



(10) **DE 11 2014 005 483 B4** 2022.01.20

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 005 483.6**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2014/066182**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/083025**  
(86) PCT-Anmeldetag: **20.11.2014**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **11.06.2015**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **18.08.2016**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **20.01.2022**

(51) Int Cl.: **H01L 51/50 (2006.01)**  
**H01L 51/52 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:

<b>2013-249486</b>	<b>02.12.2013</b>	<b>JP</b>
<b>2014-097803</b>	<b>09.05.2014</b>	<b>JP</b>
<b>2014-180913</b>	<b>05.09.2014</b>	<b>JP</b>

(74) Vertreter:

**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,**  
**80802 München, DE**

(62) Teilung in:

**11 2014 007 369.5; 11 2014 007 323.7**

(72) Erfinder:

**Ohsawa, Nobuharu, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,**  
**JP; Nonaka, Yusuke, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,**  
**JP; Ishisone, Takahiro, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,**  
**JP; Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;**  
**Kawata, Takuya, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

(73) Patentinhaber:

**SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO.,**  
**LTD., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

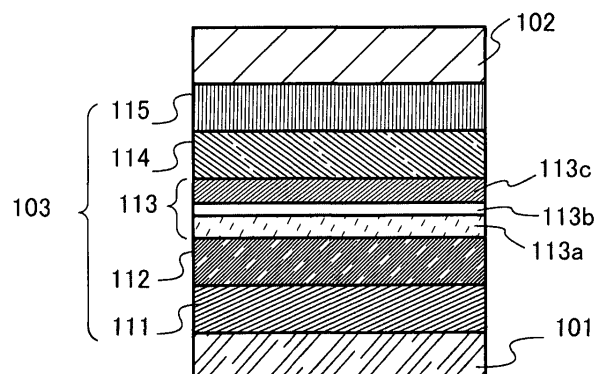
**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Licht emittierendes Element, Anzeigemodul, Beleuchtungsmodul, Licht emittierende Vorrichtung, Anzeigevorrichtung, elektronisches Gerät und Beleuchtungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Licht emittierendes Element, das umfasst:

ein Paar von Elektroden (101; 102); und  
eine EL-Schicht (103) zwischen dem Paar von Elektroden (101; 102),  
wobei die EL-Schicht (103) eine erste Licht emittierende Schicht (113a), eine zweite Licht emittierende Schicht (113c) und eine zwischen der ersten Licht emittierenden Schicht (113a) und der zweiten Licht emittierenden Schicht (113c) angeordnete erste Schicht (113b) umfasst,  
wobei ein Emissionsspektrum der ersten Licht emittierenden Schicht (113a) in einem kürzeren Wellenlängenbereich angeordnet ist als ein Emissionsspektrum der zweiten Licht emittierenden Schicht (113c),  
wobei die erste Licht emittierende Schicht (113a) eine Fluoreszenzsubstanz und ein Wirtsmaterial umfasst,  
wobei die zweite Licht emittierende Schicht (113c) eine Substanz, die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann, eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung umfasst,  
wobei die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung einen ersten Exciplex bilden,  
wobei die erste Schicht (113b) eine Substanz mit einer

Lochtransporteigenschaft und eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft umfasst,  
wobei die erste organische Verbindung die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft ist und die zweite organische Verbindung die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ist, und  
wobei ein Triplett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials niedriger ist als ein Triplett-Anregungsniveau der ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2003 / 0 091 862</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2011 / 0 082 296</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2012 / 0 235 127</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2013 / 0 240 851</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2015 / 0 069 352</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>5 281 489</b>	<b>A</b>
<b>WO</b>	<b>2012/ 111 579</b>	<b>A9</b>
<b>KR</b>	<b>10 2013 0 115 027</b>	<b>A</b>

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Licht emittierendes Element, das eine organische Verbindung als Licht emittierende Substanz enthält, ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Anzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Vorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung.

### Stand der Technik

**[0002]** In den letzten Jahren wird intensiv an der Forschung und der Entwicklung eines Licht emittierenden Elements (eines organischen EL-Elements) gearbeitet, bei dem eine organische Verbindung verwendet wird und Elektrolumineszenz (EL) genutzt wird. Bei einer grundlegenden Struktur eines solchen Licht emittierenden Elements ist eine organische Verbindungsschicht, die eine Licht emittierende Substanz enthält (eine EL-Schicht), zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet. Durch Anlegen einer Spannung an das Element kann Licht von der Licht emittierenden Substanz emittiert werden.

**[0003]** Das Licht emittierende Element ist ein selbstleuchtendes Element und weist demzufolge Vorteile darin, dass die Sichtbarkeit eines Pixels höher ist als diejenige einer Flüssigkristallanzeige und dass keine Hintergrundbeleuchtung notwendig ist, und es wird angenommen, dass das Element für ein Flachbildschirmanzeigeelement geeignet ist. Zusätzlich ist auch ein großer Vorteil, dass eine Anzeige, die das Licht emittierende Element beinhaltet, als dünne und leichte Anzeige hergestellt werden kann und eine sehr schnelle Ansprechzeit aufweist.

**[0004]** Das Licht emittierende Element kann planare Lichtemission bereitstellen. Diese Besonderheit ist mit punktförmigen Lichtquellen, wie typischerweise Glühlampen und LEDs, oder linearen Lichtquellen, wie typischerweise Fluoreszenzlampen, schwierig zu erreichen. Daher weist das Licht emittierende Element ein großes Potential als Lichtquelle auf, die auf eine Beleuchtungsvorrichtung und dergleichen anwendbar ist.

**[0005]** Bei einem solchen organischen EL-Element werden Elektronen von einer Kathode und Löcher von einer Anode in eine EL-Schicht injiziert. Durch Rekombination der injizierten Elektronen und Löcher wird die organische Verbindung mit einer Licht emittierenden Eigenschaft angeregt und stellt Lichtemission bereit.

**[0006]** Der Anregungszustand einer organischen Verbindung kann ein Singulett-Anregungszustand oder ein Triplett-Anregungszustand sein. Lichtemission vom Singulett-Anregungszustand ( $S^*$ ) wird als Fluoreszenz bezeichnet, und Lichtemission vom Triplett-Anregungszustand ( $T^*$ ) wird als Phosphoreszenz bezeichnet. Man geht davon aus, dass das statistische Erzeugungsverhältnis der Anregungszustände bei dem Licht emittierenden Element  $S^*:T^* = 1:3$  beträgt.

**[0007]** Bei einer Verbindung, die Licht vom Singulett-Anregungszustand emittiert (nachstehend als Fluoreszenzsubstanz bezeichnet), wird im Allgemeinen bei Raumtemperatur keine Phosphoreszenz beobachtet, während nur Fluoreszenz beobachtet wird. Daher nimmt man an, dass die interne Quantenausbeute (das Verhältnis der erzeugten Photonen zu den injizierten Ladungsträgern) eines Licht emittierenden Elements, bei dem eine Fluoreszenzsubstanz verwendet wird, eine theoretische Grenze von 25 % aufweist, basierend auf dem Verhältnis von  $S^*$  zu  $T^*$ , das 1:3 beträgt.

**[0008]** Im Gegensatz dazu kann bei einer Verbindung, die Licht vom Triplett-Anregungszustand emittiert (nachstehend als Phosphoreszenzverbindung bezeichnet), Phosphoreszenz bei normaler Temperatur beobachtet werden. Da bei einer Phosphoreszenzverbindung leicht ein Intersystem-Crossing (eine Übertragung der Anregungsenergie vom Singulett-Anregungszustand auf den Triplett-Anregungszustand) auftritt, kann die interne Quantenausbeute theoretisch auf 100 % erhöht werden. Das heißt, dass ein Licht emittierendes Element, bei dem eine Phosphoreszenzsubstanz verwendet wird, eine höhere Emissionseffizienz aufweisen kann als ein Licht emittierendes Element, bei dem eine Fluoreszenzsubstanz verwendet wird. Infolgedessen werden Licht emittierende Elemente, bei denen Phosphoreszenzverbindungen verwendet werden, zurzeit aktiv entwickelt, um hocheffiziente Licht emittierende Elemente zu erhalten.

**[0009]** Ein weißes Licht emittierendes Element, das in Patentdokument 1 offenbart ist, beinhaltet einen Licht emittierenden Bereich, der mehrere Arten von Licht emittierenden Dotierstoffen, die Phosphoreszenz emittieren, enthält. Ein Element, das in Patentdokument 2 offenbart ist, beinhaltet eine Zwischenschicht (eine

Ladungserzeugungsschicht) zwischen einer Fluoreszenzschicht und einer Phosphoreszenzschicht (d. h., es handelt sich bei dem Element um ein sogenanntes Tandemelement). Weitere Beispiele Licht emittierender Elemente mit mehreren Licht emittierenden Dotierstoffen sind in den Patentdokumenten 2 bis 9 offenbart.

[Referenz]

Patentdokument 1: Japanische Übersetzung JP 2004 - 522 276 A der internationalen PCT-Anmeldung WO 2002/ 091 814 A2

Patentdokument 2: JP 2006-120689 A

Patentdokument 3: WO 2012/ 111 579 A9

Patentdokument 4: US 2013/0240851 A1

Patentdokument 5: US 2011/0082296 A1

Patentdokument 6: US 2003/0091862 A1

Patentdokument 7: US 5 281 489 A

Patentdokument 8: KR 10 2013 0 115 027 A

Patentdokument 9: US 2012/0235127 A1

Offenbarung der Erfindung

**[0010]** Als mehrfarbiges Licht emittierendes Element, wie typischerweise weißes Licht emittierendes Element, wird, wie in Patentdokument 2, ein Element, das eine Fluoreszenzschicht (eine Schicht, die Licht mit einer kurzen Wellenlänge emittiert), eine Phosphoreszenzschicht (eine Schicht, die Licht mit einer langen Wellenlänge emittiert) und eine Zwischenschicht (eine Ladungserzeugungsschicht) zwischen der Fluoreszenzschicht und der Phosphoreszenzschicht beinhaltet, entwickelt und teilweise in die Praxis umgesetzt. Dieses Element weist eine Struktur auf, bei der zwei Licht emittierende Elemente in Reihe verbunden sind, wobei die Zwischenschicht dazwischen liegt.

**[0011]** Bei dieser Struktur wird Fluoreszenz als Licht mit einer kurzen Wellenlänge verwendet, das ein Problem der Lebensdauer hat, und wird Phosphoreszenz als Licht mit einer langen Wellenlänge verwendet. Mit dieser Struktur kann ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element mit stabilen Eigenschaften erzielt werden, obwohl seine Emissionseffizienz niedriger ist als diejenige eines Elements, bei dem Phosphoreszenz als Licht mit einer langen Wellenlänge und als Licht mit einer kurzen Wellenlänge verwendet wird.

**[0012]** Das mehrfarbige Licht emittierende Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, hat eine hohe Zuverlässigkeit und ist zur Praxis geeignet; im Gegensatz dazu muss um eines einzigen Licht emittierenden Elements willen eine größere Anzahl von Filmen ausgebildet werden, was verhindert, dass das Licht emittierende Element in die Praxis umgesetzt wird.

**[0013]** Es gibt mehrere Gründe zum Bereitstellen der Zwischenschicht zwischen der Phosphoreszenzschicht und der Fluoreszenzschicht bei dem mehrfarbigen Element. Einer der Gründe ist, die von der Fluoreszenzschicht erregte Löschung der Phosphoreszenz zu vermeiden.

**[0014]** Bei der Fluoreszenzschicht wird eine Substanz mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst (insbesondere einem kondensierten aromatischen Kohlenwasserstoffringgerüst), wie typischerweise Anthracen, oft als Wirtsmaterial verwendet. Das liegt daran, dass dann, wenn die Substanz mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst als Wirtsmaterial der Fluoreszenzschicht verwendet wird, ein Licht emittierendes Element mit vorteilhaften Eigenschaften stets erhalten werden kann; im Gegenteil dazu weist eine Substanz mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst im Allgemeinen einen Nachteil, nämlich ein niedriges Triplett-Niveau auf. Dementsprechend wird in dem Fall, in dem die Fluoreszenzschicht in Kontakt mit einer Phosphoreszenzschicht ausgebildet wird, die Triplett-Anregungsenergie, die in der Phosphoreszenzschicht erzeugt wird, auf das Triplett-Niveau des Wirtsmaterials in der Fluoreszenzschicht übertragen und gelöscht. Da ein Triplett-Exziton eine lange Lebensdauer aufweist, ist die Diffusionslänge des Exzitons lang, und die in der Phosphoreszenzschicht erzeugte Anregungsenergie sowie die an der Grenzfläche zwischen der Fluoreszenzschicht und der Phosphoreszenzschicht erzeugte Anregungsenergie werden durch das Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht gelöscht. Daher erfolgt eine deutliche Verringerung der Emissionseffizienz.

**[0015]** Die oben beschriebenen Probleme werden gelöst, indem ein Wirtsmaterial mit hoher Triplett-Anregungsenergie für die Fluoreszenzschicht verwendet wird. In diesem Fall ist jedoch die Singulett-Anregungsenergie des Wirtsmaterials höher als die Triplett-Anregungsenergie, so dass eine Energiedifferenz zwischen der Singulett-Anregungsenergie des Wirtsmaterials und der Singulett-Anregungsenergie eines Fluoreszenz-Dotierstoffs zu groß wird und daher Energie von dem Wirtsmaterial auf den Fluoreszenz-Dotierstoff nicht ausreichend übertragen wird. Dies ergibt eine ungenügende Emissionseffizienz in der Fluoreszenzschicht. Als Ergebnis wird nichtstrahlender Zerfall (non-radiative decay) des Wirtsmaterials beschleunigt, so dass sich die Eigenschaften (insbesondere die Lebensdauer) des Elements in einigen Fällen verschlechtern. Wenn die Singulett-Anregungsenergie des Wirtsmaterials höher ist, ist die HOMO-LUMO-Lücke des Wirtsmaterials zwangsläufig groß, was zum Anstieg der Betriebsspannung führt.

**[0016]** Angesichts des Obigen ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein neuartiges Licht emittierendes Element bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt und zur Praxis geeignet ist. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt, eine kleine Anzahl von Herstellungsschritten infolge einer relativ kleinen Anzahl von auszubildenden Schichten aufweist und zur Praxis geeignet ist.

**[0017]** Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt und eine hohe Emissionseffizienz aufweist.

**[0018]** Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt, eine relativ kleine Anzahl von auszubildenden Schichten aufweist, zur Praxis geeignet ist und eine hohe Emissionseffizienz aufweist. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein neuartiges Licht emittierendes Element bereitzustellen.

**[0019]** Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung bereitzustellen, die mit geringen Kosten hergestellt werden können, indem das Licht emittierende Element verwendet wird.

**[0020]** Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung bereitzustellen, die einen verringerten Stromverbrauch aufweisen, indem das Licht emittierende Element verwendet wird.

**[0021]** Es ist lediglich erforderlich, dass bei der vorliegenden Erfindung mindestens eine der oben beschriebenen Aufgaben erfüllt wird.

**[0022]** Die oben beschriebenen Aufgaben können durch ein Licht emittierendes Element erfüllt werden, welches die folgenden Merkmale aufweist.

**[0023]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das ein Paar von Elektroden und eine zwischen dem Paar von Elektroden angeordnete EL-Schicht beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst mindestens eine erste Licht emittierende Schicht, eine zweite Licht emittierende Schicht und eine zwischen der ersten und der zweiten Licht emittierenden Schicht angeordnete erste Schicht (Trennschicht). Das Emissionsspektrum der ersten Licht emittierenden Schicht ist in dem kürzeren Wellenlängenbereich angeordnet als das Emissionsspektrum der zweiten Licht emittierenden Schicht. Die erste Licht emittierende Schicht enthält mindestens eine Fluoreszenzsubstanz und ein Wirtsmaterial. Die zweite Licht emittierende Schicht enthält mindestens eine Substanz, die die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann, eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung bilden einen Exciplex. Die erste Schicht umfasst eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft, wobei die erste organische Verbindung die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft ist und die zweite organische Verbindung die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ist. Des Weiteren ist ein Triplett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials niedriger als ein Triplett-Anregungsniveau der Substanz mit einer

Lochtransporteigenschaft und ein Triplett-Anregungsniveau der Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft

**[0024]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die Dicke der Trennschicht größer als 0 nm und kleiner als oder gleich 20 nm ist.

**[0025]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die Dicke der Trennschicht größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm ist.

**[0026]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der Energie von dem ersten Exciplex auf die Substanz übertragen wird, die die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann.

**[0027]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der das Singulett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials höher ist als das Singulett-Anregungsniveau der Fluoreszenzsubstanz und das Triplett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials niedriger ist als das Triplett-Anregungsniveau der Fluoreszenzsubstanz.

**[0028]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der das Wirtsmaterial eine organische Verbindung mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst ist.

**[0029]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der das Wirtsmaterial eine organische Verbindung mit einem Anthracengerüst ist.

**[0030]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der das Wirtsmaterial eine organische Verbindung mit einem Anthracengerüst ist und die Fluoreszenzsubstanz eine organische Verbindung mit einem Pyrengerüst ist.

**[0031]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die zweite Licht emittierende Schicht n Schichten (n ist eine ganze Zahl von 2 oder mehr) umfasst, und die n Schichten n Arten von Substanzen mit unterschiedlichen Emissionsspektren enthalten, die die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln können.

**[0032]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die zweite Licht emittierende Schicht eine erste Phosphoreszenzsubstanz und eine zweite Phosphoreszenzsubstanz mit unterschiedlichen Emissionsspektren als Substanz enthält, die die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann.

**[0033]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die erste Phosphoreszenzsubstanz Licht in einem roten Bereich emittiert, die zweite Phosphoreszenzsubstanz Licht in einem grünen Bereich emittiert und die Fluoreszenzsubstanz Licht in einem blauen Bereich emittiert.

**[0034]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die erste Phosphoreszenzsubstanz einen Peak des Emissionsspektrums von 580 nm bis 680 nm aufweist, die zweite Phosphoreszenzsubstanz einen Peak des Emissionsspektrums von 500 nm bis 560 nm aufweist, und die Fluoreszenzsubstanz einen Peak des Emissionsspektrums von 400 nm bis 480 nm aufweist.

**[0035]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die zweite Licht emittierende Schicht eine erste Phosphoreszenzschicht und eine zweite Phosphoreszenzschicht umfasst, die erste Phosphoreszenzschicht die erste Phosphoreszenzsubstanz enthält, und die zweite Phosphoreszenzschicht die zweite Phosphoreszenzsubstanz enthält.

**[0036]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die erste Phosphoreszenzsubstanz eine Ladungsträgereinfangeneigenschaft in der ersten Phosphoreszenzschicht aufweist.

**[0037]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das die oben beschriebene Struktur aufweist, bei der die Ladungsträgereinfangeneigenschaft eine Elektroneneinfangeneigenschaft ist.

**[0038]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Anzeigemodul, das eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente beinhaltet.

**[0039]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Beleuchtungsmodul, das eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente beinhaltet.

**[0040]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente und eine Einheit zum Steuern des Licht emittierenden Elements beinhaltet.

**[0041]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Anzeigevorrichtung, die eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente in einem Anzeigeabschnitt und eine Einheit zum Steuern des Licht emittierenden Elements beinhaltet.

**[0042]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Beleuchtungsvorrichtung, die eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente in einem Beleuchtungsabschnitt und eine Einheit zum Steuern des Licht emittierenden Elements beinhaltet.

**[0043]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein elektronisches Gerät, das eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente beinhaltet.

**[0044]** Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung in ihrer Kategorie eine Bildanzeigevorrichtung umfasst, bei der ein Licht emittierendes Element verwendet wird. Die Kategorie der Licht emittierenden Vorrichtung in dieser Beschreibung umfasst ein Modul, bei dem ein Licht emittierendes Element mit einem Verbindungselement, wie z. B. einem anisotropen leitenden Film oder einem Tape Carrier Package (TCP), versehen ist; ein Modul mit einem TCP, an dessen Ende eine gedruckte Leiterplatte bereitgestellt ist; und ein Modul, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) durch ein Chip-on-Glass- (COG-) Verfahren direkt an einem Licht emittierenden Element montiert ist. Des Weiteren umfasst die Kategorie eine Licht emittierende Vorrichtung, die in Beleuchtungsvorrichtungen oder dergleichen verwendet wird.

**[0045]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein neuartiges Licht emittierendes Element bereitgestellt werden.

**[0046]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt, eine relativ kleine Anzahl von auszubildenden Schichten aufweist und zur Praxis geeignet ist.

**[0047]** Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt und eine hohe Emissionseffizienz aufweist.

**[0048]** Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das Fluoreszenz und Phosphoreszenz nutzt, eine relativ kleine Anzahl von auszubildenden Schichten aufweist, zur Praxis geeignet ist und eine hohe Emissionseffizienz aufweist.

**[0049]** Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung bereitgestellt werden, die mit geringen Kosten hergestellt werden können, indem eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente verwendet wird.

**[0050]** Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung bereitgestellt werden, die einen verringerten Stromverbrauch aufweisen, indem eines der oben beschriebenen Licht emittierenden Elemente verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Wirkungen dem Vorhandensein weiterer Wirkungen nicht im Wege steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung muss nicht unbedingt alle oben genannten Wirkungen erzielen. Weitere Wirkungen sind ersichtlich aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen und können davon abgeleitet werden.

#### Figurenliste

- Fig. 1A** und **Fig. 1B** sind konzeptuelle Schemata von Licht emittierenden Elementen.
- Fig. 2A** und **Fig. 2B** sind konzeptuelle Schemata einer Licht emittierenden Aktivmatrix-Vorrichtung.
- Fig. 3A** und **Fig. 3B** sind konzeptuelle Schemata von Licht emittierenden Aktivmatrix-Vorrichtungen.
- Fig. 4** ist ein konzeptuelles Schema einer Licht emittierenden Aktivmatrix-Vorrichtung.
- Fig. 5A** und **Fig. 5B** sind konzeptuelle Schemata einer Licht emittierenden Passivmatrix-Vorrichtung.
- Fig. 6A** und **Fig. 6B** stellen eine Beleuchtungsvorrichtung dar.
- Fig. 7A** bis **Fig. 7D** stellen elektronische Geräte dar.
- Fig. 8** stellt eine Lichtquellenvorrichtung dar.
- Fig. 9** stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar.
- Fig. 10** stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar.
- Fig. 11** stellt Anzeigevorrichtungen und Beleuchtungsvorrichtungen im Fahrzeug dar.
- Fig. 12A** bis **Fig. 12C** stellen ein elektronisches Gerät dar.
- Fig. 13** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen 1 bis 4.
- Fig. 14** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.
- Fig. 15** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.
- Fig. 16** zeigt die Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.
- Fig. 17** zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.
- Fig. 18** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften eines Licht emittierenden Elements 5.
- Fig. 19** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 5.
- Fig. 20** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 5.
- Fig. 21** zeigt die Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 5.
- Fig. 22** zeigt das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 5.
- Fig. 23** zeigt die Leuchtdichte-CIE-Chromatizität-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 5.
- Fig. 24** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Elementen 6 und 7 gemäß einem Vergleichsbeispiel.
- Fig. 25** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7 gemäß einem Vergleichsbeispiel.
- Fig. 26** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7 gemäß einem Vergleichsbeispiel.
- Fig. 27** zeigt die Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7 gemäß einem Vergleichsbeispiel.

