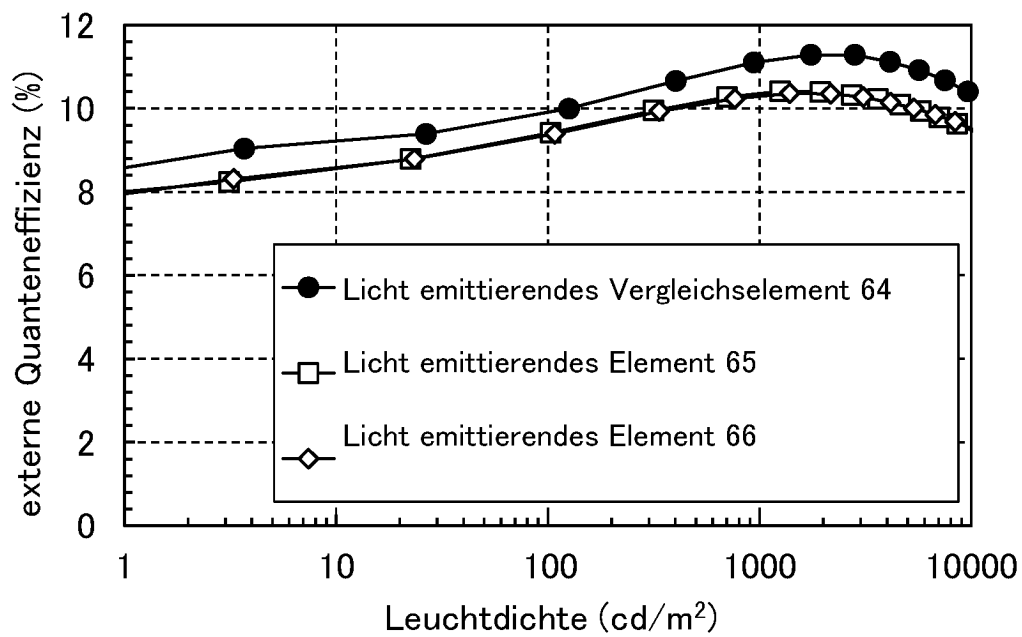


FIG. 101

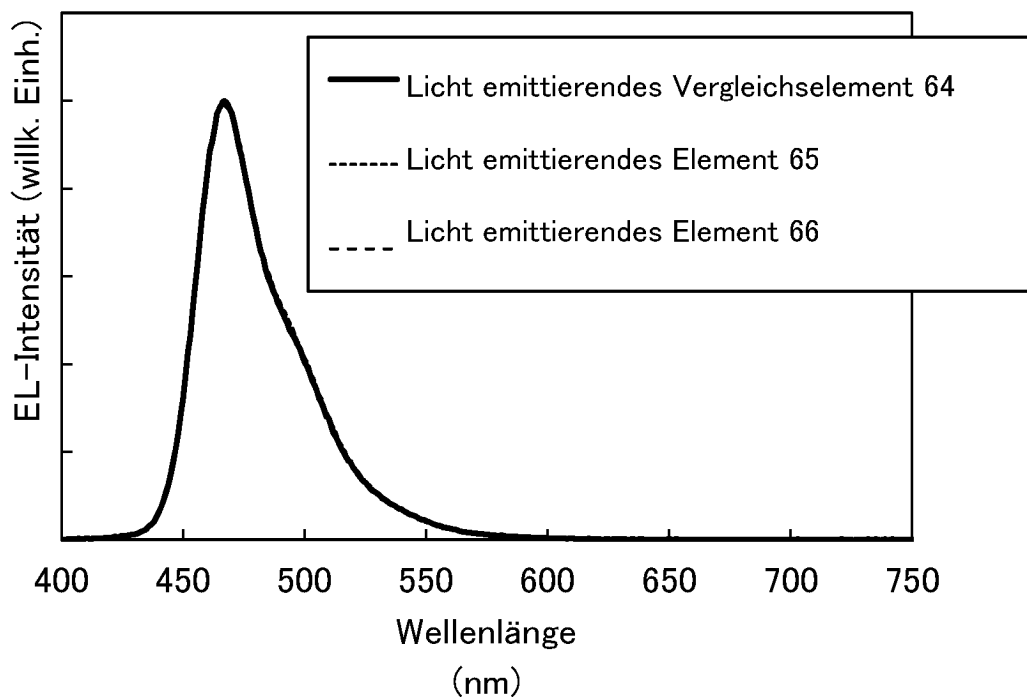


FIG. 102

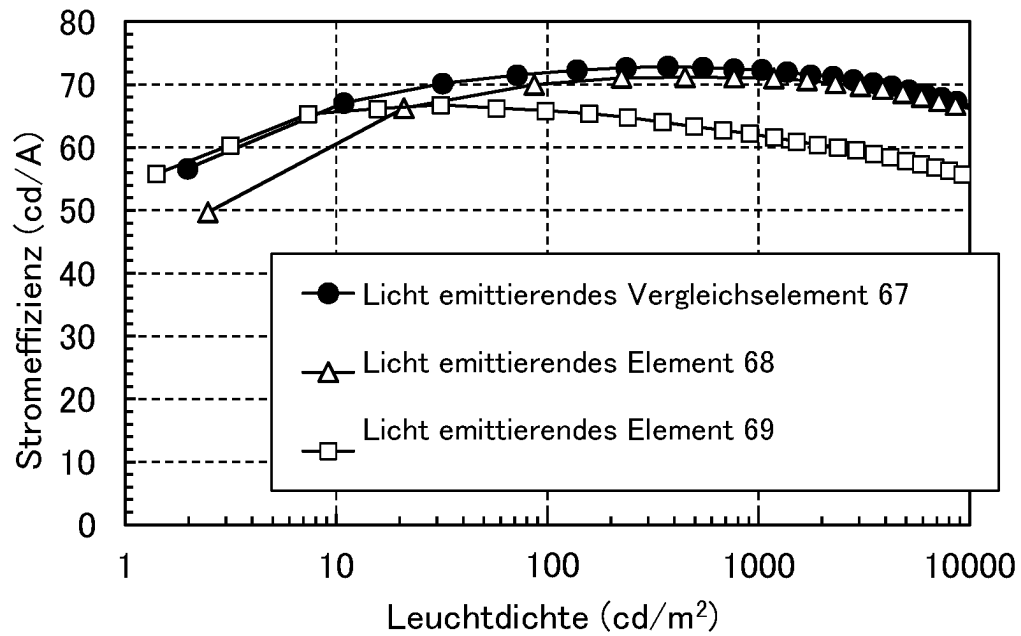


FIG. 103

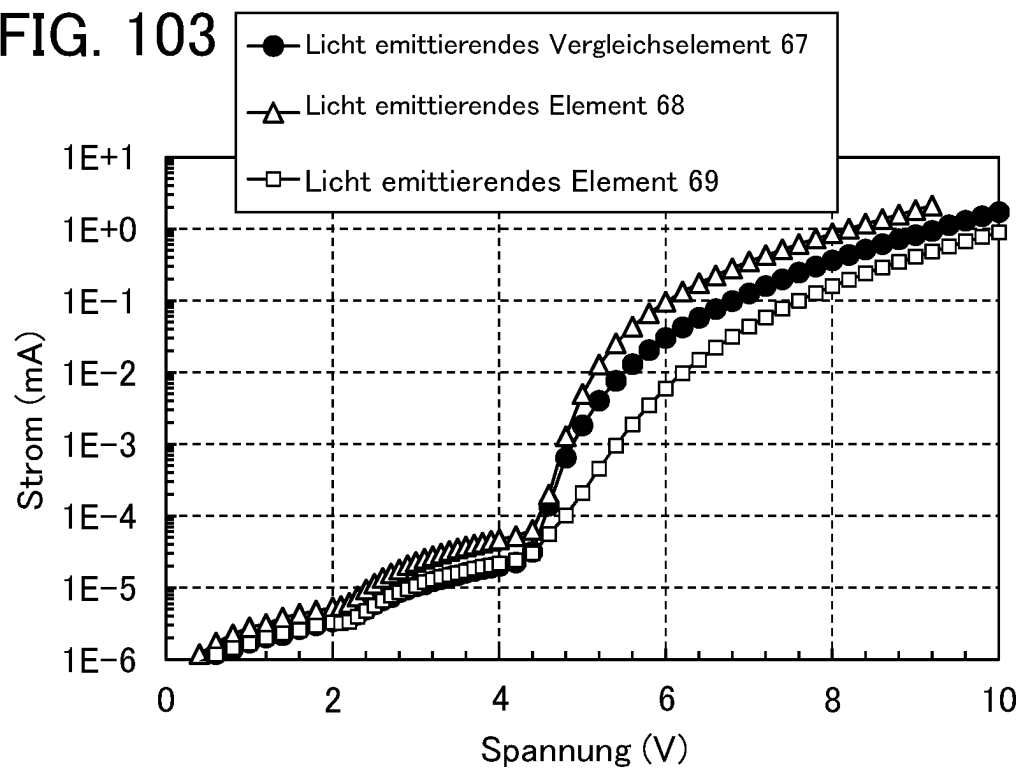