**Fig. 28** zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 6 und 7 gemäß einem Vergleichsbeispiel.

**Fig. 29** zeigt das Emissionsspektrum eines Licht emittierenden Elements 8.

**Fig. 30** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften eines Licht emittierenden Elements 9.

**Fig. 31** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9.

**Fig. 32** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9.

**Fig. 33** zeigt die Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9.

**Fig. 34** zeigt das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 9.

**Fig. 35** zeigt die Leuchtdichte-Leistungseffizienz-Eigenschaften einer Beleuchtungsvorrichtung im Beispiel 5.

#### Beste Methode zum Durchführen der Erfindung

**[0051]** Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt ist, und von einem Fachmann wird leicht verstanden, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen durchgeführt werden können, ohne sich von dem Geist und dem Umfang der vorliegenden Erfindung zu entfernen. Daher sollte die Erfindung nicht so ausgelegt werden, dass sie auf die Beschreibung bei den folgenden Ausführungsformen beschränkt ist.

**[0052]** **Fig. 1A** ist ein Schema, das ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Das Licht emittierende Element beinhaltet mindestens ein Paar von Elektroden (eine erste Elektrode 101 und eine zweite Elektrode 102) und die EL-Schicht 103, die eine Licht emittierende Schicht 113 umfasst.

**[0053]** Die Licht emittierende Schicht 113 weist eine mehrschichtige Struktur auf, bei der die erste Licht emittierende Schicht 113a, die Trennschicht 113b und die zweite Licht emittierende Schicht 113c in dieser Reihenfolge und in Kontakt miteinander angeordnet sind.

**[0054]** **Fig. 1A** stellt auch eine Lochinjektionsschicht 111, eine Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 114 und eine Elektroneninjectionsschicht 115 in der EL-Schicht 103 dar. Jedoch ist diese mehrschichtige Struktur ein Beispiel, und die Struktur der EL-Schicht 103 bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 1A** die erste Elektrode 101 als Anode dient und die zweite Elektrode 102 als Kathode dient.

**[0055]** Die erste Licht emittierende Schicht 113a enthält eine Fluoreszenzsubstanz und ein Wirtsmaterial. Die zweite Licht emittierende Schicht 113c enthält eine erste organische Verbindung, eine zweite organische Verbindung und eine Phosphoreszenzverbindung. Bei der Licht emittierenden Schicht mit dieser Struktur bildet eine Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung einen ersten Exciplex.

**[0056]** Diese Struktur ermöglicht, dass Licht, das von der Fluoreszenzsubstanz stammt, von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a effizient emittiert wird und Licht, das von der Phosphoreszenzsubstanz stammt, von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c effizient emittiert wird. Es sei angemerkt, dass selbst dann, wenn das Licht emittierende Element keine Ladungserzeugungsschicht zwischen der ersten Licht emittierenden Schicht 113a und der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c beinhaltet (d. h. wenn das Licht emittierende Element kein Tandemelement ist), sowohl Fluoreszenz als auch Phosphoreszenz effizient erhalten werden können.

**[0057]** Wenn eine Fluoreszenzschicht und eine Phosphoreszenzschicht in derselben EL-Schicht enthalten sind, wobei sie nicht durch eine Ladungserzeugungsschicht getrennt sind, und Licht emittieren, wird im Allgemeinen die Emissionseffizienz bedeutend verringert. Ein Grund dafür ist wie folgt: Die Triplett-Anregungsenergie eines Wirtsmaterials der Fluoreszenzschicht ist niedrig, weil eine Substanz mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst (insbesondere einem kondensierten aromatischen Kohlenwasserstoffringgerüst), wie typischerweise Anthracen, im Allgemeinen als Wirtsmaterial verwendet wird, und die in der Phosphoreszenzschicht erzeugte Triplett-Anregungsenergie wird auf die Fluoreszenzschicht übertragen, was zum nichts-

trahlenden Zerfall führt. Augenblicklich ist es schwer, eine erwünschte Emissionswellenlänge, vorteilhafte Elementeigenschaften oder eine hohe Zuverlässigkeit zu erzielen, ohne eine Substanz mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst für die Fluoreszenzschicht zu verwenden; daher ist es schwer, vorteilhafte Eigenschaften bei einem Licht emittierenden Element mit der Struktur zu erzielen, bei der die Fluoreszenzschicht und die Phosphoreszenzschicht in derselben EL-Schicht enthalten sind.

**[0058]** Da ein Triplett-Anregungszustand eine lange Relaxationszeit aufweist, ist die Diffusionslänge eines Exzitons lang, und die meisten der Exzitonen, die in der Phosphoreszenzschicht erzeugt werden, werden infolge der Diffusion auf die Fluoreszenzschicht übertragen, und nichtstrahlender Zerfall der Exzitonen erfolgt. Dies macht das Problem größer.

**[0059]** Augenblicklich ist es schwer, eine erwünschte Emissionswellenlänge, vorteilhafte Elementeigenschaften oder eine hohe Zuverlässigkeit zu erzielen, indem ein Material mit keinem kondensierten aromatischen Ringgerüst verwendet wird. Deshalb ist es schwer, vorteilhafte Eigenschaften bei einem Licht emittierenden Element zu erzielen, bei dem eine Fluoreszenzschicht und eine Phosphoreszenzschicht zueinander benachbart ausgebildet sind.

**[0060]** Bei einem Licht emittierenden Element dieser Ausführungsform bilden die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c einen Exciplex, und die Triplett-Anregungsenergie wird vom Exciplex auf die Phosphoreszenzsubstanz übertragen, so dass Lichtemission erhalten werden kann. Diese Struktur kann die oben beschriebenen Probleme lösen.

**[0061]** Es handelt sich bei einem Exciplex um einen Anregungszustand, der von zwei Arten von Substanzen (der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung) gebildet wird. Nachdem ein Exciplex Energie abgegeben hat, dienen die zwei Arten von Substanzen, die den Exciplex gebildet haben, als ursprüngliche unterschiedliche Substanzen. Mit anderen Worten weist ein Exciplex selbst keinen Grundzustand auf, und es ist daher im Prinzip unwahrscheinlich, dass eine Energieübertragung zwischen Exciplexen oder eine Energieübertragung auf einen Exciplex von einer anderen Substanz auftritt.

**[0062]** Ein Prozess, bei dem eine der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung als Kation und die andere der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung als Anion zueinander benachbart sind und einen Exciplex bilden (ein Electroplex-Prozess), wird als dominant für die Erzeugung des Exciplexes bei dem Licht emittierenden Element angesehen. Selbst wenn eine der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung zu einem Anregungszustand kommt, interagiert die eine schnell mit der anderen der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung, so dass ein Exciplex gebildet wird; daher befinden sich die meisten Exzitonen bei der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c als Exciplexe. Der Exciplex weist eine kleinere Bandlücke auf als die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung. Des Weiteren tritt die Energieübertragung vom Exciplex auf die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung kaum auf, wenn die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung derart ausgewählt werden, dass der Exciplex eine niedrigere Triplett-Anregungsenergie aufweist als mindestens eine (bevorzugt jede) der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung. Zudem tritt, wie oben beschrieben, die Energieübertragung zwischen Exciplexen kaum auf. Folglich wird die Anregungsenergie des Exciplexes auf die Phosphoreszenzsubstanz übertragen und in Lichtemission umgewandelt. Daher tritt eine Diffusion der Exzitonen bei der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c kaum auf. Folglich können die oben beschriebenen Probleme gelöst werden.

**[0063]** In dem Fall, in dem hier die erste Licht emittierende Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht ist, und die zweite Licht emittierende Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht ist, in Kontakt miteinander sind, tritt geringfügig die Energieübertragung von einem Exciplex oder einem Phosphoreszenz-Dotierstoff auf das Wirtsmaterial der ersten Licht emittierenden Schicht 113a (insbesondere eine Triplett-Triplett-Energieübertragung) an dieser Grenzfläche auf. Wie oben beschrieben, ist es unwahrscheinlich, dass Exzitonen der Exciplexe diffundieren, und die Exzitonen werden leicht auf den Phosphoreszenz-Dotierstoff übertragen; daher ist die Beeinflussung der Exzitonen relativ gering. Wenn der Phosphoreszenz-Dotierstoff in Kontakt mit dem Wirtsmaterial der ersten Licht emittierenden Schicht 113a an der Grenzfläche existiert, löscht jedoch das Wirtsmaterial Lichtemission vom Phosphoreszenz-Dotierstoff infolge einer Energieübertragung durch Dexter-Mechanismus in hohem Maße. Dementsprechend wird die Trennschicht 113b zwischen der ersten Licht emittierenden Schicht 113a und der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c bereitgestellt, wodurch

die Energieübertragung an der Grenzfläche zwischen der ersten Licht emittierenden Schicht 113a und der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c unterdrückt werden kann und sowohl Phosphoreszenz als auch Fluoreszenz mit besseren Eigenschaften emittiert werden können.

**[0064]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann dann, wenn die erste Licht emittierende Schicht 113a eine Struktur aufweist, bei der ein Singulett-Anregungszustand durch Triplett-Triplett-Annihilation (T-T-Annihilation, TTA) leicht erzeugt wird, die in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a erzeugte Triplett-Anregungsenergie in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a in Fluoreszenz umgewandelt werden. Dies ermöglicht, dass der Energieverlust des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verringert wird. Damit die Licht emittierende Schicht 113a die Struktur aufweisen kann, bei der der Singulett-Anregungszustand durch TTA leicht erzeugt wird, werden vorzugsweise ein Wirtsmaterial und eine Fluoreszenzsubstanz in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a derart ausgewählt, dass das Singulett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials höher ist als das Singulett-Anregungsniveau der Fluoreszenzsubstanz sowie das Triplett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials niedriger ist als das Triplett-Anregungsniveau der Fluoreszenzsubstanz. Als Kombination aus dem Wirtsmaterial und der Fluoreszenzsubstanz, die sich in einer solchen Beziehung befinden, wird eine Kombination aus einem Material mit einem Anthracengerüst als Wirtsmaterial und einem Material mit einem Pyrengerüst als Fluoreszenzsubstanz oder dergleichen bevorzugt.

**[0065]** Es sei angemerkt, dass dann, wenn die erste Licht emittierende Schicht 113a zu dick ist, die Emission von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c schwer zu erhalten ist. Außerdem ist dann, wenn die erste Licht emittierende Schicht 113a zu dünn ist, die Emission von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a schwer zu erhalten. Aus diesen Gründen ist vorzugsweise die Dicke der ersten Licht emittierenden Schicht 113a größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 20 nm.

**[0066]** In dem Fall, in dem die erste Licht emittierende Schicht 113a auf der Anodenseite ausgebildet wird, weist die erste Licht emittierende Schicht 113a vorzugsweise eine Lochtransporteigenschaft auf. In diesem Fall wird vorzugsweise ein bipolares Material mit einer hohen Lochtransporteigenschaft verwendet. Als solches Material wird ein Material mit einem Anthracengerüst bevorzugt. Darüber hinaus ist dann, wenn die Fluoreszenzsubstanz eine hohe Locheneinfangeigenschaft aufweist (z. B. eine nachstehend beschriebene kondensierte aromatische Aminverbindung verwendet wird), die Konzentration der Fluoreszenzsubstanz bevorzugt niedriger als oder gleich 5 %, stärker bevorzugt höher als oder gleich 1 % und niedriger als oder gleich 4 %, noch stärker bevorzugt höher als oder gleich 1 % und niedriger als oder gleich 3 %, wobei Phosphoreszenz und Fluoreszenz in ausgewogener Weise und mit einer hohen Effizienz erhalten werden können. Es sei angemerkt, dass die Fluoreszenzsubstanz eine Locheneinfangeigenschaft aufweist, wenn das HOMO-Niveau der Fluoreszenzsubstanz höher ist als das HOMO-Niveau des Wirtsmaterials.

**[0067]** Obwohl es keine Beschränkung hinsichtlich der Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c gibt, solange ein Exciplex gebildet werden kann, ist eine organische Verbindung vorzugsweise eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und ist die andere organische Verbindung vorzugsweise eine Substanz mit einer Elektrontransporteigenschaft. In diesem Fall wird ein Donator-Akzeptor-Anregungszustand leicht gebildet, was einen Exciplex sich effizient bilden lässt. In dem Fall, in dem es sich bei der Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung um eine Kombination aus der Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und der Substanz mit einer Elektrontransporteigenschaft handelt, kann das Ladungsträgergleichgewicht (carrier balance) leicht gesteuert werden, indem das Mischverhältnis reguliert wird. Insbesondere beträgt vorzugsweise das Gewichtsverhältnis der Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft zu der Substanz mit einer Elektrontransporteigenschaft 1:9 bis 9:1. Da das Ladungsträgergleichgewicht bei dem Licht emittierenden Element mit der oben beschriebenen Struktur leicht gesteuert werden kann, kann auch ein Rekombinationsbereich leicht reguliert werden. Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist auch eine Besonderheit auf, dass eine Emissionsfarbe reguliert werden kann, indem, wie oben beschrieben, das Ladungsträgergleichgewicht gesteuert wird.

**[0068]** Das Absorptionsband der niedrigsten Energie der Phosphoreszenzsubstanz überlappt mit dem Emissionsspektrum des ersten Exciplexes in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, wodurch die Energieübertragung vom ersten Exciplex auf die Phosphoreszenzsubstanz optimiert wird und das Licht emittierende Element eine vorteilhafte Emissionseffizienz aufweisen kann. Die Differenz zwischen den äquivalenten Energiewerten einer Peakwellenlänge in dem Absorptionsband der niedrigsten Energie der Phosphoreszenzsubstanz und einer Peakwellenlänge des Emissionsspektrums des Exciplexes ist vorzugsweise kleiner als oder gleich 0,2 eV, wobei die Überlappung zwischen dem Absorptionsband und dem Emissionsspektrum groß ist.

Es sei angemerkt, dass das Absorptionsband der niedrigsten Energie der Phosphoreszenzsubstanz vorzugsweise ein Triplett-Absorptionsband ist. In dem Fall, in dem ein thermisch aktiviertes, verzögertes Fluoreszenz- (thermally activated delayed fluorescence, TADF-) Material anstatt der Phosphoreszenzsubstanz verwendet wird, ist vorzugsweise das Absorptionsband der niedrigsten Energie ein Singulett-Absorptionsband.

**[0069]** Bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Substanz in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c eine Substanz, die die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann. In dieser Beschreibung kann der Ausdruck „Phosphoreszenzsubstanz“ durch den Ausdruck „TADF-Material“ ersetzt werden, und der Ausdruck „Phosphoreszenzschicht“ kann durch den Ausdruck „Licht emittierende TADF-Schicht“ ersetzt werden. Das TADF-Material ist eine Substanz, die einen Triplett-Anregungszustand in einen Singulett-Anregungszustand aufwärts wandeln kann (d. h., ein umgekehrtes Intersystem-Crossing ist damit möglich), wobei eine geringe thermische Energie verwendet wird, und emittiert effizient Licht (Fluoreszenz) vom Singulett-Anregungszustand. Die TADF wird unter der Bedingung effizient erhalten, bei der die Differenz zwischen der Energie des Triplett-Anregungsniveaus und der Energie des Singulett-Anregungsniveaus größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV, bevorzugt größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,1 eV ist. Sowohl die Phosphoreszenzsubstanz als auch das TADF-Material sind Substanzen, die die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln können.

**[0070]** Bei dem Licht emittierenden Element dieser Ausführungsform wird vorzugsweise ein Ladungsträgerrekombinationsbereich nicht lokal ausgebildet, sondern in gewissem Umfang verteilt. Dafür weist vorzugsweise jede Licht emittierende Schicht einen angemessenen Grad von Ladungsträgereinfangeigenschaft auf. Bei der Struktur, bei der die erste Licht emittierende Schicht 113a auf der Anodenseite ausgebildet ist und die zweite Licht emittierende Schicht 113c auf der Kathodenseite ausgebildet ist, weist die Fluoreszenzsubstanz in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a vorzugsweise eine Locheneinfangeigenschaft auf, und weist die Phosphoreszenzsubstanz in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c vorzugsweise eine Elektroneneinfangeigenschaft auf. Bei der Struktur, bei der die erste Licht emittierende Schicht 113a auf der Kathodenseite ausgebildet ist und die zweite Licht emittierende Schicht 113c auf der Anodenseite ausgebildet ist, weist die Fluoreszenzsubstanz in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a vorzugsweise eine Elektroneneinfangeigenschaft auf, und weist die Phosphoreszenzsubstanz in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c vorzugsweise eine Locheneinfangeigenschaft auf. Beispiele für eine Substanz, die eine hohe Elektroneneinfangeigenschaft aufweist, umfassen Übergangsmetallkomplexe (z. B. einen Iridiumkomplex und einen Platinkomplex), deren Liganden ein Diazingerüst, wie z. B. ein Pyrimidingerüst oder ein Pyrazingerüst, aufweisen. Es sei angemerkt, dass die Phosphoreszenzsubstanz eine Elektroneneinfangeigenschaft aufweist, wenn das LUMO-Niveau der Phosphoreszenzsubstanz niedriger ist als die LUMO-Niveaus sowohl der ersten organischen Verbindung als auch der zweiten organischen Verbindung.

**[0071]** Die Trennschicht 113b umfasst eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft (erste organische Verbindung) und eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft (zweite organische Verbindung), welche einen Exciplex bilden. Indem das Mischverhältnis der Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft zu der Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft geändert wird, kann, wie bei der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, das Ladungsträgergleichgewicht leicht gesteuert werden, und kann die Emissionsfarbe reguliert werden.

**[0072]** Es wird bevorzugt, dass die Singulett-Anregungsenergie und die Triplett-Anregungsenergie eines Materials, das die Trennschicht 113b bildet, gleich wie oder höher als diejenigen des Wirtsmaterials der ersten Licht emittierenden Schicht 113a sind. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem ein zweiter Exciplex in der Trennschicht 113b gebildet wird, die Singulett-Anregungsenergie und die Triplett-Anregungsenergie des zweiten Exciplexes niedriger sein können als diejenigen des Wirtsmaterials, weil die Energieübertragung auf den Exciplex, wie oben beschrieben, kaum auftritt.

**[0073]** Bei der Struktur einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung befinden sich die meisten Exzitonen in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c als Exciplexe, so dass die Exzitonen kaum diffundieren und der Energieverlust gering ist.

**[0074]** Die in der Trennschicht 113b enthaltene Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ist gleich wie die Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung, die die zweite Licht emittierende Schicht 113c bilden, wodurch ein Anstieg der Betriebsspannung unterdrückt wird. Mit anderen Worten ist der zweite Exciplex, der

in der Trennschicht 113b gebildet wird, gleich wie der erste Exciplex, der in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c gebildet wird.

**[0075]** Es sei angemerkt, dass bei dem Licht emittierenden Element das von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a emittierte Licht vorzugsweise einen Peak auf der kürzeren Wellenlängenseite aufweist als das von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c emittierte Licht. Die Leuchtdichte eines Licht emittierenden Elements, bei dem die Licht mit einer kurzen Wellenlänge emittierende Phosphoreszenzsubstanz verwendet wird, neigt dazu, sich schnell zu verschlechtern. In Anbetracht des Obigen wird die Licht mit einer kurzen Wellenlänge emittierende Fluoreszenzsubstanz verwendet, so dass ein Licht emittierendes Element mit geringerer Verschlechterung der Leuchtdichte bereitgestellt werden kann. Bei diesem Licht emittierenden Element ist lediglich die Trennschicht 113b mit einer Dicke von einigen Nanometern zwischen der ersten Licht emittierenden Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht ist, und der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht ist, bereitgestellt. Deshalb sind die Anzahl und Dicke von Schichten, die die EL-Schicht bilden, bei diesem Licht emittierenden Element kleiner als diejenigen bei einem Tandemelement; daher ist das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kosteneffektiv und geeignet für Massenproduktion. Außerdem ist, wie oben beschrieben, die Anzahl von Schichten, die die EL-Schicht bilden, klein; demzufolge kann die Dicke der EL-Schicht klein sein, und das Licht emittierende Element ist optisch vorteilhaft (z. B. ist die Auskopplungseffizienz hoch). Des Weiteren kann das Licht emittierende Element eine niedrige Betriebsspannung aufweisen und sowohl Fluoreszenz als auch Phosphoreszenz bei einer Betriebsspannung von 5 V oder niedriger effizient bereitstellen.

**[0076]** Darüber hinaus tritt, obwohl die Fluoreszenzschicht und die Phosphoreszenzschicht zueinander benachbart sind, Zerfall der Triplett-Anregungsenergie infolge der Verwendung des oben beschriebenen Exciplexes in der Phosphoreszenzschicht mit weniger Wahrscheinlichkeit auf; daher können sowohl Phosphoreszenz als auch Fluoreszenz leicht erhalten werden.

**[0077]** Bei dem Licht emittierenden Element dieser Ausführungsform wird Licht mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a und der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c erhalten, so dass das Licht emittierende Element ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element sein kann. Deshalb kann das Licht emittierende Element verschiedene Emissionsfarben mit einer Kombination aus Licht, das von mehreren Licht emittierenden Substanzen emittiert wird, bereitstellen.

**[0078]** Ein solches Licht emittierendes Element ist zum Erhalten einer weißen Lichtemission geeignet. Wenn die erste Licht emittierende Schicht 113a und die zweite Licht emittierende Schicht 113c Licht mit Komplementärfarben emittieren, kann weiße Lichtemission erhalten werden. Außerdem kann weiße Lichtemission mit einer hohen Farbwiedergabeeigenschaft erhalten werden, die von drei Grundfarben oder vier oder mehr Farben gebildet ist, indem eine Vielzahl von Licht emittierenden Substanzen, die Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen emittieren, für eine oder beide der Licht emittierenden Schichten verwendet wird. In diesem Fall kann jede der Licht emittierenden Schichten in Schichten geteilt werden, und die geteilten Schichten können unterschiedliche Licht emittierende Substanzen enthalten. Ein solches weißes Licht emittierendes Element nutzt Phosphoreszenz, weist eine hohe Emissionseffizienz auf und kann mit geringeren Kosten bereitgestellt werden, da das weiße Licht emittierende Element eine kleinere Anzahl von Schichten und eine kleinere Dicke aufweist als ein Licht emittierendes Tandemelement. Zudem verbessert das weiße Licht emittierende Element die Lichtextraktionseffizienz infolge seiner kleinen Dicke.

**[0079]** Als Nächstes wird ein Beispiel für die Struktur des oben beschriebenen Licht emittierenden Elements anhand von **Fig. 1A** nachstehend detailliert beschrieben.

**[0080]** Ein Licht emittierendes Element dieser Ausführungsform beinhaltet zwischen einem Paar von Elektroden eine EL-Schicht, die eine Vielzahl von Schichten umfasst. Bei dieser Ausführungsform beinhaltet das Licht emittierende Element die erste Elektrode 101, die zweite Elektrode 102 und die EL-Schicht 103, die zwischen der ersten Elektrode 101 und der zweiten Elektrode 102 angeordnet ist. Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform die erste Elektrode 101 als Anode dient und die zweite Elektrode 102 als Kathode dient. Es sei angemerkt, dass die Reihenfolge der Schichten umgekehrt sein kann. Mit anderen Worten kann die erste Licht emittierende Schicht 113a auf der Kathodenseite ausgebildet werden, und kann die zweite Licht emittierende Schicht 113c auf der Anodenseite ausgebildet werden.