FIG. 104

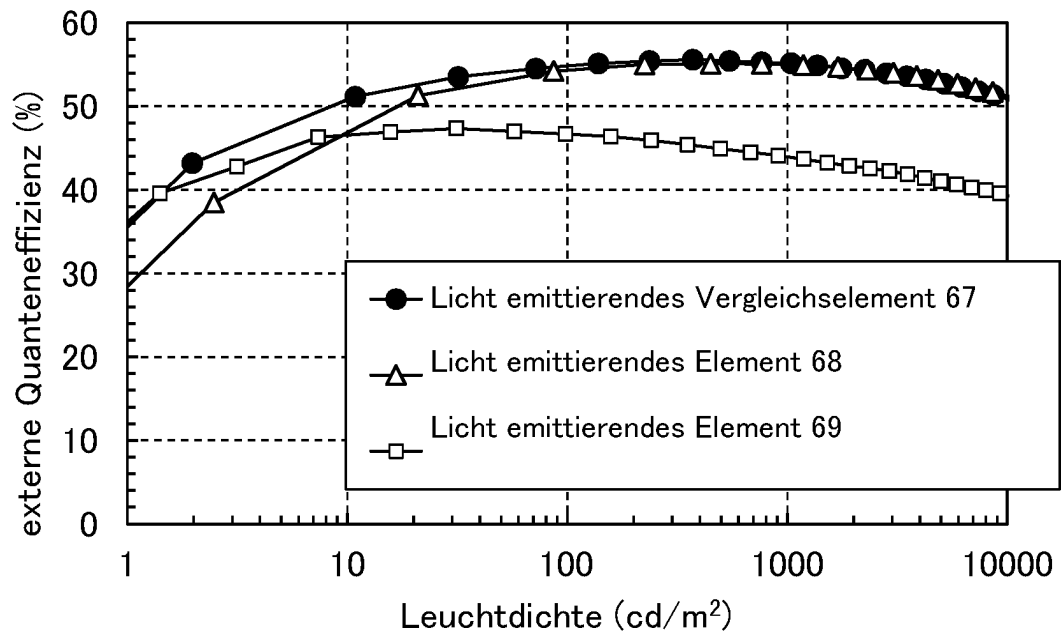


FIG. 105

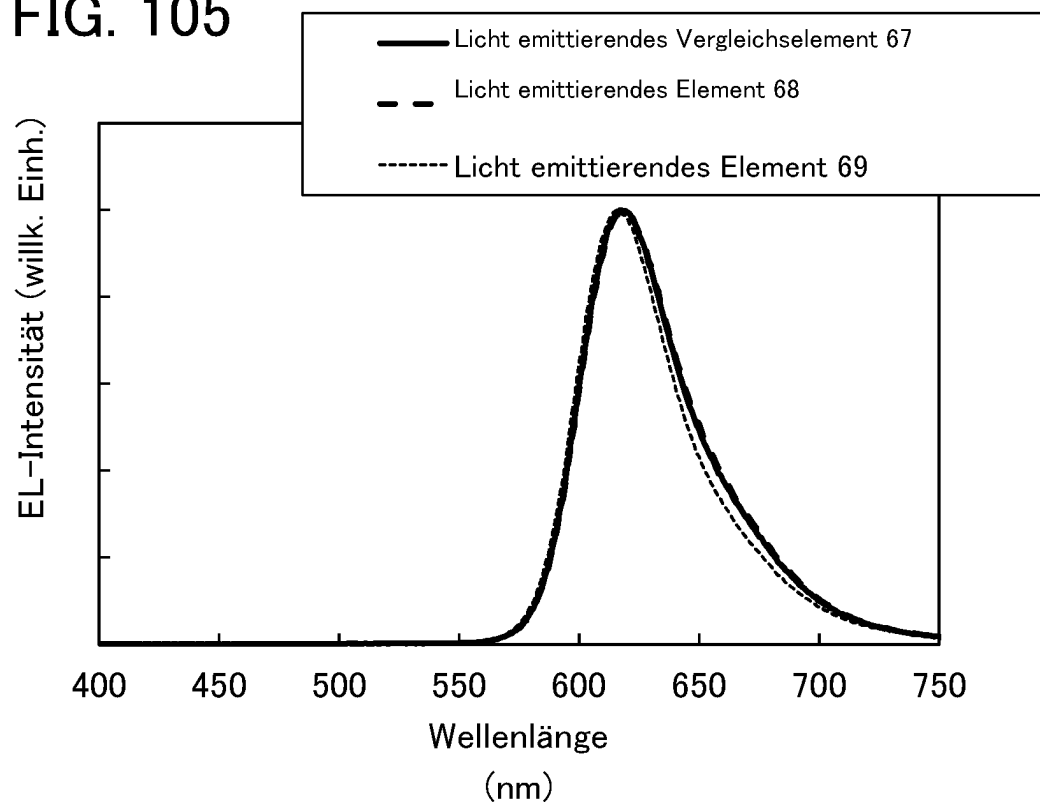