**[0081]** Da die erste Elektrode 101 als Anode dient, wird vorzugsweise die erste Elektrode 101 unter Verwendung eines/einer von Metallen, Legierungen, elektrisch leitenden Verbindungen mit einer hohen Austrittsarbeit (insbesondere einer Austrittsarbeit von 4,0 eV oder mehr), Gemischen davon und dergleichen ausgebil-

det. Konkrete Beispiele umfassen Indiumoxid-Zinnoxid (indium tin oxide; ITO), Indiumoxid-Zinnoxid, das Silizium oder Siliziumoxid enthält, Indiumoxid-Zinkoxid und Indiumoxid, das Wolframoxid und Zinkoxid enthält (IWZO). Filme aus diesen elektrisch leitenden Metalloxiden werden im Allgemeinen durch ein Sputterverfahren ausgebildet, können aber auch durch Anwendung eines Sol-Gel-Verfahrens oder dergleichen ausgebildet werden. Zum Beispiel wird Indiumoxid-Zinkoxid durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets abgeschieden, das durch Zusatz von 1 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid zu Indiumoxid erhalten wird. Ein Film aus Indiumoxid, das Wolframoxid und Zinkoxid enthält (IWZO), kann durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets ausgebildet werden, in dem 0,5 Gew.-% bis 5 Gew.-% Wolframoxid und 0,1 Gew.-% bis 1 Gew.-% Zinkoxid zu Indiumoxid zugesetzt sind. Außerdem können Gold (Au), Platin (Pt), Nickel (Ni), Wolfram (W), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Palladium (Pd), Nitride von Metallmaterialien (z. B. Titanitrid) und dergleichen angegeben werden. Graphen kann auch verwendet werden. Es sei angemerkt, dass dann, wenn ein nachstehendes Verbundmaterial für eine Schicht verwendet wird, die in der EL-Schicht 103 in Kontakt mit der ersten Elektrode 101 ist, ein Elektrodenmaterial ohne Berücksichtigung seiner Austrittsarbeit ausgewählt werden kann.

**[0082]** Es gibt keine besondere Beschränkung hinsichtlich der mehrschichtigen Struktur der EL-Schicht 103, solange die Licht emittierende Schicht 113 die oben beschriebene Struktur aufweist. Zum Beispiel kann die EL-Schicht 103 ausgebildet werden, indem eine Lochinjektionsschicht, eine Lochtransportschicht, die Licht emittierende Schicht, eine Elektronentransportschicht, eine Elektroneninjectionsschicht, eine Ladungsträger blockierende Schicht, eine Zwischenschicht und dergleichen angemessen kombiniert werden. Bei dieser Ausführungsform weist die EL-Schicht 103 eine Struktur auf, bei der die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Licht emittierende Schicht 113, die Elektronentransportschicht 114 und die Elektroneninjectionsschicht 115 in dieser Reihenfolge über der ersten Elektrode 101 angeordnet sind. Konkrete Beispiele für Materialien für jede Schicht werden nachstehend angegeben.

**[0083]** Die Lochinjektionsschicht 111 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer Lochinjektionseigenschaft enthält. Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Rutheniumoxid, Wolframoxid, Manganoxid oder dergleichen kann verwendet werden. Alternativ kann die Lochinjektionsschicht 111 unter Verwendung einer auf Phthalocyanin basierenden Verbindung, wie z. B. Phthalocyanin (Abkürzung: H<sub>2</sub>Pc) oder Kupferphthalocyanin (Abkürzung: CuPc); einer aromatischen Aminverbindung, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB) oder N,N'-Bis{4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl}-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin (Abkürzung: DNTPD); einer hochmolekularen Verbindung, wie z. B. Poly(3,4-ethylendioxythiophen)/Poly(styrolsulfonsäure) (PEDOT/PSS); oder dergleichen ausgebildet werden.

**[0084]** Alternativ kann ein Verbundmaterial, bei dem eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft eine Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft enthält, für die Lochinjektionsschicht 111 verwendet werden. Es sei angemerkt, dass die Verwendung einer solchen Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft, die eine Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft enthält, ermöglicht, dass ein Material zum Ausbilden einer Elektrode unabhängig von seiner Austrittsarbeit ausgewählt wird. Mit anderen Worten kann, abgesehen von einem Material mit einer hohen Austrittsarbeit, ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit für die erste Elektrode 101 verwendet werden. Als Akzeptorsubstanz können 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (Abkürzung: F<sub>4</sub>-TCNQ), Chloranil und dergleichen angegeben werden. Des Weiteren können Oxide der Metalle, die zu Gruppen 4 bis 8 des Periodensystems gehören, verwendet werden. Insbesondere werden Vanadiumoxid, Niobiumoxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid und Rheniumoxid bevorzugt, aufgrund ihrer hohen Elektronen aufnehmenden Eigenschaften. Unter diesen wird Molybdänoxid besonders bevorzugt, da es stabil an Luft ist, eine geringe hygroskope Eigenschaft aufweist und einfach in der Handhabung ist.

**[0085]** Als Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft, die für das Verbundmaterial verwendet wird, kann eine von verschiedenen organischen Verbindungen, wie z. B. aromatischen Aminverbindungen, Carbazolderivaten, aromatischen Kohlenwasserstoffen und hochmolekularen Verbindungen (wie z. B. Oligomeren, Dendrimern oder Polymeren), verwendet werden. Es sei angemerkt, dass die organische Verbindung, die für das Verbundmaterial verwendet wird, vorzugsweise eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft ist. Insbesondere wird vorzugsweise eine Substanz mit einer Lochbeweglichkeit von 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs oder höher verwendet. Konkrete Beispiele für die organische Verbindung, die als Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft in dem Verbundmaterial verwendet werden kann, werden nachstehend angegeben.

**[0086]** Beispiele für die aromatischen Aminverbindungen sind N,N'-Di(p-tolyl)-N,N'-diphenyl-p-phenylenediamin (Abkürzung: DTDDPA), 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung:

DPAB), N,N'-Bis{4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl}-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin (Abkürzung: DNTPD) und 1,3,5-Tris[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]benzol (Abkürzung: DPA3B).

**[0087]** Konkrete Beispiele für die Carbazolderivate, die für das Verbundmaterial verwendet werden können, sind 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) und 3-[N-(1-Naphthyl)-N-(9-phenylcarbazol-3-yl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCN1).

**[0088]** Weitere Beispiele für die Carbazolderivate, die für das Verbundmaterial verwendet werden können, sind 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 1,3,5-Tris[4-(N-carbazolyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TCPB), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA) und 1,4-Bis[4-(N-carbazolyl)phenyl]-2,3,5,6-tetraphenylbenzol.

**[0089]** Beispiele für die aromatischen Kohlenwasserstoffe, die für das Verbundmaterial verwendet werden können, sind 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)perylene. Weitere Beispiele sind Pentacen und Coronen. Der aromatische Kohlenwasserstoff, der eine Lochbeweglichkeit von  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  oder höher aufweist und 14 bis 42 Kohlenstoffatome hat, wird besonders bevorzugt.

**[0090]** Es sei angemerkt, dass die aromatischen Kohlenwasserstoffe, die für das Verbundmaterial verwendet werden können, ein Vinylgerüst aufweisen können. Beispiele für den aromatischen Kohlenwasserstoff mit einer Vinylgruppe umfassen 4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl (Abkürzung: DPVBi) und 9,10-Bis[4-(2,2-diphenylvinyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: DPVPA).

**[0091]** Weitere Beispiele sind hochmolekulare Verbindungen, wie z. B. Poly(N-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK), Poly(4-vinyltriphenylamin) (Abkürzung: PVTPA), Poly [N-(4-{N'-[4-(4-diphenylamino)phenyl]phenyl-N'-phenylamino}phenyl)methacrylamid] (Abkürzung: PTPDMA) und Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD).

**[0092]** Durch Bereitstellen einer Lochinjektionsschicht kann eine hohe Lochinjektionseigenschaft erzielt werden, mit der ein Licht emittierendes Element bei einer niedrigen Spannung betrieben werden kann.

**[0093]** Die Lochtransportschicht 112 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft enthält. Beispiele für die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft sind aromatische Aminverbindungen, 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',4''-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4''-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: MTDATA), 4,4'-Bis [N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB) und 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP). Die hier angegebenen Substanzen weisen hohe Lochtransporteigenschaften auf und sind hauptsächlich diejenigen, die eine Lochbeweglichkeit von  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  oder höher aufweisen. Eine organische Verbindung, die als Beispiel für die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft in dem oben beschriebenen Verbundmaterial angegeben worden ist, kann auch für die Lochtransportschicht 112 verwendet werden. Eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Poly(N-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK) und Poly(4-vinyltriphenylamin) (Abkürzung: PVTPA), kann auch verwendet werden. Es sei angemerkt, dass die Schicht, die eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft enthält, nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt ist und eine Schichtanordnung aus zwei oder mehr Schichten sein kann, die jede der obigen Substanzen enthalten.

**[0094]** In dem Fall, in dem die erste Licht emittierende Schicht 113a auf der Anodenseite bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angeordnet ist, sind vorzugsweise das HOMO-Niveau einer für die Lochtransportschicht 112 verwendeten Substanz und das HOMO-Niveau eines Wirtsmaterials in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a nahe aneinander (eine Energiedifferenz von 0,2 eV oder kleiner). Dies kann verhindern, dass zu viele Löcher durch Einfangzustände eingefangen wer-

den, und ermöglicht, dass Löcher in die Trennschicht 113b und die zweite Licht emittierende Schicht 113c fließen. Daher können Fluoreszenz und Phosphoreszenz leicht in ausgewogener Weise mit einer hohen Effizienz erhalten werden.

**[0095]** Die Licht emittierende Schicht 113 weist die oben beschriebene Struktur auf. Mit anderen Worten sind die erste Licht emittierende Schicht 113a, die Trennschicht 113b und die zweite Licht emittierende Schicht 113c über der ersten Elektrode in dieser Reihenfolge angeordnet. Ein Wirtsmaterial und eine Fluoreszenzsubstanz sind in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a enthalten. Eine erste organische Verbindung, eine zweite organische Verbindung und eine Substanz, die die Triplett-Anregungsenergie in Lumineszenz umwandeln kann (eine Phosphoreszenzverbindung oder ein TADF-Material), sind in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c enthalten.

**[0096]** Beispiele für ein Material, das als Fluoreszenzsubstanz in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a verwendet werden kann, werden nachstehend angegeben. Es können auch andere Fluoreszenzmaterialien als diejenigen, die nachstehend angegeben werden, verwendet werden.

**[0097]** Beispiele für die Fluoreszenzsubstanz sind 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'-Bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenyl-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-(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-butylperylene (Abkürzung: TBP), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), N,N''-(2-tert-Butylanthracen-9,10-diyl-di-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-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]-NN',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPAPPA), 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 545T, N,N'-Diphenylchinacridon (Abkürzung: DPQd), Rubren, 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT), 2-(2-{2-[4-(Dimethylamino)phenyl]ethenyl}-6-methyl-4/-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzolizin-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]fluoranthen-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-{2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzolizin-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-benzolizin-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) und 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: BisDCJTM). Kondensierte aromatische Diaminverbindungen, wie typischerweise Pyrendiaminverbindungen, wie z. B. 1,6FLPAPrn und 1,6mMemFLPAPrn, werden wegen ihrer hohen Locheinfangeigenschaften, hohen Emissionseffizienz und hohen Zuverlässigkeit besonders bevorzugt.

**[0098]** Beispiele für eine Substanz, die als Wirtsmaterial in der ersten Licht emittierenden Schicht 113a verwendet werden kann, werden nachstehend angegeben.

**[0099]** Die Beispiele umfassen Anthracenverbindungen, wie z. B. 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7/-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-benzo[b]naphtho[1,2-d]furan (Abkürzung: 2mBnfPPA) und 9-Phenyl-10-{4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)biphenyl-4'-yl}anthracen (Abkürzung: FLPPA). Die Verwendung einer Substanz mit einem Anthracengerüst als Wirtsmaterial ermöglicht, dass eine Licht emittierende Schicht, die eine hohe Emissionseffizienz und Beständigkeit aufweist, bereitge-

stellt wird. Insbesondere werden CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA und PCzPA aufgrund ihrer ausgezeichneten Eigenschaften besonders bevorzugt.

**[0100]** Eine Phosphoreszenzsubstanz und ein TADF-Material können in der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c als Substanz verwendet werden, die die Triplett-Anregungsenergie in Lumineszenz umwandeln kann. Beispiele für die Phosphoreszenzsubstanz und das TADF-Material werden nachstehend angegeben.

**[0101]** Beispiele für die Phosphoreszenzsubstanz sind ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4/-/1,2,4-triazol-3-yl-κA/2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>), Tris(5-methyl-3,4-diphenyl-4H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Mptz)<sub>3</sub>) oder Tris[4-(3-biphenyl)-5-isopropyl-3-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>); ein metallorganischer Iridiumkomplex 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(Mptzl-mp)<sub>3</sub>) oder Tris(1-methyl-5-phenyl-3-propyl-1H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>); ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem Imidazol-Gerüst, wie z. B. fac-Tris[1-(2,6-diisopropylphenyl)-2-phenyl-1H-imidazol]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>) oder Tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f]phenanthridinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>); und ein metallorganischer Iridiumkomplex, in dem ein Phenylpyridinderivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Flr6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Flrpic), Bis[2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)) oder Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Flr(acac)). Diese sind Verbindungen, die blaue Phosphoreszenz emittieren und einen Emissionspeak bei 440 nm bis 520 nm aufweisen.

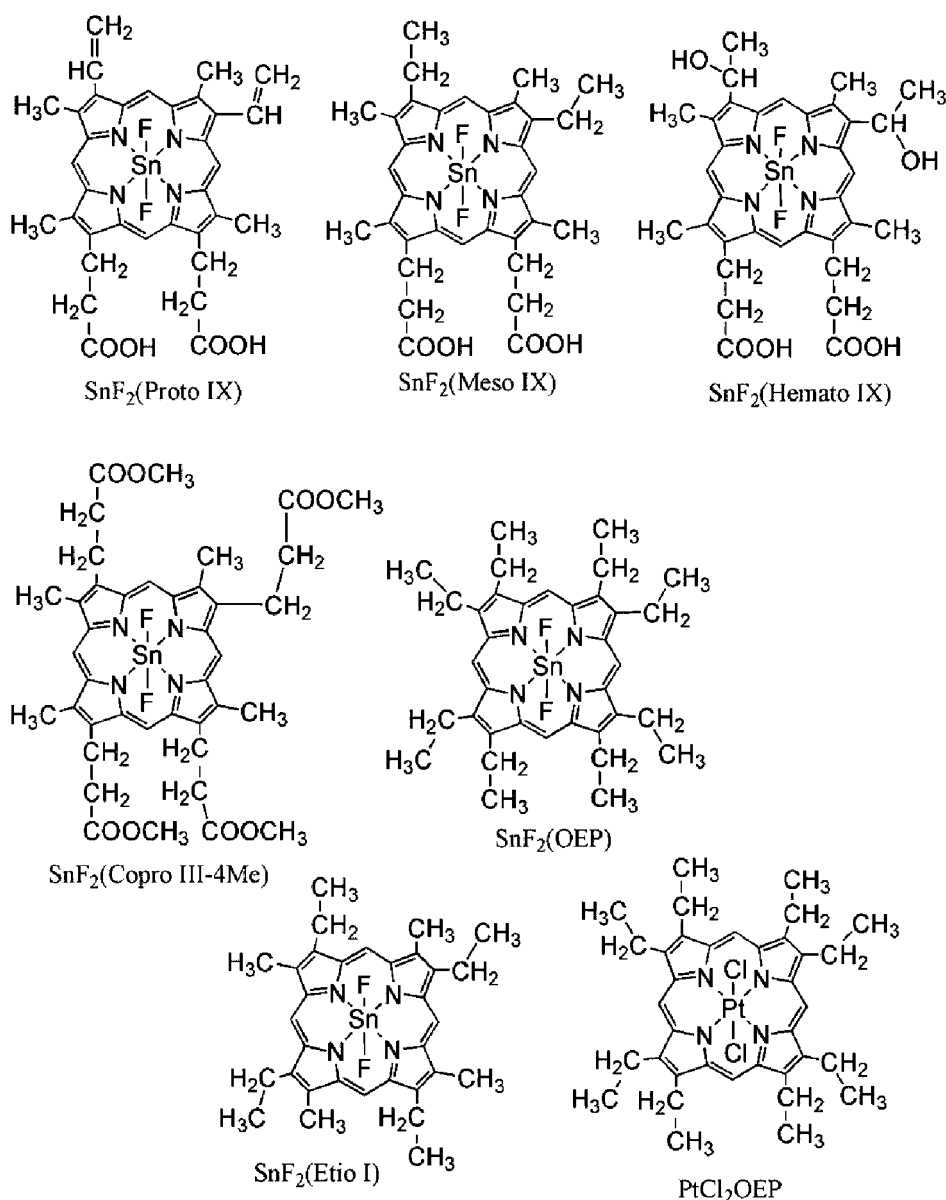
**[0102]** Weitere Beispiele sind metallorganische Iridiumkomplexe mit Pyrimidingerüsten, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)<sub>3</sub>), Tris(4-t-butyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)<sub>3</sub>), (Acetylacetonato)bis(6-methyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)), Bis[2-(6-terf-butyl-4-pyrimidinyl-κN3)phenyl-κC](2,4-pentandionato-κ<sup>2</sup>O,O')iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)), (Acetylacetonato)bis[4-(2-norbornyl)-6-phenylpyrimidinato]iridium(III) (endo/exo-Mischung) (Abkürzung: Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)), (Acetylacetonato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppmpm)<sub>2</sub>(acac)) und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(dpmp)<sub>2</sub>(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit Pyrazingerüsten, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)) und (Acetylacetonato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit Pyridingerüsten, wie z. B. Tris(2-phenylpyridinato-N,C<sup>2'</sup>)iridium(III) (Abkürzung: Ir(ppy)<sub>3</sub>), Bis(2-phenylpyridinato-N,C<sup>2'</sup>)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)), Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(bzq)<sub>3</sub>), Tris(2-phenylchinolinato-N,C<sup>2'</sup>)iridium(III) (Abkürzung: Ir(pq)<sub>3</sub>) und Bis(2-phenylchinolinato-N,C<sup>2'</sup>)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)); und ein Seltenerdmetallkomplex wie z. B. Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)). Diese sind hauptsächlich Verbindungen, die grüne Phosphoreszenz emittieren, und weisen einen Emissionspeak bei 500 nm bis 600 nm auf. Es sei angemerkt, dass ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem Pyrimidingerüst sehr hohe Zuverlässigkeit und Emissionseffizienz aufweist und somit besonders bevorzugt wird.

**[0103]** Weitere Beispiele sind (Diisobutrylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)) und Bis[4,6-di(naphthalen-1-yl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(d1npm)<sub>2</sub>(dpm)); metallorganische Iridiumkomplexe mit Pyrazingerüsten, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)) oder (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorphenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)); metallorganische Iridiumkomplexe mit Pyridingerüsten, wie z. B. Tris(1-phenylisochinolinato-N,C<sup>2'</sup>)iridium(III) (Abkürzung: Ir(piq)<sub>3</sub>) und Bis(1-phenylisochinolinato-N,C<sup>2'</sup>)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)); ein 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-propanedionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato](monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)). Diese sind Verbindungen, die rote Phosphoreszenz emittieren, und weisen einen Emissionspeak bei 600 nm bis 700 nm auf. Der metallorganische Iridiumkomplex mit einem Pyrazingerüst kann rote Lichtemission mit einer günstigen Chromatizität bereitstellen.

**[0104]** Es können auch andere Phosphoreszenzmaterialien als diejenigen, die oben angegeben worden sind, verwendet werden.

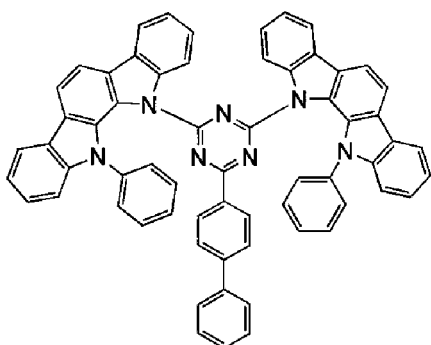
**[0105]** Als TADF-Material können Materialien, die nachstehend angegeben werden, verwendet werden.

**[0106]** Ein Fulleren, ein Derivat davon, ein Acridinderivat, wie z. B. Proflavin, Eosin oder dergleichen kann verwendet werden. Ein Metall enthaltendes Porphyrin, wie z. B. Porphyrin, das Magnesium (Mg), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Zinn (Sn), Platin (Pt), Indium (In) oder Palladium (Pd) enthält, verwendet werden. Beispiele für das Metall enthaltende Porphyrin sind ein Protoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$ ), ein Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$ ), ein Hematoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$ ), ein Koproporphyrin-tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$ ), ein Octaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{SnF}_2(\text{OEP})$ ), ein Etio-porphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ ) und ein Octaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (Abkürzung:  $\text{PtCl}_2(\text{OEP})$ ), welche durch die folgenden Strukturformeln dargestellt werden.



**[0107]** Alternativ kann eine heterocyclische Verbindung, die einen  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und einen  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Ring aufweist, verwendet werden, wie z. B. 2-(Biphenyl-4-yl)-4,6-bis(12-phenylindolo[2,3-a]carbazol-11-yl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: PIC-TRZ), welches nachstehend durch die Strukturformel dargestellt wird. Die heterocyclische Verbindung wird vorzugsweise verwendet, wegen des  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Rings und des  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Rings; deswegen sind die Elektronentransporteigenschaft und die Lochtransporteigenschaft hoch. Es sei

angemerkt, dass eine Substanz, in der der  $\pi$ -elektronenreiche heteroaromatische Ring direkt an den  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Ring gebunden ist, besonders bevorzugt verwendet wird, weil die Donatoreigenschaft des  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Rings und die Akzeptoreigenschaft des  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Rings beide erhöht werden und die Energiedifferenz zwischen dem  $S_1$ -Niveau und dem  $T_1$ -Niveau klein wird.



PIC-TRZ

**[0108]** Es gibt keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Materialien, die als die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung verwendet werden können, solange die Kombination aus den Materialien die oben beschriebenen Bedingungen erfüllt. Es können verschiedene Ladungsträgertransportmaterialien ausgewählt werden.

**[0109]** Beispiele für die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft sind eine heterocyclische Verbindung mit einem Polyazolgerüst, wie z. B. Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq<sub>2</sub>), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BA1q), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) oder Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ); eine heterocyclische Verbindung mit einem Polyazolgerüst, 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-Benzoltriy)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI) oder 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBlm-II); eine heterocyclische Verbindung mit einem Diazingerüst, 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), 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm) oder 4,6-Bis[3-(4-dibenzothiophenyl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II); und eine heterocyclische Verbindung mit einem Pyridingerüst, wie z. B. 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinolin (Abkürzung: 2mDBTBPDBQu-II), 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy) oder 1,3,5-Tri[3-(3-pyridyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TmPyPB). Unter den vorstehenden Materialien weisen eine heterocyclische Verbindung mit einem Diazingerüst und eine heterocyclische Verbindung mit einem Pyridingerüst eine hohe Zuverlässigkeit auf und werden somit bevorzugt. Insbesondere weist eine heterocyclische Verbindung mit einem Diazingerüst (Pyrimidingerüst oder Pyrazingerüst) eine hohe Elektronentransporteigenschaft auf, was zu einer Verringerung der Betriebsspannung beiträgt.

**[0110]** Beispiele für die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft sind eine Verbindung mit einem aromatischen Amingerüst, 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 Carbazolgerüst, 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

Thiophengerüst, 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-phenyldibenzo-thiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV); und eine Verbindung mit einem Furangerüst, 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 vorstehenden Materialien werden eine Verbindung mit einem aromatischen Amingerüst und eine Verbindung mit einem Carbazolgerüst bevorzugt, da diese Verbindungen hochzuverlässig sind und hohe Lochtransporteigenschaften aufweisen, was zu einer Verringerung der Betriebsspannung beiträgt.

**[0111]** Es können Ladungsträgertransportmaterialien sowohl aus verschiedenen Substanzen als auch aus den oben angegebenen Ladungsträgertransportmaterialien ausgewählt werden. Es sei angemerkt, dass als die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung vorzugsweise Substanzen ausgewählt werden, deren Triplett-Niveau (eine Differenz der Energie zwischen einem Grundzustand und einem Triplett-Anregungszustand) höher ist als das Triplett-Niveau der Phosphoreszenzverbindung. Außerdem wird die Kombination aus der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung vorzugsweise derart ausgewählt, dass ein Exciplex gebildet wird, der Licht emittiert, dessen Wellenlänge mit einer Wellenlänge eines Absorptionsbandes der niedrigsten Energie der Phosphoreszenzsubstanz überlappt.

**[0112]** Ferner ist die Kombination aus einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft als eine der ersten organischen Verbindung und der zweiten organischen Verbindung und einer Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft als die andere organische Verbindung zur Bildung eines Exciplexes vorteilhaft. Die Transporteigenschaft der Licht emittierenden Schicht kann leicht reguliert werden, und ein Rekombinationsbereich kann leicht reguliert werden, indem die Menge jeder enthaltenen Verbindung geändert wird. Das Verhältnis der enthaltenen Menge der Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft zur enthaltenen Menge der Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft kann 1:9 bis 9:1 sein.

**[0113]** Als Materialien, die die Trennschicht 113b bilden, können die oben beschriebenen Materialien verwendet werden, die als die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung verwendet werden können.

**[0114]** Die zweite Licht emittierende Schicht 113c kann in zwei oder mehr Schichten geteilt sein, und die geteilten Schichten enthalten vorzugsweise unterschiedliche Licht emittierende Substanzen. Insbesondere kommt eine Struktur vorzugsweise zum Einsatz, bei der die zweite Licht emittierende Schicht 113c in eine erste Phosphoreszenzschicht, die rotes Licht (d. h. Licht mit einem Peak des Emissionsspektrums bei 580 nm bis 680 nm) emittiert, und eine zweite Phosphoreszenzschicht geteilt ist, die grünes Licht (d. h. Licht mit einem Peak des Emissionsspektrums bei 500 nm bis 560 nm) emittiert, und die erste Licht emittierende Schicht 113a blaues Licht (d. h. Licht mit einem Peak des Emissionsspektrums bei 400 nm bis 480 nm) emittiert, wodurch weiße Lichtemission mit einer vorteilhaften Farbwiedergabeeigenschaft erhalten werden kann. Es sei angemerkt, dass in diesem Fall die erste Licht emittierende Schicht 113a, die erste Phosphoreszenzschicht und die zweite Phosphoreszenzschicht für hohe Beständigkeit vorzugsweise in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet sind. Darüber hinaus wird die erste Licht emittierende Schicht 113a vorzugsweise auf der Anodenseite ausgebildet, wodurch vorteilhafte Eigenschaften erhalten werden können.

**[0115]** Die Elektronentransportschicht 114 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft enthält. Beispielsweise wird die Elektronentransportschicht 114 unter Verwendung eines Metallkomplexes mit einem Chinolingerüst oder einem Benzochinolingerüst ausgebildet, wie z. B. Tris(8-chinololato)aluminium (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinololato)aluminium (Abkürzung: Almq<sub>3</sub>), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium (Abkürzung: BeBq<sub>2</sub>) oder Bis(2-methyl-8-chinololato)(4-phenylphenolato)aluminium (Abkürzung: BA1q) oder dergleichen. Ein Metallkomplex mit einem Liganden auf Oxazol-Basis oder Thiazol-Basis, wie z. B. Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzoxazolato]zink (Abkürzung: Zn(BOX)<sub>2</sub>) oder Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzothiazolato]zink (Abkürzung: Zn(BTZ)<sub>2</sub>), oder dergleichen kann auch verwendet werden. Neben den Metallkomplexen kann auch 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), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) oder dergleichen verwendet werden. Die hier angegebenen Substanzen weisen hohe Elektronentransporteigenschaften auf und sind hauptsächlich diejenigen, die eine Elektronenbeweglichkeit von 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass eine beliebige der oben beschriebenen Substanzen mit Elektronentransporteigenschaften für die Elektronentransportschicht 114 verwendet werden kann.

**[0116]** Die Elektronentransportschicht 114 ist nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt und kann eine Schichtanordnung aus zwei oder mehr unterschiedlichen Schichten sein, die jeweils eine beliebige der oben beschriebenen Substanzen enthalten.

**[0117]** Zwischen der Elektronentransportschicht und der Licht emittierenden Schicht kann eine Schicht bereitgestellt werden, die die Fortbewegung von Elektronenladungsträgern steuert. Diese ist eine Schicht, die durch Zusatz einer kleinen Menge einer Substanz mit einer hohen Elektroneneinfangeigenschaft zu den oben beschriebenen Materialien mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird, und die Schicht ist geeignet, das Ladungsträgergleichgewicht zu regulieren, indem die Fortbewegung der Elektronenträger unterdrückt wird. Eine solche Struktur ist sehr effektiv zum Verhindern eines Problems (wie z. B. einer Verkürzung der Lebensdauer des Elements), welches verursacht wird, wenn die Elektronen durch die Licht emittierende Schicht hindurchgehen.

**[0118]** Eine Elektroneninjektionsschicht 115 kann in Kontakt mit der zweiten Elektrode 102 zwischen der Elektronentransportschicht 114 und der zweiten Elektrode 102 bereitgestellt werden. Für die Elektroneninjektionsschicht 115 kann ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung davon, wie z. B. Lithiumfluorid (LiF), Cäsiumfluorid (CsF) oder Calciumfluorid (CaF<sub>2</sub>), verwendet werden. Beispielsweise kann eine Schicht verwendet werden, die unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird und ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung davon enthält. Es sei angemerkt, dass eine Schicht, die unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird und ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall enthält, vorzugsweise als die Elektroneninjektionsschicht 115 verwendet wird, in welchem Falle eine Elektroneninjektion von der zweiten Elektrode 102 effizient stattfindet.

**[0119]** Für die zweite Elektrode 102 kann eines/eine von Metallen, Legierungen, elektrisch leitenden Verbindungen und Gemischen davon, welche eine niedrige Austrittsarbeit (insbesondere eine Austrittsarbeit von 3,8 eV oder kleiner) aufweisen, oder dergleichen verwendet werden. Konkrete Beispiele für ein solches Kathodenmaterial sind Elemente, die zu den Gruppen 1 und 2 des Periodensystems gehören, wie z. B. Alkalimetalle (z. B. Lithium (Li) und Cäsium (Cs)), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) und Strontium (Sr), Legierungen davon (z. B. MgAg und AlLi), Seltenerdmetalle wie z. B. Europium (Eu) und Ytterbium (Yb), und Legierungen davon. Wenn die Elektroneninjektionsschicht zwischen der zweiten Elektrode 102 und der Elektronentransportschicht bereitgestellt wird, kann jedoch für die zweite Elektrode 102 jedes von verschiedenen leitenden Materialien, wie z. B. Al, Ag, ITO oder Indiumoxid-Zinnoxid, das Silizium oder Siliziumoxid enthält, ohne Berücksichtigung der Austrittsarbeit verwendet werden. Diese leitenden Materialien können durch ein Sputterverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder dergleichen abgeschieden werden.

**[0120]** Ein beliebiges von verschiedenen Verfahren kann verwendet werden, um die EL-Schicht 103 auszubilden, unabhängig davon, ob es sich bei ihm um einen Trockenprozess oder einen Nassprozess handelt. Beispielsweise kann ein Vakuumverdampfungsverfahren, ein Tintenstrahlverfahren oder ein Rotationsbeschichtungsverfahren verwendet werden. Ein unterschiedliches Herstellungsverfahren kann für jede Elektrode oder jede Schicht zum Einsatz kommen.

**[0121]** Die Elektrode kann durch ein Nassverfahren, bei dem ein Sol-Gel-Verfahren verwendet wird, oder durch ein Nassverfahren, bei dem eine Paste eines Metallmaterials verwendet wird, ausgebildet werden. Alternativ kann die Elektrode durch ein Trockenverfahren, wie z. B. ein Sputterverfahren oder ein Vakuumverdampfungsverfahren, ausgebildet werden.

**[0122]** Lichtemission wird durch die erste Elektrode 101 und/oder die zweite Elektrode 102 nach außen entnommen. Deshalb sind/ist die erste Elektrode 101 und/oder die zweite Elektrode 102 eine lichtdurchlässige Elektrode. In dem Fall, in dem nur die erste Elektrode 101 eine lichtdurchlässige Elektrode ist, wird Lichtemission durch die erste Elektrode 101 entnommen. In dem Fall, in dem dagegen nur die zweite Elektrode 102 eine lichtdurchlässige Elektrode ist, wird Lichtemission durch die zweite Elektrode 102 entnommen. In dem Fall, in dem sowohl die erste Elektrode 101 als auch die zweite Elektrode 102 lichtdurchlässige Elektroden sind, wird Lichtemission durch die erste Elektrode 101 und die zweite Elektrode 102 entnommen.

**[0123]** Es sei angemerkt, dass die Struktur der Schicht, die zwischen der ersten Elektrode 101 und der zweiten Elektrode 102 angeordnet ist, nicht auf die oben beschriebene Struktur beschränkt ist. Vorzugsweise liegt ein Licht emittierender Bereich, in dem Löcher und Elektronen rekombinieren, entfernt von der ersten Elektrode 101 und der zweiten Elektrode 102, so dass Löschung (Quenching) wegen der Nähe zwischen dem

Licht emittierenden Bereich und einem Metall, das für Elektroden und Ladungsträgerinjektionsschichten verwendet wird, verhindert werden kann.

**[0124]** Um die Energieübertragung von einem in der Licht emittierenden Schicht erzeugten Exziton zu unterdrücken, werden vorzugsweise die Lochtransportschicht und die Elektronentransportschicht, die in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht 113 sind, besonders eine Ladungsträgertransportschicht, die in Kontakt mit einer Seite ist, die näher an dem Licht emittierenden Bereich in der Licht emittierenden Schicht 113 liegt, unter Verwendung einer Substanz ausgebildet, die eine größere Bandlücke aufweist als die Licht emittierende Substanz der Licht emittierenden Schicht oder die Emissionszentrum-Substanz, die in der Licht emittierenden Schicht enthalten ist.

**[0125]** Das Licht emittierende Element dieser Ausführungsform kann über einem Glassubstrat, einem Quarzsubstrat, einem Halbleitersubstrat, einem Kunststoffsubstrat (Polyester, Polyolefin, Polyamid (z. B. Nylon oder Aramid), Polyimid, Polycarbonat oder einem Acrylharz) ausgebildet werden. Alternativ kann das Licht emittierende Element über einem Glassubstrat, einem Quarzsubstrat oder einem Halbleitersubstrat ausgebildet und dann auf ein Kunststoffsubstrat übertragen werden.

**[0126]** Obwohl bei einer Licht emittierenden Vorrichtung ein einziges Licht emittierendes Element über einem Substrat hergestellt werden kann, kann eine Vielzahl von Licht emittierenden Elementen über einem Substrat hergestellt werden. Unter Verwendung einer Vielzahl von oben beschriebenen Licht emittierenden Elementen, die über einem Substrat hergestellt sind, kann eine Beleuchtungsvorrichtung, bei der Elemente getrennt sind, oder eine Licht emittierende Passivmatrix-Vorrichtung hergestellt werden. Ein Licht emittierendes Element kann über einer Elektrode, die elektrisch mit beispielsweise einem Feldeffekttransistor (feldeffekt transistor, FET) verbunden ist, der über einem Substrat aus Glas, Kunststoff oder dergleichen ausgebildet ist, ausgebildet werden, so dass eine Licht emittierende Aktivmatrix-Vorrichtung, bei der der FET den Betrieb des Licht emittierenden Elements steuert, hergestellt werden kann. Es sei angemerkt, dass die Struktur des FET nicht besonders beschränkt ist. Zusätzlich ist auch die Kristallinität eines für den FET verwendeten Halbleiters nicht besonders beschränkt; ein amorpher Halbleiter oder ein kristalliner Halbleiter kann verwendet werden. Außerdem kann eine Treiberschaltung in einem FET-Substrat mit einem n-Typ-FET und einem p-Typ-FET oder entweder mit einem n-Typ-FET oder mit einem p-Typ-FET ausgebildet sein.

**[0127]** Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform angemessen mit einer der anderen Ausführungsformen kombiniert werden kann.

**[0128]** Als Nächstes wird eine Art eines Licht emittierenden Elements mit einer Struktur, bei der eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten angeordnet ist (nachstehend auch als mehrschichtiges Element bezeichnet), anhand von **Fig. 1B** beschrieben. Bei diesem Licht emittierenden Element ist eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten zwischen einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode bereitgestellt. Eine Licht emittierende Einheit weist eine Struktur auf, die derjenigen der EL-Schicht 103 in **Fig. 1A** ähnlich ist. Mit anderen Worten beinhaltet das Licht emittierende Element in **Fig. 1A** eine einzelne Licht emittierende Einheit; das Licht emittierende Element bei dieser Ausführungsform beinhaltet eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten.

**[0129]** In **Fig. 1B** sind eine erste Licht emittierende Einheit 511 und eine zweite Licht emittierende Einheit 512 zwischen einer ersten Elektrode 501 und einer zweiten Elektrode 502 angeordnet, und eine Ladungserzeugungsschicht 513 ist zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit 511 und der zweiten Licht emittierenden Einheit 512 bereitgestellt. Die erste Elektrode 501 und die zweite Elektrode 502 entsprechen der ersten Elektrode 101 bzw. der zweiten Elektrode 102 in **Fig. 1A**, und die bei der Beschreibung für **Fig. 1A** angegebenen Materialien können verwendet werden. Des Weiteren können die erste Licht emittierende Einheit 511 und die zweite Licht emittierende Einheit 512 die gleiche Struktur oder unterschiedliche Strukturen aufweisen.

**[0130]** Die Ladungserzeugungsschicht 513 enthält ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Metalloxid. Als Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und dem Metalloxid kann das Verbundmaterial verwendet werden, das für die Lochinjektionsschicht 111 in **Fig. 1A** verwendet werden kann. Es sei angemerkt, dass dann, wenn eine Oberfläche einer Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite in Kontakt mit einer Ladungserzeugungsschicht ist, die Ladungserzeugungsschicht auch als Lochtransportschicht der Licht emittierenden Einheit dienen kann; daher muss bei der Licht emittierenden Einheit eine Lochtransportschicht nicht notwendigerweise ausgebildet sein.

**[0131]** Die Ladungserzeugungsschicht 513 kann eine mehrschichtige Struktur aus einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Metalloxid enthält, und einer Schicht, die ein anderes Material enthält, aufweisen. Beispielsweise kann eine Schicht, die ein Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und dem Metalloxid enthält, mit einer Schicht kombiniert werden, die eine Verbindung einer Substanz ausgewählt aus Substanzen mit einer Elektronen abgebenden Eigenschaft und eine Verbindung mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft enthält. Außerdem kann eine Schicht, die ein Verbundmaterial aus der organischen Verbindung und dem Metalloxid enthält, mit einem durchsichtigen leitenden Film kombiniert werden.

**[0132]** Das Licht emittierende Element, das zwei Licht emittierende Einheiten umfasst, wird anhand von **Fig. 1B** beschrieben; jedoch kann die vorliegende Erfindung gleichermaßen auf ein Licht emittierendes Element angewendet werden, bei dem drei oder mehr Licht emittierende Einheiten angeordnet sind. Wenn eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die durch die Ladungserzeugungsschicht geteilt sind, zwischen einem Paar von Elektroden, wie bei dem Licht emittierenden Element dieser Ausführungsform, angeordnet ist, ist es möglich, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, das Licht mit hoher Leuchtdichte emittieren kann, wobei die Stromdichte niedrig gehalten ist. Als Ergebnis ist es möglich, eine Licht emittierende Vorrichtung zu erhalten, die bei einer niedrigen Spannung betrieben werden kann und einen geringen Stromverbrauch aufweist.

**[0133]** Wenn die oben beschriebene Struktur der Licht emittierenden Schicht 113 auf mindestens eine der Vielzahl von Einheiten angewendet wird, kann die Anzahl von Herstellungsschritten der Einheit verringert werden; folglich kann ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das zur Praxis geeignet ist.

**[0134]** Die oben beschriebene Struktur kann mit einer der Strukturen bei dieser Ausführungsform und den anderen Ausführungsformen kombiniert werden.

(Licht emittierende Vorrichtung)

**[0135]** Als Nächstes wird eine Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

**[0136]** Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Verwendung des oben beschriebenen Licht emittierenden Elements hergestellt. Es sei angemerkt, dass **Fig. 2A** eine Draufsicht auf die Licht emittierende Vorrichtung ist und **Fig. 2B** eine Querschnittsansicht entlang den Linien AB und C-D in **Fig. 2A** ist. Diese Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet einen Treiberschaltungsabschnitt (Sourceleitungstreiberschaltung) 601, einen Pixelabschnitt 602 und einen Treiberschaltungsabschnitt (Gateleitungstreiberschaltung) 603, die Lichtemission des Licht emittierenden Elements steuern und mit Punktlinien bezeichnet sind. Ein Bezugszeichen 604 bezeichnet ein Dichtungssubstrat; 605, ein Dichtungsmaterial; und 607, einen Raum, der von dem Dichtungsmaterial 605 umgeben ist. Der Raum 607 kann mit einem trockenen Inertgas oder einem Harz zur Festkörperabdichtung gefüllt sein. Das Dichtungsmaterial 605 kann gleich wie oder unterschiedlich von dem Harz zur Festkörperabdichtung sein.

**[0137]** Es sei angemerkt, dass eine Anschlussleitung 608 eine Leitung zum Übermitteln von Signalen, die in die Sourceleitungstreiberschaltung 601 und die Gateleitungstreiberschaltung 603 eingegeben werden, und zum Empfangen eines Videosignals, eines Taktsignals, eines Startsignals, eines Rücksetzsignals und dergleichen aus einer FPC (flexible printed circuit, flexiblen gedruckten Schaltung) 609 ist, die als externer Eingangsanschluss dient. Obwohl hier nur die FPC dargestellt ist, kann eine gedruckte Leiterplatte (printed wiring board, PWB) an der FPC befestigt sein. Die Licht emittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung umfasst in ihrer Kategorie nicht nur die Licht emittierende Vorrichtung als solche, sondern auch die Licht emittierende Vorrichtung, die mit der FPC oder der PWB versehen ist.

**[0138]** Als Nächstes wird eine Querschnittsstruktur anhand von **Fig. 2B** beschrieben. Der Treiberschaltungsabschnitt und der Pixelabschnitt sind über einem Elementsubstrat 610 ausgebildet. Die Sourceleitungstreiberschaltung 601, die ein Treiberschaltungsabschnitt ist, und eines der Pixel in dem Pixelabschnitt 602 sind hier dargestellt.

**[0139]** In der Sourceleitungstreiberschaltung 601 ist eine CMOS-Schaltung ausgebildet, bei der ein n-Kanal-FET 623 und ein p-Kanal-FET 624 kombiniert sind. Des Weiteren kann die Treiberschaltung mittels einer von verschiedenen Schaltungen, wie z. B. einer CMOS-Schaltung, einer PMOS-Schaltung und einer NMOS-

Schaltung, ausgebildet werden. Obwohl bei dieser Ausführungsform ein treiberintegrierter Typ beschrieben ist, bei dem eine Treiberschaltung über einem Substrat ausgebildet ist, ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diesen Typ beschränkt, und die Treiberschaltung kann außerhalb des Substrats ausgebildet sein.

**[0140]** Der Pixelabschnitt 602 beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln, die jeweils einen Schalt-FET 611, einen Strom steuernden FET 612 und eine erste Elektrode 613 beinhalten, die elektrisch mit einem Drain des Strom steuernden FET 612 verbunden ist. Ein Isolator 614 ist ausgebildet, um Endabschnitte der ersten Elektrode 613 zu bedecken. Bei dieser Ausführungsform wird der Isolator 614 unter Verwendung eines positiven lichtempfindlichen Acrylharzfilms ausgebildet.

**[0141]** Um die Abdeckung zu verbessern, weist vorzugsweise der Isolator 614 eine gekrümmte Oberfläche mit der Krümmung bei seinem oberen Endabschnitt oder unteren Endabschnitt auf. Beispielsweise weist in dem Fall, in dem ein positives lichtempfindliches Acrylharz für ein Material des Isolators 614 verwendet wird, nur der obere Endabschnitt des Isolators 614 vorzugsweise eine Oberfläche mit einem Krümmungsradius (0,2  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$ ) auf. Als der Isolator 614 kann entweder ein negatives lichtempfindliches Harz oder ein positives lichtempfindliches Harz verwendet werden.

**[0142]** 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, der Silizium enthält, einem Indiumoxidfilm, der 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid enthält, einem Titanitridfilm, einem Chromfilm, einem Wolframfilm, einem Zn-Film, einem Pt-Film oder dergleichen, eine Schichtanordnung, die einen Titanitridfilm und einen Film umfasst, der Aluminium als Hauptbestandteil enthält, eine Schichtanordnung, die drei Schichten aus einem Titanitridfilm, einem Film, der Aluminium als Hauptbestandteil enthält, und einem Titanitridfilm umfasst, oder dergleichen verwendet werden. Die mehrschichtige Struktur ermöglicht einen niedrigen Leitungswiderstand, einen guten ohmschen Kontakt und eine Funktion als Anode.

**[0143]** Die EL-Schicht 616 wird durch ein beliebiges von verschiedenen Verfahren ausgebildet, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren, bei dem eine Verdampfungsmaske verwendet wird, ein Tintenstrahlverfahren und ein Rotationsbeschichtungsverfahren. Die EL-Schicht 616 weist eine Struktur auf, die derjenigen in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** ähnlich ist. Als weiteres Material, das in der EL-Schicht 616 enthalten ist, kann eine beliebige der Verbindungen mit niedrigem Molekulargewicht und der Verbindungen mit hohem Molekulargewicht (darunter auch Oligomer und Dendrimer) verwendet werden.

**[0144]** 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, Mg, Li, Ca oder eine Legierung oder eine Verbindung davon, wie z. B. MgAg, MgIn oder AlLi) verwendet. In dem Fall, in dem in der EL-Schicht 616 erzeugtes Licht durch die zweite Elektrode 617 hindurchgeht, wird vorzugsweise eine Schichtanordnung aus einem dünnen Metallfilm und einem durchsichtigen leitenden Film (z. B. ITO, Indiumoxid, das 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid enthält, Indiumzinnoxid, das Silizium enthält, oder Zinkoxid (ZnO)) für die zweite Elektrode 617 verwendet.