FIG. 106

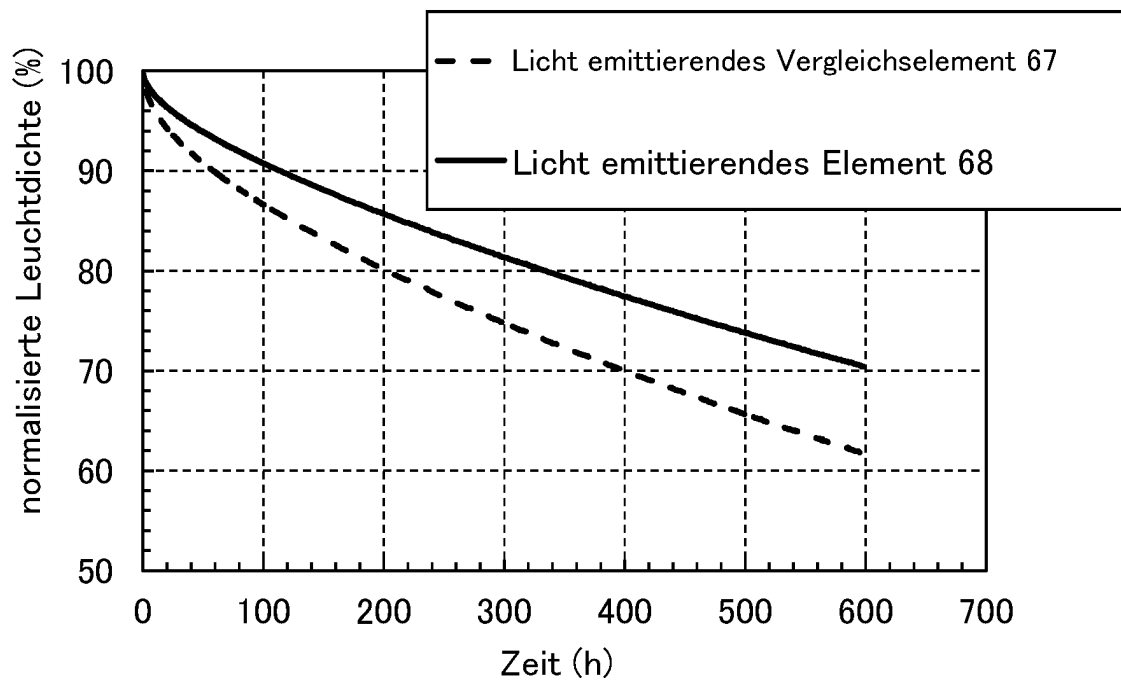


FIG. 107