**[0145]** Das Dichtungssubstrat 604 wird mit dem Dichtungsmaterial 605 an dem Elementsubstrat 610 derart angebracht, dass das Licht emittierende Element 618 in dem Raum 607 bereitgestellt wird, der von dem Elementsubstrat 610, dem Dichtungssubstrat 604 und dem Dichtungsmaterial 605 umschlossen wird. Der Raum 607 kann mit einem Füllstoff gefüllt sein und kann mit einem Inertgas (wie z. B. Stickstoff oder Argon), einem Harz oder dem Dichtungsmaterial 605 gefüllt sein. Es wird bevorzugt, dass das Dichtungssubstrat mit einem vertieften Teil versehen ist und ein Trocknungsmittel in dem vertieften Teil bereitgestellt wird, in welchem Falle die Verschlechterung wegen der Beeinflussung von Feuchtigkeit unterdrückt werden kann.

**[0146]** Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise für das Dichtungsmaterial 605 verwendet. Es wird bevorzugt, dass ein derartiges Material möglichst wenig Feuchtigkeit oder Sauerstoff durchlässt. Als das 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.

**[0147]** Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann einen geringen Stromverbrauch aufweisen. Die Beleuchtungsvorrichtung kann auch kostengünstig sein.

**[0148]** **Fig. 3A** und **Fig. 3B** stellen jeweils ein Beispiel für eine Licht emittierende Vorrichtung dar, bei der Vollfarbanzeige durch Ausbilden eines weißes Licht emittierenden Elements und Bereitstellen einer Farbschicht (eines Farbfilters) und dergleichen erzielt wird. In **Fig. 3A** sind ein Substrat 1001, ein Basis-Isolierfilm 1002, ein Gate-Isolierfilm 1003, Gate-Elektroden 1006, 1007 und 1008, ein erster Zwischenschichtisolierfilm 1020, ein zweiter Zwischenschichtisolierfilm 1021, ein Peripherieabschnitt 1042, ein Pixelabschnitt 1040, ein Treiberschaltungsabschnitt 1041, erste Elektroden 1024W, 1024R, 1024G und 1024B von Licht emittierenden Elementen, eine Trennwand 1025, eine EL-Schicht 1028, eine zweite Elektrode 1029 der Licht emittierenden Elemente, ein Dichtungssubstrat 1031, ein Dichtungsmaterial 1032 und dergleichen dargestellt.

**[0149]** In **Fig. 3A** sind Farbschichten (eine rote Farbschicht 1034R, eine grüne Farbschicht 1034G und eine blaue Farbschicht 1034B) an einem durchsichtigen Basismaterial 1033 bereitgestellt. Eine schwarze Schicht (eine Schwarzmatrix) 1035 kann auch bereitgestellt sein. Das durchsichtige Basismaterial 1033, das mit den Farbschichten und der schwarzen Schicht versehen ist, ist positioniert und an dem Substrat 1001 befestigt. Es sei angemerkt, dass die Farbschichten und die schwarze Schicht mit einer Bedeckungsschicht 1036 bedeckt sind. In **Fig. 3A** geht Licht, das von einem Teil der Licht emittierenden Schicht emittiert wird, nicht durch die Farbschichten hindurch, während Licht, das von dem anderen Teil der Licht emittierenden Schicht emittiert wird, durch die Farbschichten hindurchgeht. Da das nicht durch die Farbschichten hindurchgehende Licht weiß ist und das durch eine der Farbschichten hindurchgehende Licht rot, blau oder grün ist, kann ein Bild unter Verwendung von Pixeln für die vier Farben angezeigt werden.

**[0150]** **Fig. 3B** stellt ein Beispiel dar, in dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) zwischen dem Gate-Isolierfilm 1003 und dem ersten Zwischenschichtisolierfilm 1020 bereitgestellt sind. Wie in **Fig. 3B** gezeigt, können die Farbschichten zwischen dem Substrat 1001 und dem Dichtungssubstrat 1031 angeordnet sein.

**[0151]** Die oben beschriebene Licht emittierende Vorrichtung weist eine Struktur auf, bei der Licht von der Seite des Substrats 1001 entnommen wird, auf der die FETs ausgebildet sind (eine Bottom-Emission-Struktur), aber sie kann eine Struktur aufweisen, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats 1031 entnommen wird (eine Top-Emission-Struktur). **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht einer Licht emittierenden Vorrichtung mit einer Top-Emission-Struktur. In diesem Fall kann ein Substrat, das kein Licht durchlässt, als das Substrat 1001 verwendet werden. Der Prozess bis zum Schritt zum Ausbilden einer Verbindungselektrode, die den FET und die Anode des Licht emittierenden Elements verbindet, wird ähnlich wie diejenige der Licht emittierenden Vorrichtung mit einer Bottom-Emission-Struktur durchgeführt. Ein dritter Zwischenschichtisolierfilm 1037 ist dann ausgebildet, um eine Elektrode 1022 zu bedecken. Dieser Isolierfilm kann eine Ebnungsfunktion aufweisen. Der dritte Zwischenschichtisolierfilm 1037 kann unter Verwendung eines Materials, das demjenigen des zweiten Zwischenschichtisolierfilms ähnlich ist, ausgebildet werden und kann alternativ unter Verwendung ein beliebiges der anderen Materialien ausgebildet werden.

**[0152]** Die ersten Elektroden 1024W, 1024R, 1024G und 1024B der Licht emittierenden Elemente dienen hier zwar jeweils als Anode, aber sie können auch als Kathode dienen. Im Falle einer in **Fig. 4** dargestellten Licht emittierenden Vorrichtung mit einer Top-Emission-Struktur sind die ersten Elektroden vorzugsweise reflektierende Elektroden. Die EL-Schicht 1028 wird derart ausgebildet, dass sie eine Struktur aufweist, die der in **Fig. 1A** dargestellten Struktur der EL-Schicht 103 ähnlich ist, bei der weiße Lichtemission erhalten werden kann.

**[0153]** Im Falle einer Top-Emission-Struktur wie in **Fig. 4** kann die Abdichtung 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 (der Schwarzmatrix) 1035 versehen sein, die zwischen Pixeln liegt. Die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) und die schwarze Schicht (die Schwarzmatrix) 1035 können mit einer Bedeckungsschicht bedeckt sein. Es sei angemerkt, dass ein lichtdurchlässiges Substrat als das Dichtungssubstrat 1031 verwendet wird.

**[0154]** Ein Beispiel, in dem Vollfarbanzeige unter Verwendung von vier Farben, nämlich Rot, Grün, Blau und Weiß, durchgeführt wird, wird zwar hier gezeigt; es gibt jedoch keine besondere Beschränkung, und Vollfarbanzeige kann unter Verwendung von drei Farben, nämlich Rot, Grün und Blau, durchgeführt werden.

**[0155]** Die Licht emittierende Vorrichtung bei dieser Ausführungsform wird unter Verwendung des in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Licht emittierenden Elements hergestellt und kann deshalb vorteilhafte Eigenschaften aufweisen. Konkret gesagt: Da das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element

eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann die Licht emittierende Vorrichtung einen verringerten Stromverbrauch aufweisen. Darüber hinaus kann, da das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element relativ leicht in großen Mengen hergestellt wird, die Licht emittierende Vorrichtung mit geringen Kosten bereitgestellt werden.

**[0156]** Eine Licht emittierende Aktivmatrix-Vorrichtung ist oben beschrieben worden, wohingegen eine Licht emittierende Passivmatrix-Vorrichtung nachstehend beschrieben wird. **Fig. 5A** und **Fig. 5B** stellen eine Licht emittierende Passivmatrix-Vorrichtung dar, die unter Verwendung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wird. **Fig. 5A** ist eine perspektivische Ansicht der Licht emittierenden Vorrichtung, und **Fig. 5B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie X-Y in **Fig. 5A**. In **Fig. 5A** und **Fig. 5B** ist über einem Substrat 951 eine EL-Schicht 955 zwischen einer Elektrode 952 und einer Elektrode 956 bereitgestellt. Ein Endabschnitt der Elektrode 952 ist mit einer Isolierschicht 953 bedeckt. Eine Trennwandschicht 954 ist ferner über der Isolierschicht 953 bereitgestellt. Die Seitenwände der Trennwandschicht 954 sind abgeschrägt, so dass der Abstand zwischen einer Seitenwand und der anderen Seitenwand in Richtung der Oberfläche des Substrats allmählich abnimmt. Mit anderen Worten ist ein Querschnitt entlang der Richtung der kurzen Seite der Trennwandschicht 954 trapezförmig, und die untere Seite (eine Seite, die sich in der gleichen Richtung wie eine plane Richtung der Isolierschicht 953 und in Kontakt mit der Isolierschicht 953 befindet) ist kürzer als die obere Seite (eine Seite, die sich in der gleichen Richtung wie die plane Richtung der Isolierschicht 953 befindet und sich nicht in Kontakt mit der Isolierschicht 953 befindet). Indem die Trennwandschicht 954 derart bereitgestellt wird, kann Fehler des Licht emittierenden Elements wegen der statischen Elektrizität oder dergleichen verhindert werden. Die Licht emittierende Passivmatrix-Vorrichtung beinhaltet auch das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element, das eine hohe Emissionseffizienz aufweist, und kann daher einen geringeren Stromverbrauch aufweisen. Darüber hinaus kann, da das Licht emittierende Element leicht in großen Mengen hergestellt wird, die Licht emittierende Vorrichtung mit geringen Kosten bereitgestellt werden.

**[0157]** Da viele mikrofeine Licht emittierende Elemente in einer Matrix bei der oben beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung jeweils gesteuert werden können, kann die Licht emittierende Vorrichtung als Anzeigevorrichtung zum Anzeigen von Bildern angemessen verwendet werden.

(Beleuchtungsvorrichtung)

**[0158]** Ein Beispiel, in dem das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element für eine Beleuchtungsvorrichtung verwendet wird, wird anhand von **Fig. 6A** und **Fig. 6B** beschrieben. **Fig. 6B** ist eine Draufsicht auf die Beleuchtungsvorrichtung, und **Fig. 6A** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie e-f in **Fig. 6B**.

**[0159]** Bei der Beleuchtungsvorrichtung bei dieser Ausführungsform ist eine erste Elektrode 401 über einem Substrat 400 ausgebildet, das eine Stütze ist und Lichtdurchlässigkeit aufweist. Die erste Elektrode 401 entspricht der ersten Elektrode 101 in **Fig. 1A**. Wenn Licht durch die Seite der ersten Elektrode 401 entnommen wird, wird die erste Elektrode 401 unter Verwendung eines Materials mit Lichtdurchlässigkeit ausgebildet.

**[0160]** Eine Kontaktstelle 412 zum Anlegen einer Spannung an eine zweite Elektrode 404 ist über dem Substrat 400 bereitgestellt.

**[0161]** Eine EL-Schicht 403 ist über der ersten Elektrode 401 ausgebildet. Die Struktur der EL-Schicht 403 entspricht beispielsweise der Struktur der EL-Schicht 103 in **Fig. 1A** oder der Struktur, bei der die erste Licht emittierende Einheit 511, die zweite Licht emittierende Einheit 512 und die Ladungserzeugungsschicht 513 in **Fig. 1B** kombiniert sind. Bezüglich dieser Strukturen kann auf die entsprechende Beschreibung Bezug genommen werden.

**[0162]** Die zweite Elektrode 404 ist derart ausgebildet, dass sie die EL-Schicht 403 bedeckt. Die zweite Elektrode 404 entspricht der zweiten Elektrode 102 in **Fig. 1A**. Die zweite Elektrode 404 wird unter Verwendung eines Materials mit einem hohen Reflexionsgrad ausgebildet, wenn Licht durch die Seite der ersten Elektrode 401 entnommen wird. Die zweite Elektrode 404 ist mit der Kontaktstelle 412 verbunden, wodurch eine Spannung daran angelegt wird.

**[0163]** Wie oben beschrieben, beinhaltet die Beleuchtungsvorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Licht emittierendes Element, das die erste Elektrode 401, die EL-Schicht 403 und die zweite Elektrode 404 beinhaltet.

**[0164]** Das Licht emittierende Element mit der vorstehenden Struktur wird an einem Dichtungssubstrat 407 mittels Dichtungsmaterialien 405 und 406 befestigt, und die Abdichtung wird durchgeführt, wodurch die Beleuchtungsvorrichtung fertiggestellt wird. Es ist möglich, entweder das Dichtungsmaterial 405 oder das Dichtungsmaterial 406 allein zu verwenden. Außerdem kann das innere Dichtungsmaterial 406 (nicht in **Fig. 6B** dargestellt) mit einem Trocknungsmittel vermischt werden, was die Adsorption von Feuchtigkeit ermöglicht, was zu einer erhöhten Zuverlässigkeit führt.

**[0165]** Wenn sich Teile der Kontaktstelle 412 und der ersten Elektrode 401 außerhalb der Dichtungsmaterialien 405 und 406 erstrecken, können die ausgedehnten Teile als externe Eingangsanschlüsse dienen. Ein IC-Chip 420, an dem ein Wandler oder dergleichen montiert ist, kann über den externen Eingangsanschlüssen bereitgestellt sein.

**[0166]** Da die bei dieser Ausführungsform beschriebene Beleuchtungsvorrichtung, wie oben beschrieben, das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element als EL-Element beinhaltet, kann die Beleuchtungsvorrichtung einen geringen Stromverbrauch aufweisen. Außerdem kann die Licht emittierende Vorrichtung eine niedrige Betriebsspannung aufweisen. Des Weiteren kann die Licht emittierende Vorrichtung kostengünstig sein.

(elektronisches Gerät)

**[0167]** Als Nächstes werden Beispiele für elektronische Geräte beschrieben, die jeweils das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element beinhalten. Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element weist eine hohe Emissionseffizienz und einen verringerten Stromverbrauch auf. Als Ergebnis können die bei dieser Ausführungsform beschriebenen elektronischen Geräte jeweils einen Licht emittierenden Abschnitt mit einem verringerten Stromverbrauch beinhalten. Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element beinhaltet eine kleinere Anzahl von auszubildenden Schichten; daher können die elektronischen Geräte kostengünstig sein.

**[0168]** Beispiele für das elektronische Gerät, auf das das vorstehende Licht emittierende Element angewendet wird, umfassen Fernsehgeräte (auch als TV oder Fernsehempfänger bezeichnet), Monitore für Computer und dergleichen, Kameras, wie z. B. Digitalkameras und digitale Videokameras, digitale Phtorahmen, Mobiltelefone (auch als Handys oder tragbare Telefongeräte bezeichnet), tragbare Spielkonsolen, tragbare Informationsendgeräte, Audiowiedergabegeräte und große Spielautomaten, wie z. B. Flipperautomaten. Konkrete Beispiele für diese elektronischen Geräte werden unten angegeben.

**[0169]** **Fig. 7A** stellt ein Beispiel für ein Fernsehgerät dar. Bei dem Fernsehgerät ist ein Anzeigeabschnitt 7103 in einem Gehäuse 7101 eingebaut. Zusätzlich wird hier das Gehäuse 7101 von einem Ständer 7105 getragen. Bilder können auf dem Anzeigeabschnitt 7103 angezeigt werden, in dem die **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Licht emittierenden Elemente in einer Matrix angeordnet sind.

**[0170]** Das Fernsehgerät kann mittels eines Bedienungsschalters des Gehäuses 7101 oder einer separaten Fernbedienung 7110 bedient werden. Durch Bedienungstasten 7109 der Fernbedienung 7110 können die Fernsehsender und die Lautstärke gesteuert werden, und Bilder, die auf dem Anzeigeabschnitt 7103 angezeigt werden, können gesteuert werden. Außerdem kann die Fernbedienung 7110 mit einem Anzeigeabschnitt 7107 zum Anzeigen von Daten versehen sein, die von der Fernbedienung 7110 ausgegeben werden.

**[0171]** Es sei angemerkt, dass das Fernsehgerät mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen ausgestattet ist. Mit dem Empfänger kann eine allgemeine Fernsehsendung empfangen werden. Wenn darüber hinaus die Anzeigevorrichtung mit einem Kommunikationsnetzwerk drahtlos oder drahtgebunden über das Modem verbunden ist, kann eine monodirektionale (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine bidirektionale (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Datenkommunikation erfolgen.

**[0172]** **Fig. 7B1** stellt einen Computer dar, der einen Hauptteil 7201, ein Gehäuse 7202, einen Anzeigeabschnitt 7203, eine Tastatur 7204, einen externen Verbindungsanschluss 7205, eine Zeigevorrichtung 7206 und dergleichen beinhaltet. Es sei angemerkt, dass dieser Computer hergestellt wird, indem in einer Matrix angeordnete Licht emittierende Elemente, die gleich dem in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Element sind, in dem Anzeigeabschnitt 7203 verwendet werden. Der Computer in **Fig. 7B1** kann eine in **Fig. 7B2** dargestellte Struktur aufweisen. Ein Computer in **Fig. 7B2** ist mit einem zweiten Anzeigeabschnitt 7210 anstatt der Tastatur 7204 und der Zeigevorrichtung 7206 versehen. Der zweite Anzeigeabschnitt 7210 ist ein

Touchscreen, und die Eingabe kann durchgeführt werden, indem die Anzeige zur Eingabe auf dem zweiten Anzeigeabschnitt 7210 mit einem Finger oder einem zugehörigen Stift gesteuert wird. Der zweite Anzeigeabschnitt 7210 kann auch andere Bilder als die Anzeige zur Eingabe anzeigen. Der Anzeigeabschnitt 7203 kann auch ein Touchscreen sein. Eine Verbindung der zwei Bildschirme mittels eines Gelenks kann Probleme verhindern; beispielsweise kann verhindert werden, dass die Bildschirme gerissen oder beschädigt werden, während der Computer gelagert ist oder man ihn mitführt. Es sei angemerkt, dass dieser Computer durch Anordnen der in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Licht emittierenden Elemente in einer Matrix in dem Anzeigeabschnitt 7203 hergestellt wird.

**[0173]** **Fig. 7C** stellt eine tragbare Spielkonsole dar, die zwei Gehäuse, ein Gehäuse 7301 und ein Gehäuse 7302, beinhaltet, die über einen Gelenkteil 7303 verbunden sind, so dass die tragbare Spielkonsole geöffnet oder zusammengeklappt werden kann. Das Gehäuse 7301 enthält einen Anzeigeabschnitt 7304, der die Licht emittierenden Elemente beinhaltet, die in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellt sind und in einer Matrix angeordnet sind, und das Gehäuse 7302 enthält einen Anzeigeabschnitt 7305. Außerdem beinhaltet die tragbare Spielkonsole in **Fig. 7C** einen Lautsprecherabschnitt 7306, einen Aufzeichnungsmedien-Einsetzabschnitt 7307, eine LED-Lampe 7308, ein Eingabemittel (eine Bedienungstaste 7309, einen Verbindungsanschluss 7310, einen Sensor 7311 (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemischer Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrischem Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussmenge, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahlen) oder ein Mikrofon 7312) und dergleichen. Natürlich ist die Struktur der tragbaren Spielkonsole nicht auf die obige Struktur beschränkt, sofern der Anzeigeabschnitt, der die Licht emittierenden Elemente beinhaltet, die jeweils in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellt sind und in einer Matrix angeordnet sind, als der Anzeigeabschnitt 7304 und/oder der Anzeigeabschnitt 7305 verwendet wird, und die Struktur kann soweit erforderlich andere Zubehörteile beinhalten. Die tragbare Spielkonsole in **Fig. 7C** weist eine Funktion zum Lesen eines Programms oder der Daten, das/die in einem Speichermedium gespeichert ist/sind, um es/sie auf dem Anzeigeabschnitt anzuzeigen, und eine Funktion zum Teilen einer Information mit einer anderen tragbaren Spielkonsole über drahtlose Kommunikation auf. Die tragbare Spielkonsole in **Fig. 7C** kann verschiedene Funktionen ohne Beschränkung auf die obigen Funktionen aufweisen.

**[0174]** **Fig. 7D** stellt ein Beispiel für ein Mobiltelefon dar. Das Mobiltelefon ist mit einem Anzeigeabschnitt 7402, der in einem Gehäuse 7401 eingebaut ist, einem Bedienungsknopf 7403, einem externen Verbindungsanschluss 7404, einem Lautsprecher 7405, einem Mikrofon 7406 und dergleichen ausgestattet. Es sei angemerkt, dass das Mobiltelefon den Anzeigeabschnitt 7402 beinhaltet, der die Licht emittierenden Elemente beinhaltet, die jeweils in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellt sind und in einer Matrix angeordnet sind.

**[0175]** Wenn der Anzeigeabschnitt 7402 des Mobiltelefons in **Fig. 7D** mit einem Finger oder dergleichen berührt wird, können Daten in das Mobiltelefon eingegeben werden. In diesem Fall können Bedienungen, wie z. B. Anrufen und Schreiben einer E-Mail, durch Berühren des Anzeigeabschnitts 7402 mit einem Finger oder dergleichen durchgeführt werden.

**[0176]** Es gibt hauptsächlich drei Bildschirmmodi des Anzeigeabschnitts 7402. Der erste Modus ist ein Anzeigemodus, um hauptsächlich Bilder anzuzeigen. Der zweite Modus ist ein Eingabemodus, um hauptsächlich Daten, wie z. B. Text, einzugeben. Der dritte Modus ist ein Anzeige- und Eingabemodus, bei dem zwei Modi, der Anzeigemodus und der Eingabemodus, kombiniert werden.

**[0177]** Zum Beispiel wird in dem Fall, in dem ein Anruf getätigt wird oder eine E-Mail erstellt wird, ein Text-Eingabemodus, um hauptsächlich Text einzugeben, für den Anzeigeabschnitt 7402 ausgewählt, so dass der auf einem Bildschirm dargestellte Text eingegeben werden kann. In diesem Fall wird es bevorzugt, dass eine Tastatur oder ein Zahlenfeld auf dem fast gesamten Bildschirm des Anzeigeabschnitts 7402 angezeigt wird.

**[0178]** Wenn eine Detektionsvorrichtung mit einem Sensor zum Erfassen einer Neigung, wie z. B. ein Gyroskop oder ein Beschleunigungssensor, in dem Mobiltelefon bereitgestellt wird, wird die Richtung des Mobiltelefons (ob das Mobiltelefon horizontal oder vertikal gehalten ist, für das Querformat oder Hochformat) bestimmt, so dass die Anzeige auf dem Bildschirm des Anzeigeabschnitts 7402 automatisch umgeschaltet werden kann.

**[0179]** Die Bildschirmmodi werden durch Berührung des Anzeigeabschnitts 7402 oder durch Bedienung mit dem Bedienungsknopf 7403 des Gehäuses 7401 umgeschaltet. Die Bildschirmmodi können abhängig von

der Art der auf dem Displayabschnitt 7402 angezeigten Bilder umgeschaltet werden. Wenn zum Beispiel ein Signal eines auf dem Anzeigebereich angezeigten Bildes ein Signal für Daten des bewegten Bildes ist, wird der Bildschirmmodus in den Anzeigebereich umgeschaltet. Wenn das Signal ein Signal für Textdaten ist, wird der Bildschirmmodus in den Eingabebereich umgeschaltet.

**[0180]** Des Weiteren kann dann, wenn bei dem Eingabebereich die Eingabe durch Berührung des Anzeigebereichs 7402 für eine bestimmte Dauer nicht durchgeführt wird, während ein von einem optischen Sensor in dem Anzeigebereich 7402 erfasstes Signal erfasst wird, der Bildschirmmodus derart gesteuert werden, dass er vom Eingabebereich in den Anzeigebereich umgeschaltet wird.

**[0181]** Der Anzeigebereich 7402 kann als Bildsensor dienen. Zum Beispiel wird ein Bild eines Handflächenabdrucks, eines Fingerabdrucks oder dergleichen aufgenommen, indem der Anzeigebereich 7402 mit der Handfläche oder dem Finger berührt wird, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt werden kann. Des Weiteren kann ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden, indem eine Hintergrundbeleuchtung oder eine Abtast-Lichtquelle, die Licht im nahen Infrarotbereich emittiert, in dem Anzeigebereich bereitgestellt wird.

**[0182]** Wie oben beschrieben, ist der Anwendungsbereich der Licht emittierenden Vorrichtung, die das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element beinhaltet, so weit, dass die Licht emittierende Vorrichtung auf elektronische Geräte auf verschiedenen Gebieten angewendet werden kann. Unter Verwendung des in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Licht emittierenden Elements kann ein elektronisches Gerät mit einem verringerten Stromverbrauch erhalten werden.

**[0183]** **Fig. 8** stellt ein Beispiel für eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung dar, bei der das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element für eine Hintergrundbeleuchtung verwendet wird. Die Flüssigkristallanzeigevorrichtung in **Fig. 8** beinhaltet ein Gehäuse 901, eine Flüssigkristallschicht 902, eine Hintergrundbeleuchtungseinheit 903 und ein Gehäuse 904. Die Flüssigkristallschicht 902 ist mit einer Treiber-IC 905 verbunden. Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element wird für die Hintergrundbeleuchtungseinheit 903 verwendet, der über einen Anschluss 906 Strom zugeführt wird.

**[0184]** Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element wird für die Hintergrundbeleuchtung der Flüssigkristallanzeigevorrichtung verwendet. Daher kann die Hintergrundbeleuchtung einen verringerten Stromverbrauch aufweisen. Die Verwendung des in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Licht emittierenden Elements ermöglicht zusätzlich die Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung mit planarer Emission und ferner die Herstellung einer großflächigen Beleuchtungsvorrichtung mit planarer Emission; deshalb kann die Hintergrundbeleuchtung eine großflächige Hintergrundbeleuchtung sein, und die Flüssigkristallanzeigevorrichtung kann auch eine großflächige Vorrichtung sein. Außerdem kann die Licht emittierende Vorrichtung, bei der das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element verwendet wird, dünner sein als eine herkömmliche Licht emittierende Vorrichtung. Dementsprechend kann die Anzeigevorrichtung ebenfalls dünner sein.

**[0185]** **Fig. 9** stellt ein Beispiel dar, in dem das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element für eine Tischlampe, die eine Beleuchtungsvorrichtung ist, verwendet wird. Die Tischlampe in **Fig. 9** beinhaltet ein Gehäuse 2001 und eine Lichtquelle 2002. Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Beleuchtungselement wird für die Lichtquelle 2002 verwendet.

**[0186]** **Fig. 10** stellt ein Beispiel dar, in dem das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element für eine Innenbeleuchtungsvorrichtung 3001 verwendet wird. Da das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element eine große Fläche aufweisen kann, kann das Licht emittierende Element für eine großflächige Beleuchtungsvorrichtung verwendet werden. Da des Weiteren das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element dünn ist, kann das Licht emittierende Element für eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer verringerten Dicke verwendet werden.

**[0187]** Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element kann auch für eine Autowindschutzscheibe oder ein Autoarmaturenbrett verwendet werden. **Fig. 11** stellt eine Ausführungsform dar, bei der das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierenden Element für eine Autowindschutzscheibe und ein Autoarmaturenbrett verwendet wird. Anzeigebereiche 5000 bis 5005 beinhalten jeweils das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element.

[0188] Der Anzeigebereich 5000 und der Anzeigebereich 5001 sind in der Autowindschutzscheibe bereitgestellt, in denen die in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellten Licht emittierenden Elemente eingebaut sind. Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element kann als so genannte durchsichtige Anzeigevorrichtung, durch die die Gegenseite gesehen werden kann, hergestellt werden, wenn eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode darin enthalten werden, die unter Verwendung von Elektroden mit Lichtdurchlässigkeiten ausgebildet werden. Eine solche durchsichtige Anzeigevorrichtung beeinträchtigt die Sicht nicht und kann daher in der Autowindschutzscheibe bereitgestellt sein. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem ein Transistor zum Treiben oder dergleichen bereitgestellt wird, vorzugsweise ein Transistor mit Lichtdurchlässigkeit verwendet wird, wie z. B. ein organischer Transistor unter Verwendung eines organischen Halbleitermaterials oder ein Transistor unter Verwendung eines Oxidhalbleiters.

[0189] In einem Säulenbereich ist ein Anzeigebereich 5002 bereitgestellt, in dem das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element eingebaut ist. Der Anzeigebereich 5002 kann die von dem Säulenbereich behinderte Sicht durch Anzeigen eines Bildes, das von einer Abbildungseinheit in der Karosserie aufgenommen wird, ergänzen. Der Anzeigebereich 5003 in dem Armaturenbrett kann in einer ähnlichen Weise die von der Karosserie behinderte Sicht durch Anzeigen eines Bildes, das von einer Abbildungseinheit außerhalb der Karosserie aufgenommen wird, ergänzen, was zu einer Beseitigung der toten Winkel und einer Erhöhung der Sicherheit führt. Das Anzeigen eines Bildes zur Ergänzung für den Bereich, den ein Fahrer nicht sehen kann, ermöglicht, dass der Fahrer einfach und bequem die Sicherheit feststellt.

[0190] Der Anzeigebereich 5004 und der Anzeigebereich 5005 können verschiedene Arten von Informationen anzeigen, wie z. B. Navigationsdaten, einen Geschwindigkeitsmesser, einen Tachometer, einen Kilometerstand, eine Tankanzeige, eine Schaltanzeige und eine Einstellung der Klimaanlage. Der Inhalt oder die Anordnung der Anzeige kann von einem Benutzer angemessen geändert werden. Es sei angemerkt, dass solche Informationen auch durch die Anzeigebereiche 5000 bis 5003 angezeigt werden können. Die Anzeigebereiche 5000 bis 5005 können auch als Beleuchtungsvorrichtungen verwendet werden.

[0191] Das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element kann eine hohe Emissionseffizienz und einen geringen Stromverbrauch aufweisen.

[0192] Deshalb ist die Belastung auf eine Batterie klein, auch wenn viele große Bildschirme, wie z. B. die Anzeigebereiche 5000 bis 5005, bereitgestellt sind, was zu einer bequemen Benutzung führt. Aus diesem Grund können die Licht emittierende Vorrichtung und die Beleuchtungsvorrichtung, die jeweils das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element beinhalten, nach Bedarf als Licht emittierende Vorrichtung im Fahrzeug und Beleuchtungsvorrichtung im Fahrzeug verwendet werden.

[0193] **Fig. 12A** und **Fig. 12B** stellen ein Beispiel für einen zusammenklappbaren Tablet-Computer dar. Der Tablet-Computer ist in **Fig. 12A** geöffnet und beinhaltet ein Gehäuse 9630, einen Anzeigebereich 9631a, einen Anzeigebereich 9631b, einen Knopf 9034 zum Umschalten des Anzeigemodus, einen Netzschalter 9035, einen Knopf 9036 zum Umschalten des Stromsparmodus, eine Spange 9033 und einen Bedienungsknopf 9038. Es sei angemerkt, dass bei dem Tablet-Computer der Anzeigebereich 9631a und/oder der Anzeigebereich 9631b unter Verwendung einer Licht emittierenden Vorrichtung ausgebildet sind/ist, die das in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellte Licht emittierende Element beinhaltet.

[0194] Ein Teil des Anzeigebereichs 9631a kann ein Touchscreen-Gebiet 9632a sein, und Daten können eingegeben werden, wenn eine angezeigte Bedienungstaste 9637 berührt wird. Obwohl eine Struktur, bei der ein halber Bereich in dem Anzeigebereich 9631a nur eine Anzeigefunktion aufweist und der andere halbe Bereich auch eine Touchscreenfunktion aufweist, beispielhaft dargestellt ist, ist die Struktur des Anzeigebereichs 9631a nicht darauf beschränkt. Der ganze Bereich des Anzeigebereichs 9631a kann eine Touchscreenfunktion aufweisen. Beispielsweise kann der ganze Bereich des Anzeigebereichs 9631a eine Tastaturschaltfläche anzeigen und als Touchscreen dienen, während der Anzeigebereich 9631b als Anzeigebildschirm verwendet werden kann.

[0195] Wie bei dem Anzeigebereich 9631a kann ein Teil des Anzeigebereichs 9631b ein Touchscreen-Gebiet 9632b sein. Wenn eine Schalterschaltfläche 9639 zum Anzeigen/Verbergen einer Tastatur auf dem Touchscreen mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen berührt wird, kann die Tastatur auf dem Anzeigebereich 9631b angezeigt werden.

[0196] Eine berührungsempfindliche Eingabe kann an den Touchscreen-Gebieten 9632a und 9632b gleichzeitig durchgeführt werden.

[0197] Der Knopf 9034 zum Umschalten des Anzeigemodus ermöglicht beispielsweise das Umschalten zwischen einem Hochformat und einem Querformat und zwischen monochromer Anzeige und Farbanzeige. Mit dem Knopf 9036 zum Umschalten des Stromsparmodus kann man beim Verwenden des Tablet-Computers die Leuchtdichte der Anzeige entsprechend der Menge an Außenlicht optimieren, das durch einen optischen Sensor in dem Tablet-Computer erfasst wird. Der Tablet-Computer kann eine weitere Detektorvorrichtung, wie z. B. einen Sensor zum Erfassen der Orientierung (z. B. ein Gyroskop oder einen Beschleunigungssensor), zusätzlich zu dem optischen Sensor beinhalten.

[0198] Obwohl der Anzeigeabschnitt 9631a und der Anzeigeabschnitt 9631b in **Fig. 12A** die gleiche Anzeigefläche aufweisen, ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf dieses Beispiel beschränkt. Der Anzeigeabschnitt 9631a und der Anzeigeabschnitt 9631b können unterschiedliche Flächen oder unterschiedliche Anzeigequalität aufweisen. Beispielsweise kann einer von ihnen ein Anzeigefeld sein, das Bilder mit höherer Auflösung als der andere anzeigen kann.

[0199] In **Fig. 12B** ist der Tablet-Computer zusammengeklappt und beinhaltet das Gehäuse 9630, eine Solarzelle 9633, eine Lade- und Entladesteuerschaltung 9634, eine Batterie 9635 und einen Gleichspannungswandler 9636. Es sei angemerkt, dass **Fig. 12B** ein Beispiel darstellt, in dem die Lade- und Entladesteuerschaltung 9634 die Batterie 9635 und den Gleichspannungswandler 9636 beinhaltet.

[0200] Da der Tablet-Computer zusammenklappbar ist, kann das Gehäuse 9630 geschlossen sein, wenn der Tablet-Computer nicht verwendet wird. Folglich können die Anzeigeabschnitte 9631a und 9631b geschützt werden, wodurch ein Tablet-Computer mit hoher Beständigkeit und hoher Zuverlässigkeit hinsichtlich der Langzeitverwendung bereitgestellt werden kann.

[0201] Der Tablet-Computer in **Fig. 12A** und **Fig. 12B** kann auch eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Arten von Daten (z. B. eines Standbildes, eines bewegten Bildes und eines Textbildes), eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, eines Datums, der Zeit oder dergleichen auf dem Anzeigeabschnitt, eine berührungsempfindliche Eingabefunktion zum Bedienen oder Bearbeiten von auf dem Anzeigeabschnitt angezeigten Daten durch eine berührungsempfindliche Eingabe, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung durch verschiedene Arten von Software (Programmen) und dergleichen aufweisen.

[0202] Die Solarzelle 9633, die an der Oberfläche des Tablet-Computers befestigt ist, führt einem Touchscreen, einem Anzeigeabschnitt, einem Bildsignalprozessor und dergleichen elektrischen Strom zu. Es sei angemerkt, dass die Solarzelle 9633 vorzugsweise an einer oder zwei Oberflächen des Gehäuses 9630 angeordnet ist, wobei die Batterie 9635 effizient aufgeladen werden kann.

[0203] Die Struktur und die Bedienung der Lade- und Entladesteuerschaltung 9634 in **Fig. 12B** werden anhand eines Blockschemas in **Fig. 12C** beschrieben. **Fig. 12C** stellt die Solarzelle 9633, die Batterie 9635, den Gleichspannungswandler 9636, einen Wandler 9638, Schalter SW1 bis SW3 und den Anzeigeabschnitt 9631 dar. Die Batterie 9635, der Gleichspannungswandler 9636, der Wandler 9638 und die Schalter SW1 bis SW3 entsprechen der Lade- und Entladesteuerschaltung 9634 in **Fig. 12B**.

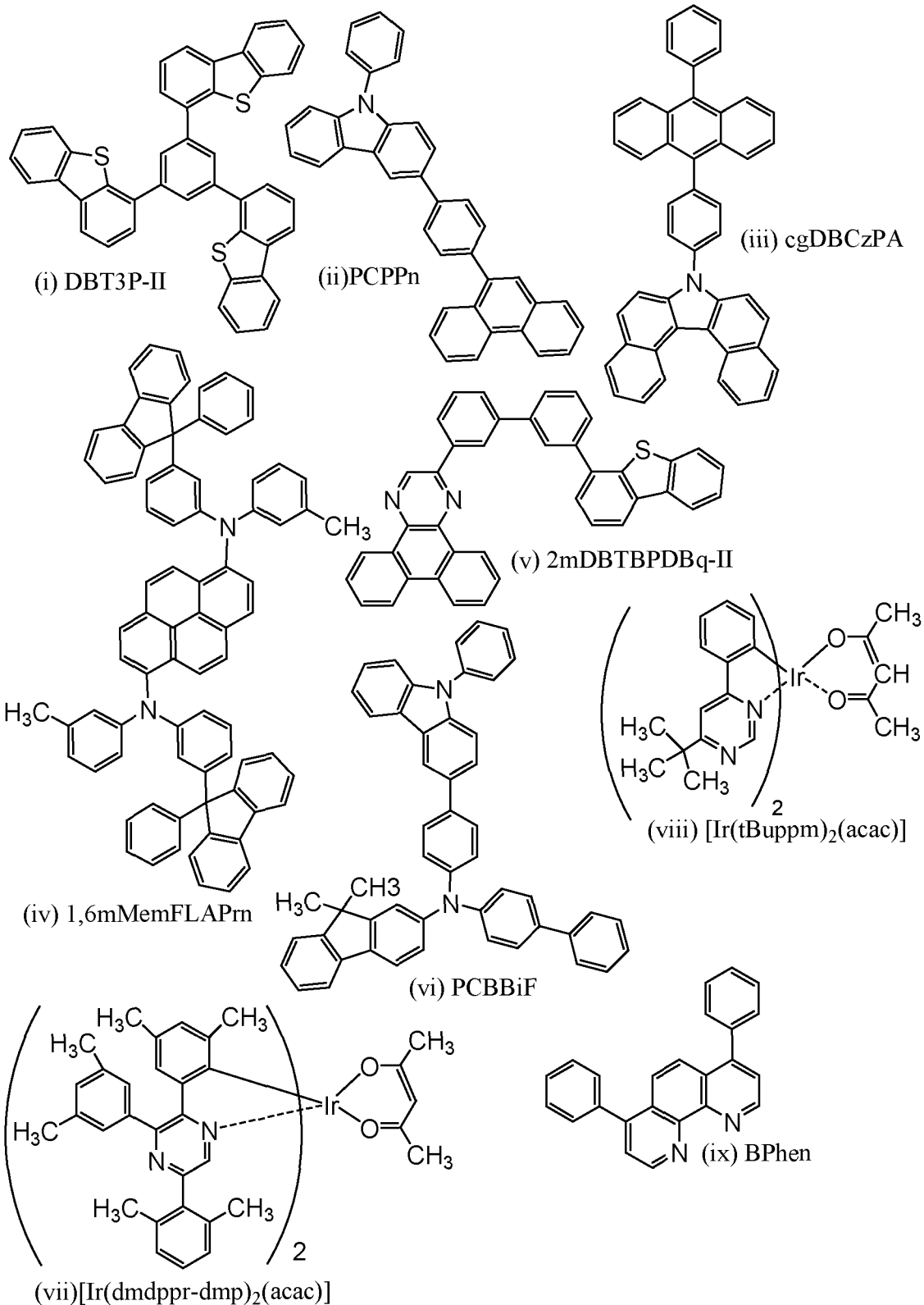
[0204] Zuerst wird ein Beispiel für die Bedienung in dem Fall, in dem Strom von der Solarzelle 9633 unter Verwendung von Außenlicht erzeugt wird, beschrieben. Die Spannung des von der Solarzelle erzeugten Stroms wird durch den Gleichspannungswandler 9636 erhöht oder verringert, so dass der Strom eine Spannung zum Aufladen der Batterie 9635 aufweist. Anschließend wird dann, wenn Strom aus der Batterie 9635, die von der Solarzelle 9633 aufgeladen wird, für die Bedienung des Anzeigeabschnitts 9631 verwendet wird, der Schalter SW1 eingeschaltet, und die Spannung des Stroms wird von dem Wandler 9638 erhöht oder verringert, um zu einer Spannung, die für den Anzeigeabschnitt 9631 nötig ist, zu werden. Wenn außerdem die Anzeige auf dem Anzeigeabschnitt 9631 nicht durchgeführt wird, wird der Schalter SW1 ausgeschaltet, und ein Schalter SW2 wird eingeschaltet, so dass das Aufladen der Batterie 9635 durchgeführt werden kann.

[0205] Die Solarzelle 9633 wird zwar als Beispiel für ein Stromerzeugungsmittel beschrieben, es gibt aber keine besondere Beschränkung hinsichtlich des Stromerzeugungsmittels, und die Batterie 9635 kann durch ein anderes Stromerzeugungsmittel, wie z. B. ein piezoelektrisches Element oder ein thermoelektrisches Wandlerelement (Peltier-Element), aufgeladen werden. Die Batterie 9635 kann von einem kontaktfreien Stromübertragungsmodul, das durch drahtloses (kontaktloses) Übermitteln und Empfangen von Strom ein Aufladen durchführen kann, oder ein anderes Mittel zum Aufladen, das in einer Kombination verwendet wird, aufgeladen werden, und das Stromerzeugungsmittel wird nicht notwendigerweise bereitgestellt.

**[0206]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist nicht auf den Tablet-Computer mit der in **Fig. 12A** bis **Fig. 12C** dargestellten Form beschränkt, solange der Anzeigeabschnitt 9631 enthalten ist.

[Beispiel 1]

**[0207]** In diesem Beispiel werden Verfahren zum Herstellen von Licht emittierenden Elementen 1 bis 3, die jeweils eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind, und von einem Licht emittierenden Element 4, das ein Licht emittierendes Vergleichselement ist, und ihre Eigenschaften beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 verwendet wurden, werden nachstehend gezeigt.



(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 1)

**[0208]** Ein Film aus Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), wurde über einem Glassubstrat durch ein Sputterverfahren ausgebildet, so dass die erste Elektrode 101 ausgebildet wurde. Die Dicke betrug 110 nm und die Elektrodenfläche betrug 2 mm × 2 mm. Hier dient die erste Elektrode 101 als Anode des Licht emittierenden Elements.

**[0209]** Als Nächstes wurde bei der Vorbehandlung für die Ausbildung des Licht emittierenden Elements über dem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und eine Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde 370 Sekunden lang eine UV-Ozon-Behandlung durchgeführt.

**[0210]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert worden war, und wurde 30 Minuten lang im Vakuum bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung erwärmt, und dann wurde das Substrat etwa 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0211]** Dann wurde das Substrat, das mit der ersten Elektrode 101 versehen war, an einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungseinrichtung befestigt, so dass die Oberfläche, auf der die erste Elektrode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung wurde auf etwa  $10^{-4}$  Pa verringert. Danach wurden auf der ersten Elektrode 101 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothio-phen) (Abkürzung: DBT3P-II), welches durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und Molybdän(VI)-Oxid durch Co-Verdampfung durch ein Verdampfungsverfahren unter Verwendung einer Widerstandserwärmung abgeschieden, so dass die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 40 nm festgelegt, und das Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid wurde auf 4:2 (= DBT3P-II: Molybdänoxid) eingestellt. Es sei angemerkt, dass das Co-Verdampfungsverfahren ein Verdampfungsverfahren bezeichnet, bei dem die Verdampfung von einer Vielzahl von Quellen zur Verdampfung gleichzeitig in einer Behandlungskammer durchgeführt wird.

**[0212]** Als Nächstes wurde auf der Lochinjektionsschicht 111 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn), welches durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, so dass die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde.

**[0213]** Auf der Lochtransportschicht 112 wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), welches durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), welches durch die Strukturformel (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,03 (= cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn) betrug; auf diese Weise wurde die erste Licht emittierende Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, ausgebildet. Als Nächstes wurden 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), welches durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, und N-(1,1',-Biphenyl-4-yl)-N'-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), welches durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 2 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF 0,6:0,4 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF) betrug; auf diese Weise wurde die Trennschicht 113b ausgebildet. Dann wurde die erste Phosphoreszenzschicht 113c-1 derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis{4,6-dimethyl-2-[5-(2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl-kN]phenyl-kC} (2,4-pentandionato-k<sup>2</sup>O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)]), welches durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] 0,2:0,8:0,05 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)]) betrug; die zweite Phosphoreszenzschicht 113c-2 wurde anschließend derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis[2-(6-tert-butyl-4-pyrimidinyl-kN3)phenyl-kC](2,4-pentandionato-k<sup>2</sup>O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]), welches durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] 0,7:0,3:0,05 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]) betrug. Durch die vorstehenden Schritte wurde die zweite Licht emittierende Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausgebildet. Bei dem Licht emittierenden Element 1 umfasst die Licht emittierende Schicht 113 die erste Licht emittierende Schicht 113a und die zweite Licht emittierende Schicht 113c.

**[0214]** Es sei angemerkt, dass 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF einen Exciplex in der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) bilden. Diese Emissionswellenlänge überlappt mit Absorptionsbändern auf den längsten Wellenlängenseiten von [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] und [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)], so dass die Energieübertragungseffizienz hoch ist.

**[0215]** Die Singulett-Anregungsenergie von cgDBCzPA, welches ein Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) ist, ist höher als die Singulett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn, welches eine Fluoreszenzsubstanz ist. Außerdem ist die Triplett-Anregungsenergie von

cgDBCzPA niedriger als die Triplett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn. Daher werden in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) eine Wiedererzeugung eines Singulett-Exzitons, die mit der Triplett-Triplett-Annihilation gekoppelt ist, und Lichtemission leicht erhalten.

**[0216]** Danach wurde auf der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) 2mDBTBPDBq-II in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, und Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), welches durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, wurde in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0217]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, so dass die Elektroneninjectionsschicht 115 ausgebildet wurde. Schließlich wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, so dass die zweite Elektrode 102, die als Kathode diente, ausgebildet wurde. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 1 dieses Beispiels hergestellt.

**[0218]** Es sei angemerkt, dass bei allen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Elemente 2 und 3)

**[0219]** Das Licht emittierende Element 2 und das Licht emittierende Element 3 sind Elemente, bei denen die Dicke der Trennschicht 113b des Licht emittierenden Elements 1 zu 5 nm bzw. 10 nm geändert ist.