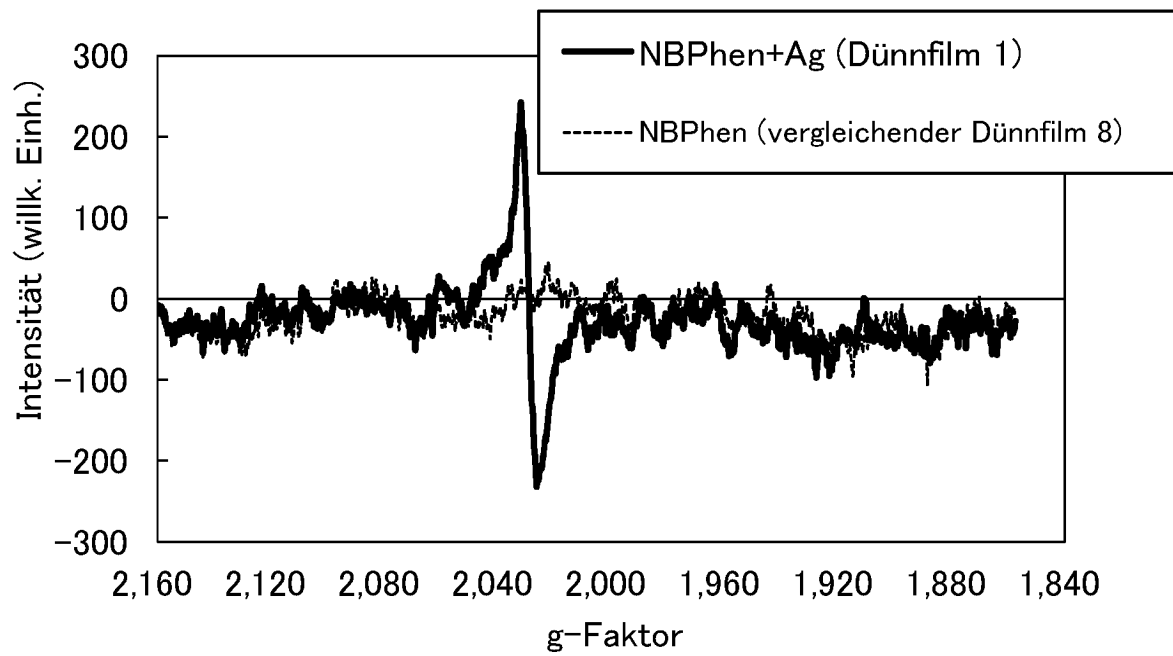


FIG. 108

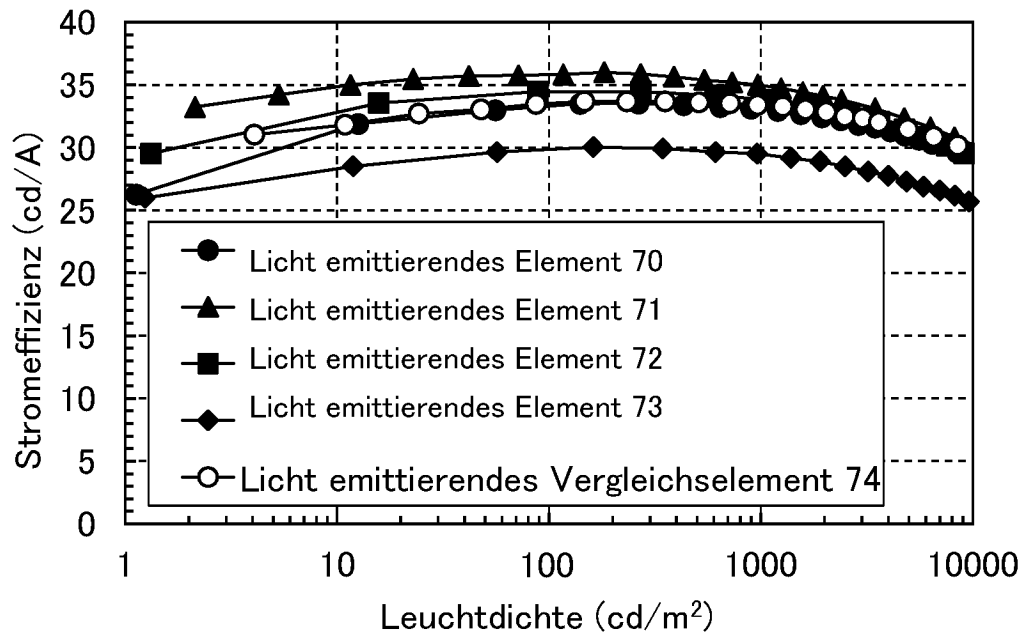


FIG. 109