(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 4)

**[0220]** Das Licht emittierende Element 4 weist eine Struktur auf, bei der die Trennschicht 113b der Struktur des Licht emittierenden Elements 1 nicht vorhanden ist.

**[0221]** In einem Handschuhkasten in einer Stickstoffatmosphäre wurden die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 jeweils mit einem Glassubstrat abgedichtet, damit sie nicht der Luft ausgesetzt waren (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante des Elements aufgebracht und zum Zeitpunkt der Abdichtung wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Dann wurde die Zuverlässigkeit dieser Licht emittierenden Elemente gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde.

**[0222]** Die Tabelle 1 zeigt die Elementstrukturen der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

[Tabelle 1]

Lochinjektions- schicht	Lochtran- sportschicht	erste Licht emittierende Schicht	Trenn- schicht	zweite Licht emittie- rende Schicht		Elektronentrans- portschicht		Elektroneninjek- tionsschicht
				**	***			
DBT3P-II : MoOx  2:1	PCPPn	cgDBCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn  1:0, 03	*	**	***	2mDBT BPDB- q-II	BP- hen	LiF
40 nm	20 nm	5 nm	X	5 nm	20 nm	10 nm	15 nm	1 nm

\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF = 0,6:0,4

X Licht emittierendes Element 1: 2 nm, Licht emittierendes Element 2: 5 nm, Licht emittierendes Element 3: 10 nm, Licht emittierendes Element 4: 0 nm

\*\* 2mDBIHPDBq-II: PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac) = 0,2:0,8:0,05

\*\*\* 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac) = 0,7: 0,3: 0,05

**[0223]** Fig. 13 zeigt Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4. Fig. 14 zeigt Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4. Fig. 15

zeigt Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4. **Fig. 16** zeigt Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4. **Fig. 17** zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4.

**[0224]** Obwohl die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 keine Zwischenschicht beinhalteten, wiesen die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4, wie aus den Eigenschaften ersichtlich ist, eine Stromeffizienz von 40 cd/A oder höher bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup> und eine externe Quantenausbeute von 18 % oder höher auf. Dies deutet darauf hin, dass die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 eine hohe Emissionseffizienz aufwiesen. Die Betriebsspannung bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup> ist sehr niedrig, d. h., sie liegt im 3 V-Bereich, welche viel niedriger ist als die Betriebsspannung eines Licht emittierenden Tandemelements. Darüber hinaus wiesen die Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 jeweils eine sehr vorteilhafte Effizienz auf: eine externe Quantenausbeute von 19 % oder höher bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>. Die Tabelle 2 zeigt Werte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 2]

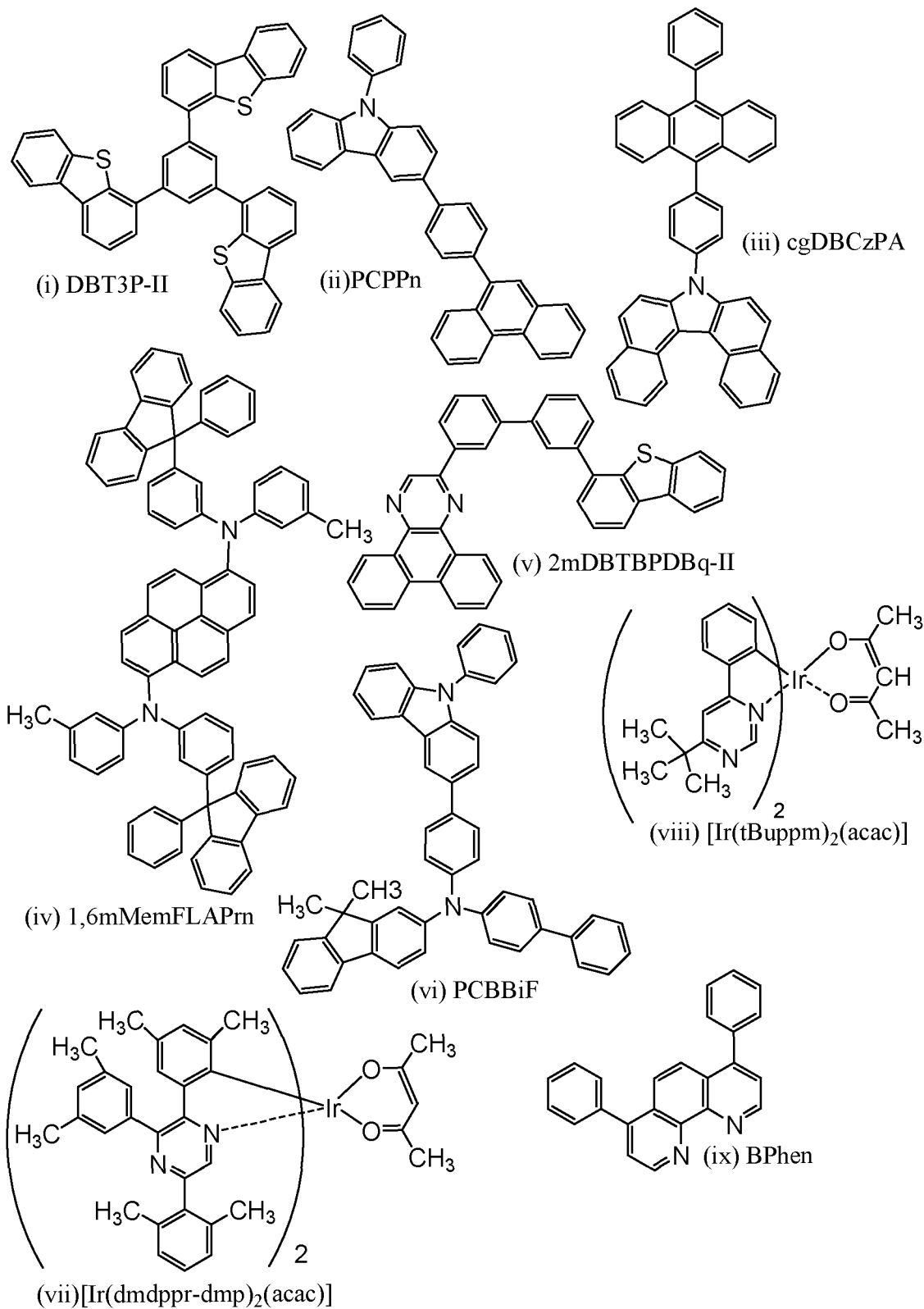
	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quantenausbeute (%)	Energieeffizienz (%)	korrelierte Farbtemperatur (K)	duv
Licht emittierendes Element 1	3, 1	1, 8	47	48	20	14	2570	0, 011
Licht emittierendes Element 2	3, 2	2, 0	43	42	19	13	2520	0, 01
Licht emittierendes Element 3	3, 3	2, 8	40	38	19	12	2180	0, 006
Licht emittierendes Element 4	3, 2	2, 5	45	44	18	12	2930	0, 016

**[0225]** Des Weiteren zeigt das Emissionsspektrum in **Fig. 17**, dass rote Lichtemission, die von [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] stammt, grüne Lichtemission, die von [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] stammt, und blaue Lichtemission, die von 1,6mMemFLPAPrn stammt, beobachtet wurden. Dies deutet darauf hin, dass Lichtemission sowohl von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, als auch von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausreichend erhalten wurde.

**[0226]** Wie oben beschrieben, wiesen die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 in hohem Maße gut ausgewogene, vorteilhafte Eigenschaften auf und konnten leicht und kostengünstig hergestellt werden. Die oben beschriebenen Ergebnisse wurden auf das Folgende zurückgeführt: Diffusion von Exzitonen wurde unterdrückt und nichtstrahlender Zerfall der Triplett-Anregungsenergie wurde verringert, indem der Exciplex als Energiedonator der Phosphoreszenzschicht verwendet wurde, und die Emissionseffizienz wurde infolge des Auftretens der verzögerten Fluoreszenz aufgrund der Triplett-Triplett-Annihilation in dem Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht erhöht. Unter Verwendung der Trennschicht 113b wird die Energieübertragung von der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) auf die Fluoreszenzschicht (die erste Licht emittierende Schicht 113a) an ihrer Grenzfläche unterdrückt; daher können die Licht emittierenden Elemente 1 bis 3 noch bessere Eigenschaften aufweisen.

[Beispiel 2]

**[0227]** In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements 5 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und werden seine Eigenschaften beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für das Licht emittierende Element 5 verwendet wurden, werden nachstehend gezeigt.



(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 5)

**[0228]** Ein Film aus Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), wurde über einem Glassubstrat durch ein Sputterverfahren ausgebildet, so dass die erste Elektrode 101 ausgebildet wurde. Die Dicke betrug 110 nm und die Elektrodenfläche betrug 2 mm × 2 mm. Hier dient die erste Elektrode 101 als Anode des Licht emittierenden Elements.

**[0229]** Als Nächstes wurde bei der Vorbehandlung für die Ausbildung des Licht emittierenden Elements über dem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und eine Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde 370 Sekunden lang eine UV-Ozon-Behandlung durchgeführt.

**[0230]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert worden war, und wurde 30 Minuten lang im Vakuum bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung erwärmt, und dann wurde das Substrat etwa 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0231]** Dann wurde das Substrat, das mit der ersten Elektrode 101 versehen war, an einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungseinrichtung befestigt, so dass die Oberfläche, auf der die erste Elektrode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung wurde auf etwa  $10^{-4}$  Pa verringert. Danach wurden auf der ersten Elektrode 101 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothiofen) (Abkürzung: DBT3P-II), welches durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und Molybdän(VI)-Oxid durch Co-Verdampfung durch ein Verdampfungsverfahren unter Verwendung einer Widerstandserwärmung abgeschieden, so dass die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 40 nm festgelegt, und das Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid wurde auf 4:2 (= DBT3P-II: Molybdänoxid) eingestellt. Es sei angemerkt, dass das Co-Verdampfungsverfahren ein Verdampfungsverfahren bezeichnet, bei dem die Verdampfung von einer Vielzahl von Quellen zur Verdampfung gleichzeitig in einer Behandlungskammer durchgeführt wird.

**[0232]** Als Nächstes wurde auf der Lochinjektionsschicht 111 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn), welches durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, so dass die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde.

**[0233]** Auf der Lochtransportschicht 112 wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), welches durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), welches durch die Strukturformel (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,04 (= cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn) betrug; auf diese Weise wurde die erste Licht emittierende Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, ausgebildet. Als Nächstes wurden 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,7]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), welches durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, 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), welches durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 2 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF 0,6:0,4 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF) betrug; auf diese Weise wurde die Trennschicht 113b ausgebildet. Dann wurde die erste Phosphoreszenzschicht 113c-1 derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis{4,6-dimethyl-2-[5-(2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl-κN]phenyl-κC} (2,4-pentandionato-κ<sup>2</sup>O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)]), welches durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] 0,5:0,5:0,05 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)]) betrug; die zweite Phosphoreszenzschicht 113c-2 wurde anschließend derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis[2-(6-tert-butyl-4-pyrimidinyl-κN3)phenyl-κC](2,4-pentandionato-κ<sup>2</sup>O,O')iridium(III)) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]), welches durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] 0,7:0,3:0,05 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]) betrug. Durch die vorstehenden Schritte wurde die zweite Licht emittierende Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausgebildet.

**[0234]** Es sei angemerkt, dass 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF einen Exciplex in der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) bilden. Diese Emissionswellenlänge überlappt mit Absorptionsbändern auf den längsten Wellenlängenseiten von [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] und [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)], so dass die Energieübertragungseffizienz hoch ist.

**[0235]** Die Singulett-Anregungsenergie von cgDBCzPA, welches ein Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) ist, ist höher als die Singulett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn, welches eine Fluoreszenzsubstanz ist. Außerdem ist die Triplett-Anregungsenergie von cgDBCzPA niedriger als die Triplett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn. Daher werden in der Fluores-

zenschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) eine Wiedererzeugung eines Singulett-Exzitons, die mit der Triplett-Triplett-Annihilation gekoppelt ist, und Lichtemission leicht erhalten.

**[0236]** Danach wurde auf der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) 2mDBTBPDBq-II in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, und Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), welches durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, wurde in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0237]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, so dass die Elektroneninjectionsschicht 115 ausgebildet wurde. Schließlich wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, so dass die zweite Elektrode 102, die als Kathode diente, ausgebildet wurde. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 5 dieses Beispiels hergestellt.

**[0238]** Es sei angemerkt, dass bei allen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

**[0239]** In einem Handschuhkasten in einer Stickstoffatmosphäre wurde das Licht emittierende Element 5 mit einem Glassubstrat abgedichtet, damit es nicht der Luft ausgesetzt war (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante des Elements aufgebracht und zum Zeitpunkt der Abdichtung wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Dann wurde die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde.

**[0240]** Die Tabelle 3 zeigt die Elementstrukturen des Licht emittierenden Elements 5.

[Tabelle 3]

Lochinjektions- schicht	Lochtran- sportschicht	erste Licht emittierende Schicht	Trenn- schicht	zweite Licht emittie- rende Schicht		Elektronentrans- portschicht		Elektroneninjek- tionsschicht
				**	***	2mDBT BPDB- q-II	BP- hen	
DBT3P-II : MoOx 2:1	PCPPn	cgDBCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 1:0, 04	*	**	***	2mDBT BPDB- q-II	BP- hen	LiF
40 nm	10 nm	5 nm	2 nm	5 nm	20 nm	10 nm	15 nm	1 nm

\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF = 0,6:0,4

\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac) = 0,5:0,5:0,05

\*\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac) = 0,7:0,3:0,05

**[0241]** Hinsichtlich des Licht emittierenden Elements 5 zeigt **Fig. 18** die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, zeigt **Fig. 19** die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften, zeigt **Fig. 20** die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, zeigt **Fig. 21** die Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften, zeigt **Fig. 22** das Emissionsspektrum, und zeigt **Fig. 23** die Leuchtdichte-CIE-Chromatizität-Eigenschaften.

**[0242]** Obwohl das Licht emittierende Element 5 keine Zwischenschicht beinhaltete, wies das Licht emittierende Element 5, wie aus den Eigenschaften ersichtlich ist, eine Stromeffizienz von 40 cd/A oder höher bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup> und eine externe Quantenausbeute von 18 % oder höher auf. Dies deutet darauf hin, dass das Licht emittierende Element 5 eine hohe Emissionseffizienz aufwies. Die Betriebsspannung ist sehr niedrig, d. h., sie liegt im 3 V-Bereich, welche viel niedriger ist als die Betriebsspannung eines Licht emittierenden Tandemelements. Die Tabelle 4 zeigt Werte von Haupteigenschaften des Licht emittierenden Elements 5 bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 4]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quantenausbeute (%)	Energieeffizienz (%)	korrelierte Farbtemperatur (K)	duv
Licht emittierendes Element 5	3, 2	2, 5	46	46	18	12	3010	0, 017

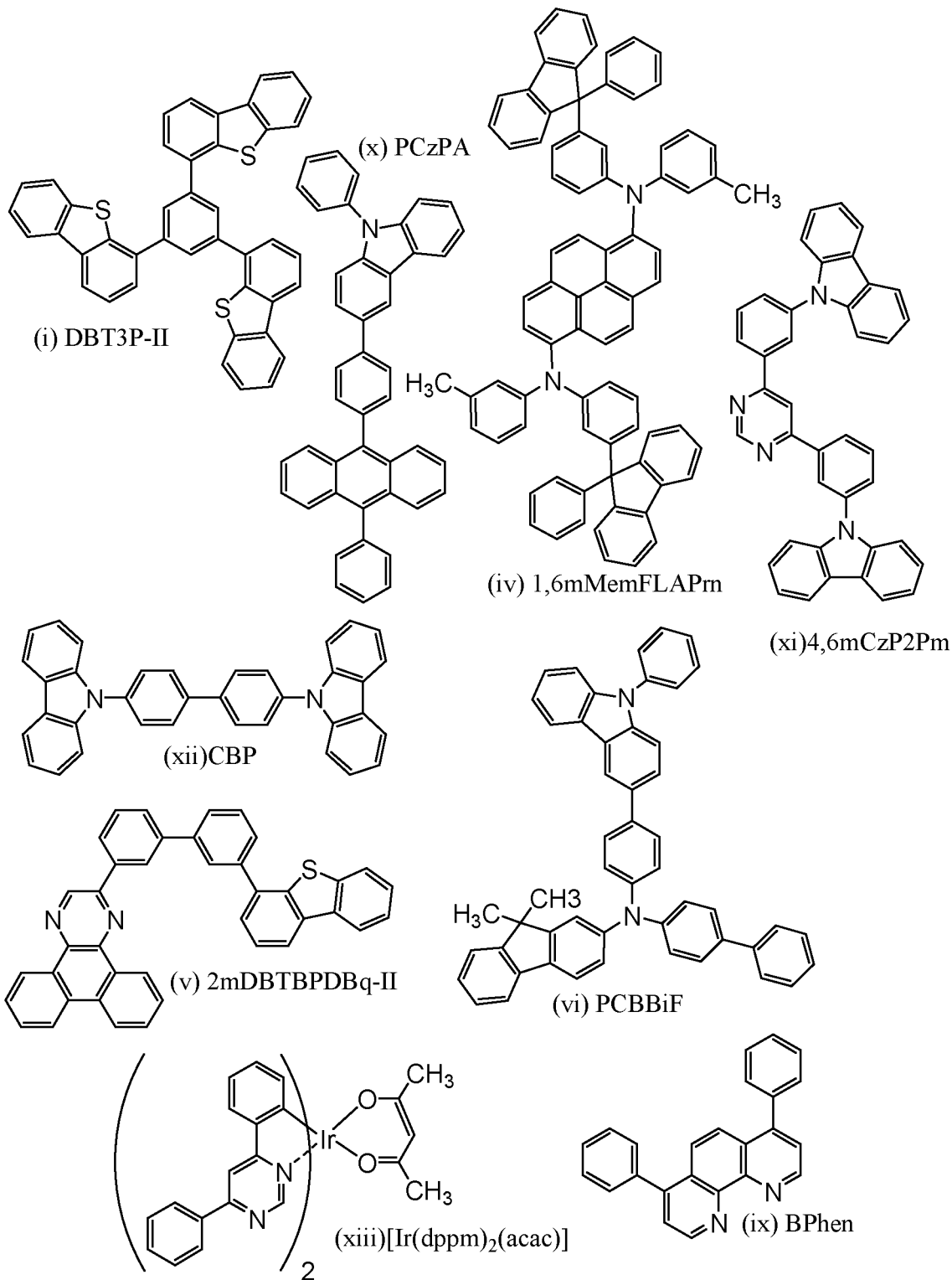
**[0243]** Des Weiteren zeigt das Emissionsspektrum in **Fig. 22**, dass rote Lichtemission, die von [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] stammt, grüne Lichtemission, die von [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] stammt, und blaue Lichtemission, die von 1,6mMemFLPAPrn stammt, beobachtet wurden. Dies deutet darauf hin, dass Lichtemission sowohl von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, als auch von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausreichend erhalten wurde.

**[0244]** Die Leuchtdichte-CIE-Chromatizität-Eigenschaften in **Fig. 23** deuten darauf hin, dass das Licht emittierende Element 5 einen sehr geringen Farbwechsel im praktischen Leuchtdichtebereich aufweist. Es sei angemerkt, dass der Farbwechsel bei etwa 100 cd/m<sup>2</sup> an einer Differenz zwischen der Emissionsstartspannung bei der Phosphoreszenz und derjenigen bei der Fluoreszenz liegt. Da die Phosphoreszenzschicht eine niedrigere Emissionsstartspannung aufweist als die Fluoreszenzschicht, wird lediglich Phosphoreszenz in einem niedrigen Leuchtdichtebereich beobachtet, und wird auch Fluoreszenz bei etwa 100 cd/m<sup>2</sup> beobachtet. Aus diesem Grund tritt der Farbwechsel bei etwa 100 cd/m<sup>2</sup> auf. Im praktischen Leuchtdichtebereich, in dem sowohl Fluoreszenz als auch Phosphoreszenz stabil sind, ist der Farbwechsel sehr gering.

**[0245]** Wie oben beschrieben, wies das Licht emittierende Element 5 in hohem Maße gut ausgewogene, vorteilhafte Eigenschaften auf und konnte leicht und kostengünstig hergestellt werden. Die oben beschriebenen Ergebnisse wurden auf das Folgende zurückgeführt: Diffusion von Exzitonen wurde unterdrückt und nichtstrahlender Zerfall der Triplett-Anregungsenergie wurde verringert, indem der Exciplex als Energiedonator der Phosphoreszenzschicht verwendet wurde, und die Emissionseffizienz wurde infolge des Auftretens der verzögerten Fluoreszenz aufgrund der Triplett-Triplett-Annihilation in dem Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht erhöht. Unter Verwendung der Trennschicht 113b wird die Energieübertragung von der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) auf die Fluoreszenzschicht (die erste Licht emittierende Schicht 113a) an ihrer Grenzfläche unterdrückt; daher kann das Licht emittierende Element 5 noch bessere Eigenschaften aufweisen.

## [Vergleichsbeispiel 3]

**[0246]** In diesem Vergleichsbeispiel werden Verfahren zum Herstellen von Licht emittierenden Elementen 6 und 7, die keine Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen, und ihre Eigenschaften beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Elemente 6 und 7 verwendet wurden, werden nachstehend gezeigt.



(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 6)

**[0247]** Ein Film aus Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), wurde über einem Glassubstrat durch ein Sputterverfahren ausgebildet, so dass die erste Elektrode 101 ausgebildet wurde. Die Dicke betrug 110 nm und die Elektrodenfläche betrug 2 mm × 2 mm. Hier dient die erste Elektrode 101 als Anode des Licht emittierenden Elements.

**[0248]** Als Nächstes wurde bei der Vorbehandlung für die Ausbildung des Licht emittierenden Elements über dem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und eine Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde 370 Sekunden lang eine UV-Ozon-Behandlung durchgeführt.

**[0249]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert worden war, und wurde 30 Minuten lang im Vakuum bei  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$  in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung erwärmt, und dann wurde das Substrat etwa 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0250]** Dann wurde das Substrat, das mit der ersten Elektrode 101 versehen war, an einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungseinrichtung befestigt, so dass die Oberfläche, auf der die erste Elektrode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung wurde auf etwa  $10^{-4}$  Pa verringert. Danach wurden auf der ersten Elektrode 101 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothio-phen) (Abkürzung: DBT3P-II), welches durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und Molybdän(VI)-Oxid durch Co-Verdampfung durch ein Verdampfungsverfahren unter Verwendung einer Widerstandserwärmung abgeschieden, so dass die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 30 nm festgelegt, und das Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid wurde auf 2:1 (= DBT3P-II: Molybdänoxid) eingestellt.

**[0251]** Als Nächstes wurde auf der Lochinjektionsschicht 111 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), welches durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, so dass die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde.

**[0252]** Auf der Lochtransportschicht 112 wurden PCzPA und 1,6mMemFLPAPrn durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von PCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,05 (= PCzPA: 1,6mMemFLPAPrn) betrug; auf diese Weise wurde die erste Licht emittierende Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, ausgebildet. Als Nächstes wurden 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), welches durch die Strukturformel (xi) dargestellt wird, und 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), welches durch die Strukturformel (xii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 2 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm zu CBP 0,4:0,6 (= 4,6mCzP2Pm: CBP) betrug; auf diese Weise wurde die Trennschicht 113b ausgebildet. Dann wurden 2mDBTBPDq-II, PCBBiF und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung:  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ ), welches durch die Strukturformel (xiii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDq-II zu PCBBiF und  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  0,8:0,2:0,05 (= 2mDBTBPDq-II: PCBBiF:  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ ) betrug; auf diese Weise wurde die zweite Licht emittierende Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausgebildet.