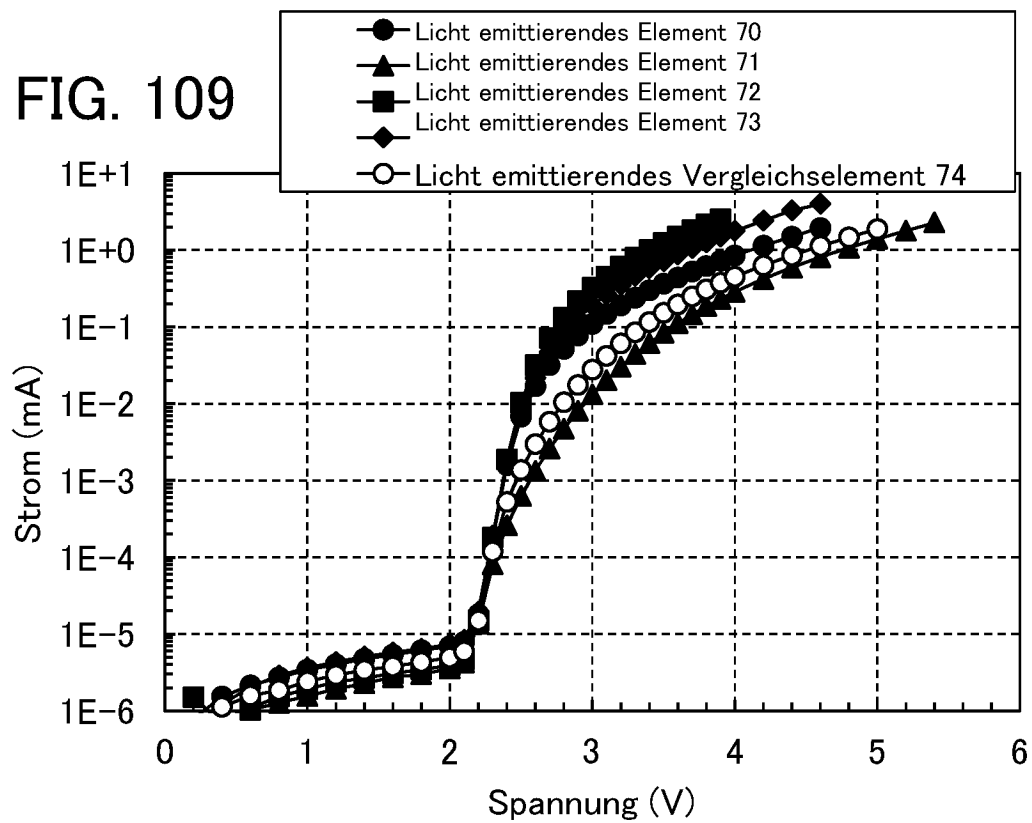


FIG. 110

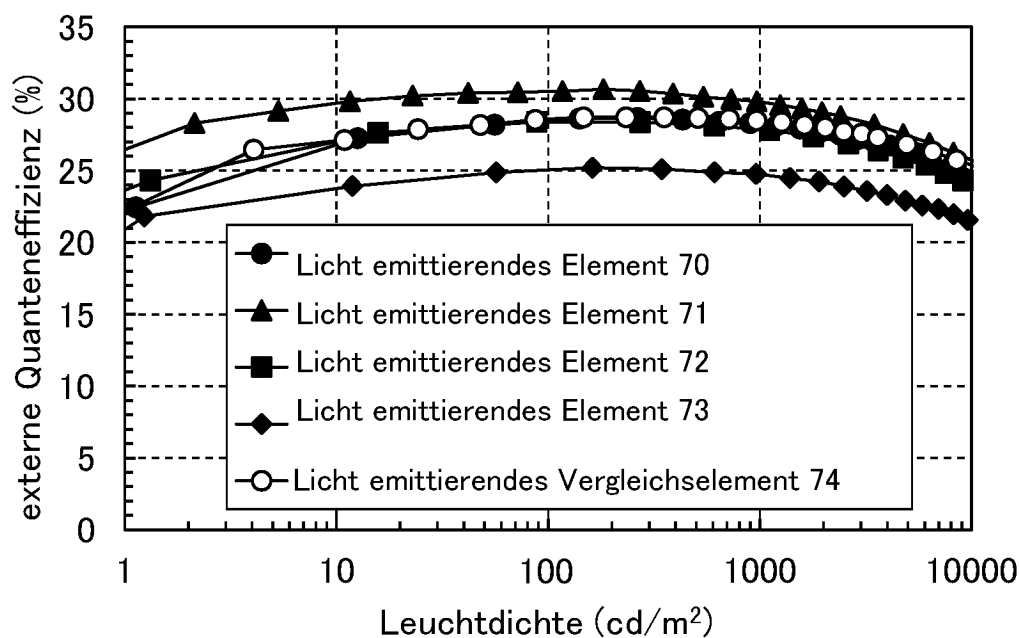


FIG. 111