**[0253]** Es sei angemerkt, dass 2mDBTBPDq-II und PCBBiF einen Exciplex in der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) bilden. Diese Emissionswellenlänge überlappt mit Absorptionsbändern auf der längsten Wellenlängenseite von  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ , so dass die Energieübertragungseffizienz hoch ist.

**[0254]** Die Singulett-Anregungsenergie von PCzPA, welches ein Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) ist, ist höher als die Singulett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn, welches eine Fluoreszenzsubstanz ist. Außerdem ist die Triplett-Anregungsenergie von PCzPA niedriger als die Triplett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn. Daher werden in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) eine Wiedererzeugung eines Singulett-Exzitons, die mit der Triplett-Triplett-Annihilation gekoppelt ist, und Lichtemission leicht erhalten.

**[0255]** Danach wurde auf der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) 2mDBTBPDq-II in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, und BPhen wurde in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0256]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, so dass die Elektroneninjectionsschicht 115 ausgebildet wurde. Schließlich wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, so dass die zweite Elektrode 102, die als Kathode diente, ausgebildet wurde. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 6 dieses Beispiels hergestellt.

**[0257]** Es sei angemerkt, dass bei allen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 7)

**[0258]** Das Licht emittierende Element 7 wurde wie das Licht emittierende Element 6 hergestellt, mit Ausnahme, dass die Trennschicht 113b aus lediglich 4,6mCzP2Pm ausgebildet wurde.

**[0259]** In einem Handschuhkasten in einer Stickstoffatmosphäre wurden die Licht emittierenden Elemente 6 und 7 jeweils mit einem Glassubstrat abgedichtet, damit sie nicht der Luft ausgesetzt waren (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante des Elements aufgebracht und zum Zeitpunkt der Abdichtung wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Dann wurde die Zuverlässigkeit dieser Licht emittierenden Elemente gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde.

**[0260]** Die Tabelle 5 zeigt die Elementstrukturen der Licht emittierenden Elemente 6 und 7.

[Tabelle 5]

Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht	erste Licht emittierende Schicht	Trennschicht	zweite Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjektionsschicht
					2mDBT BPDB-q-II	BP-hen	
DBT3P-II : MoOx 2:1	PCzPA	PCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 1 :0, 05	*	2mDBT BPDBq-II : PCBBiF : Ir (dppm) <sub>2</sub> (acac) 0, 8:0, 2:0, 05	2mDBT BPDB-q-II	BP-hen	LiF
30 nm	20 nm	10 nm	2 nm	20 nm	10 nm	15 nm	1 nm

\* Licht emittierendes Element 6: 4,6mCzP2Pm:CBP = 0,4:0,6  
Licht emittierendes Element 7: 4,6mCzP2Pm

**[0261]** Fig. 24 zeigt Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7. Fig. 25 zeigt Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7. Fig. 26 zeigt Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7. Fig. 27 zeigt Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7. Fig. 28 zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Elemente 6 und 7.

**[0262]** Die vorstehenden Ergebnisse zeigen, dass das Licht emittierende Element 6 und das Licht emittierende Element 7 jeweils eine vorteilhafte Emissionseffizienz, nämlich eine Stromeffizienz von 20 cd/A oder höher bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>, aufweisen. Außerdem liegt die Betriebsspannung im 3 V-Bereich, welche viel niedriger ist als diejenige eines Licht emittierenden Tandemelements. Die Tabelle 6 zeigt Werte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Elemente 6 und 7 bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 6]

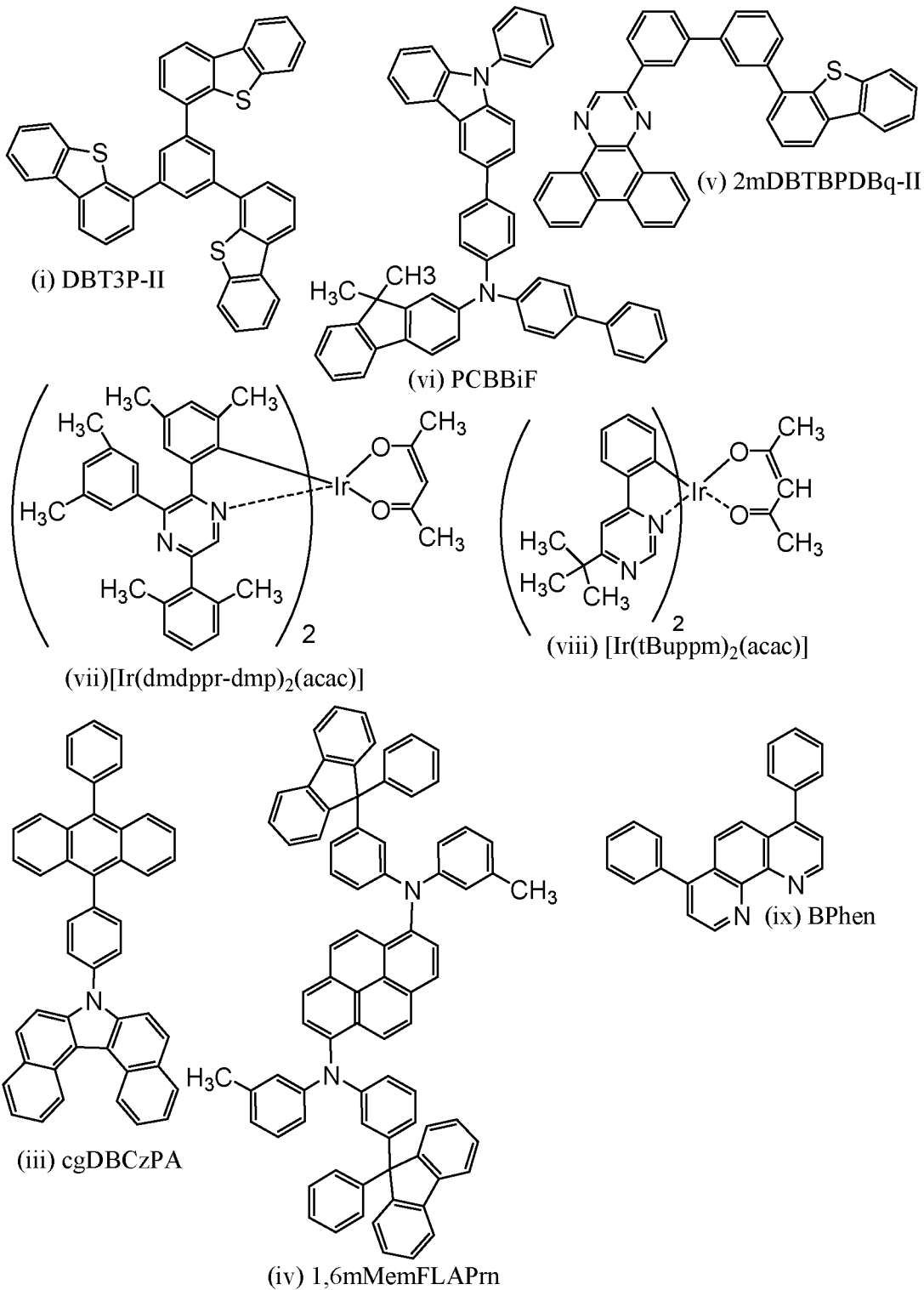
	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quantenausbeute (%)	Energieeffizienz (%)	korrelierte Farbtemperatur (K)	duv
Licht emittierendes Element 6	3, 1	1, 7	31	32	12	9	2710	0, 003
Licht emittierendes Element 7	3, 3	4, 8	23	22	10	6	3540	0, 009

**[0263]** Des Weiteren zeigt das Emissionsspektrum, dass orange Lichtemission, die von  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  stammt und blaue Lichtemission, die von 1,6mMemFLPAPrn stammt, beobachtet wurden. Dies deutet darauf hin, dass bei den Licht emittierenden Elementen 6 und 7 Lichtemission sowohl von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, als auch von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausreichend erhalten wurde.

**[0264]** Wie oben beschrieben, weisen die Licht emittierenden Elemente 6 und 7 in hohem Maße gut ausgewogene, vorteilhafte Eigenschaften auf und können leicht und kostengünstig hergestellt werden. Die oben beschriebenen Ergebnisse wurden auf das Folgende zurückgeführt: Diffusion von Exzitonen wurde unterdrückt und nichtstrahlender Zerfall der Triplett-Anregungsenergie wurde verringert, indem der Exciplex als Energiedonator der Phosphoreszenzschicht verwendet wurde, und die Emissionseffizienz wurde infolge des Auftretens der verzögerten Fluoreszenz aufgrund der Triplett-Triplett-Annihilation in dem Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht erhöht. Außerdem wird unter Verwendung der Trennschicht 113b die Energieübertragung von der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) auf die Fluoreszenzschicht (die erste Licht emittierende Schicht 113a) an ihrer Grenzfläche unterdrückt, was ebenfalls ein Grund für die vorteilhaften Eigenschaften ist. Das Licht emittierende Element 6 weist bessere Eigenschaften auf als das Licht emittierende Element 7; daher wird die Trennschicht 113b vorzugsweise aus einer Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ausgebildet. Des Weiteren wird es weiter bevorzugt, dass diese Substanzen einen Exciplex bilden.

[Beispiel 4]

**[0265]** In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements 8 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und werden seine Eigenschaften beschrieben. Bei dem Licht emittierenden Element 8 wurde die erste Licht emittierende Schicht 113a auf der Kathodenseite ausgebildet, und die zweite Licht emittierende Schicht 113c wurde auf der Anodenseite ausgebildet. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für das Licht emittierende Element 8 verwendet wurden, werden nachstehend gezeigt.



(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 8)

**[0266]** Ein Film aus Indiumzinnoxid (ITO) wurde über einem Glassubstrat mit einem hohen Brechungsindex ( $n = 1,84$ ) in einer Dicke von 110 nm durch ein Sputterverfahren ausgebildet, so dass die erste Elektrode 101 ausgebildet wurde. Die Elektrodenfläche betrug  $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ .

**[0267]** Als Nächstes wurde bei der Vorbehandlung für die Ausbildung des Licht emittierenden Elements über dem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen, und dann wurde 370 Sekunden lang eine UV-Ozon-Behandlung durchgeführt.

**[0268]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert worden war, und wurde 60 Minuten lang im Vakuum bei  $190\text{ }^{\circ}\text{C}$  in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung erwärmt, und dann wurde das Substrat etwa 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0269]** Dann wurde das Substrat, das mit der ersten Elektrode 101 versehen war, an einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungseinrichtung befestigt, so dass die Oberfläche, auf der die erste Elektrode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung wurde auf etwa  $10^{-4}$  Pa verringert. Danach wurden auf der ersten Elektrode 101 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothio-phen) (Abkürzung: DBT3P-II), welches durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und Molybdän(VI)-Oxid durch Co-Verdampfung durch ein Verdampfungsverfahren unter Verwendung einer Widerstandserwärmung abgeschieden, so dass die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 30 nm festgelegt, und das Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid wurde auf 1:0,5 (= DBT3P-II: Molybdänoxid) eingestellt.

**[0270]** Als Nächstes wurde auf der Lochinjektionsschicht 111 N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), welches durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, in einer Dicke von 20 nm abgeschieden; auf diese Weise wurde die Lochtransportschicht 112 ausgebildet.

**[0271]** Dann wurde auf der Lochtransportschicht 112 die erste Phosphoreszenzschicht 113c-1 derart ausgebildet, dass 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), welches durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), welches durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, und Bis{4,6-dimethyl-2-[5-(2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl- $\kappa$ C]}(2,4-pentandionato- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)]), welches durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] 0,1:0,9:0,06 (= 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)]) betrug; die zweite Phosphoreszenzschicht 113c-2 wurde anschließend derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis[2-(6-tert-butyl-4-pyrimidinyl- $\kappa$ N3)phenyl- $\kappa$ C](2,4-pentandionato- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]), welches durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] 0,5:0,5:0,06 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]) betrug. Durch die vorstehenden Schritte wurde die zweite Licht emittierende Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausgebildet. Danach wurden 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 2 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF 0,5:0,5 (= 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF) betrug; auf diese Weise wurde die Trennschicht 113b ausgebildet. Danach wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), welches durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), welches durch die Strukturformel (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,025 (= cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn) betrug; auf diese Weise wurde die erste Licht emittierende Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, ausgebildet. Durch die oben beschriebenen Schritte wurde die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet.

**[0272]** Es sei angemerkt, dass 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF einen Exciplex in der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) und der Trennschicht 113b bilden. Diese Emissionswellenlänge überlappt mit Absorptionsbändern auf den längsten Wellenlängenseiten von [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] und [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)], so dass die Energieübertragungseffizienz hoch ist.

**[0273]** Die Singulett-Anregungsenergie von cgDBCzPA, welches ein Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) ist, ist höher als die Singulett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn, welches eine Fluoreszenzsubstanz ist. Außerdem ist die Triplett-Anregungsenergie von cgDBCzPA niedriger als die Triplett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn. Daher werden in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) eine Wiedererzeugung eines Singulett-Exzitons, die mit der Triplett-Triplett-Annihilation gekoppelt ist, und Lichtemission leicht erhalten.

**[0274]** Danach wurde auf der Phosphoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) cgDBCzPA in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, und Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), welches

durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, wurde in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0275]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, so dass die Elektroneninjectionsschicht 115 ausgebildet wurde. Schließlich wurde durch Verdampfung eine Legierung von Silber und Magnesium (1:0,5) in einer Dicke von 1 nm und wurde Silber in einer Dicke von 150 nm abgeschieden, so dass die zweite Elektrode 102, die als Kathode diente, ausgebildet wurde. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 8 dieses Beispiels hergestellt. Es sei angemerkt, dass bei allen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

**[0276]** Die Tabelle 7 zeigt die Elementstruktur des Licht emittierenden Elements 8.

[Tabelle 7]

Lochinjektions-schicht	Lochtrans-portschicht	zweite Licht emittierende Schicht		Trenn-schicht	erste Licht emittie-rende Schicht	Elektronenran-portschicht		Elektronenin-jektionsschicht
		*	**					
DBT3P-II : MoOx 1:0, 5	PCBBiF	*	**	***	cgDBCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 1:0, 03	cgDBC- zPA	BP- hen	LiF
30 nm	20 nm	15 nm	5 nm	2nm	5 nm	10 nm	15 nm	1 nm

\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac) = 0,1:0,9:0,06

\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac) = 0,5:0,5:0,06

\*\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF = 0,5:0,5

**[0277]** In einem Handschuhkasten in einer Stickstoffatmosphäre wurde das Licht emittierende Element 8 mit einem Glassubstrat abgedichtet, damit es nicht der Luft ausgesetzt war (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante des Elements aufgebracht und zum Zeitpunkt der Abdichtung wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Dann wurden die Eigenschaften dieses Licht emittierenden Elements gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung mit einem Ulbricht-Kugel bei Raumtemperatur (in der bei 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde. Die Tabelle 8 zeigt Werte der Eigenschaften bei einer Stromdichte von 3,75 mA/cm<sup>2</sup>.

[Tabelle 8]

	Span-nung (V)	korrelierte Farbtempe-ratur (K)	duv	allgemeiner Farb-wiedergabeindex Ra	Leis-tungs-effizi-enz (lm/W)	externe Quan-tenausbeute (%)
Licht emittierendes Ele-ment 8	2, 8	2840	0, 0149	87	57	21

**[0278]** Das Licht emittierende Element 8 wies eine vorteilhafte externe Quantenausbeute und Leistungseffizienz auf. Das Licht emittierende Element 8 wies eine sehr niedrige Betriebsspannung von 2,8 V auf, im Vergleich zu einem Licht emittierenden Tandemelement.

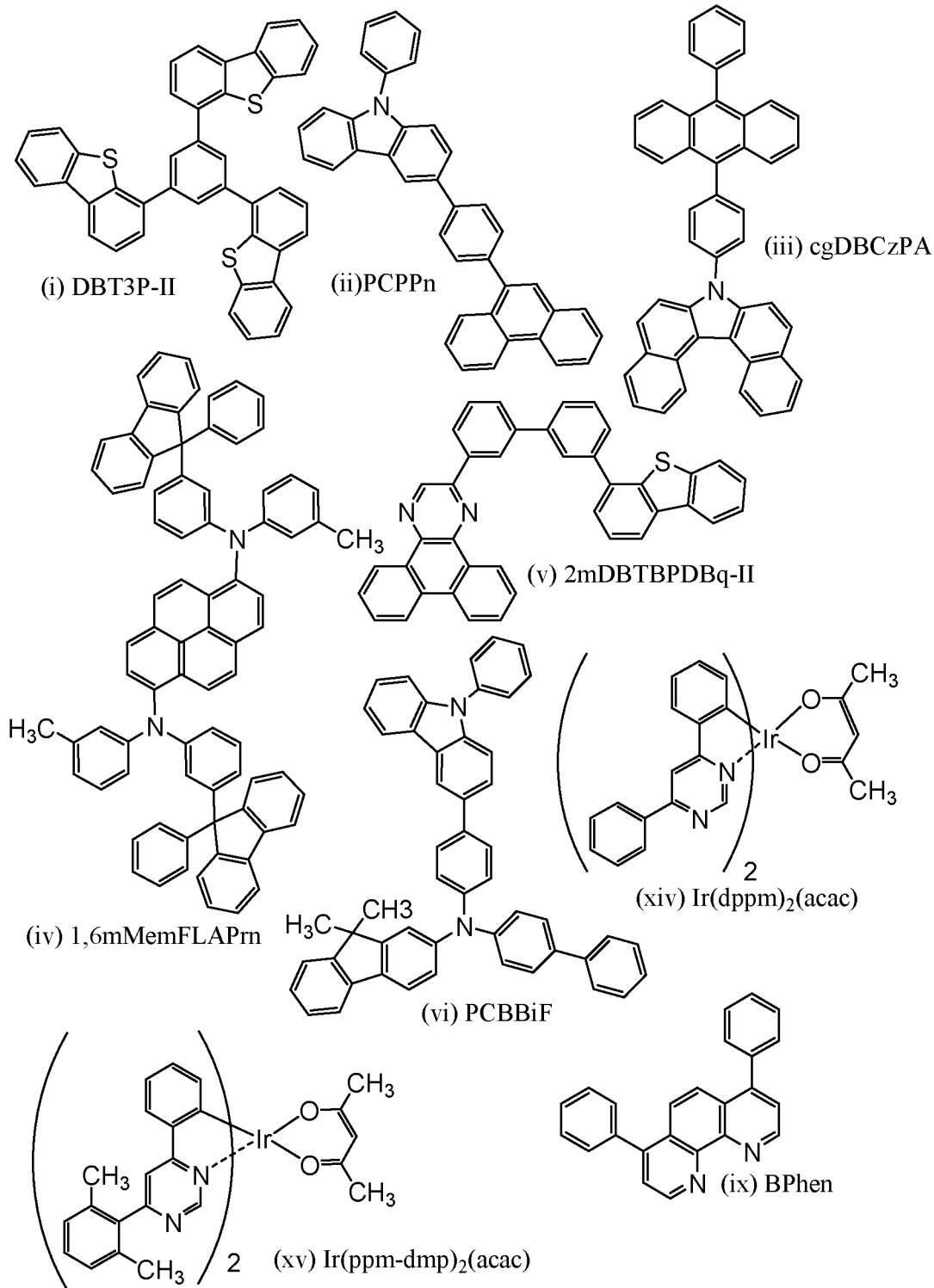
**[0279]** Fig. 29 zeigt das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 8. Wie aus dem Emissionsspektrum ersichtlich ist, wurden rote Lichtemission, die von [Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(acac)] stammt, grüne Lichtemission, die von [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] stammt, und blaue Lichtemission, die von 1,6mMemFLPAPrn stammt, beobachtet. Dies deutet darauf hin, dass Lichtemission sowohl von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, als auch von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausreichend erhalten wurde.

**[0280]** Das Licht emittierende Element 8 wies einen allgemeinen Farbwiedergabeindex (Ra) von 87 auf, was bedeutet, dass das Licht emittierende Element 8 eine vorteilhafte Farbwiedergabeeigenschaft aufwies, und wies geringe  $duv$  (eine Abweichung von der Schwarzkörperstrahlungskurve) auf; folglich ist das Licht emittierende Element 8 zur Beleuchtung geeignet. Ferner wies das Licht emittierende Element 8 eine Farbtemperatur von 2840 K auf, die einer weißglühenden Farbe entspricht.

**[0281]** Wie oben beschrieben, wies das Licht emittierende Element 8 in hohem Maße gut ausgewogene, vorteilhafte Eigenschaften auf und konnte leicht und kostengünstig hergestellt werden. Die oben beschriebenen Ergebnisse wurden auf das Folgende zurückgeführt: Diffusion von Exzitonen wurde unterdrückt und nichtstrahlender Zerfall der Triplett-Anregungsenergie wurde verringert, indem der Exciplex als Energiedonator der Phosphoreszenzschicht verwendet wurde, und die Emissionseffizienz wurde infolge des Auftretens der verzögerten Fluoreszenz aufgrund der Triplett-Triplett-Annihilation in dem Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht erhöht.

[Beispiel 5]

**[0282]** In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Herstellen eines Licht emittierenden Elements 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und werden seine Eigenschaften beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für das Licht emittierende Element 9 verwendet wurden, werden nachstehend gezeigt.



(Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Elements 9)

**[0283]** Ein Film aus Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), wurde über einem Glassubstrat durch ein Sputterverfahren ausgebildet, so dass die erste Elektrode 101 ausgebildet wurde. Die Dicke betrug 110 nm und die Elektrodenfläche betrug 2 mm × 2 mm. Hier dient die erste Elektrode 101 als Anode des Licht emittierenden Elements.

**[0284]** Als Nächstes wurde bei der Vorbehandlung für die Ausbildung des Licht emittierenden Elements über dem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und eine Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde 370 Sekunden lang eine UV-Ozon-Behandlung durchgeführt.

**[0285]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert worden war, und wurde 30 Minuten lang im Vakuum bei  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$  in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung erwärmt, und dann wurde das Substrat etwa 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0286]** Dann wurde das Substrat, das mit der ersten Elektrode 101 versehen war, an einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungseinrichtung befestigt, so dass die Oberfläche, auf der die erste Elektrode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung wurde auf etwa  $10^{-4}$  Pa verringert. Danach wurden auf der ersten Elektrode 101 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothio-phen) (Abkürzung: DBT3P-II), welches durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und Molybdän(VI)-Oxid durch Co-Verdampfung durch ein Verdampfungsverfahren unter Verwendung einer Widerstandserwärmung abgeschieden, so dass die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 15 nm festgelegt, und das Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid wurde auf 2:1 (= DBT3P-II: Molybdänoxid) eingestellt.

**[0287]** Als Nächstes wurde auf der Lochinjektionsschicht 111 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn), welches durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, in einer Dicke von 20 nm abgeschieden; auf diese Weise wurde die Lochtransportschicht 112 ausgebildet.

**[0288]** Dann wurden auf der Lochtransportschicht 112 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), welches durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), welches durch die Strukturformel (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 2:0,1 (= cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn) betrug; auf diese Weise wurde die erste Licht emittierende Schicht 113a, die eine Fluoreszenzschicht war, ausgebildet wurde. Als Nächstes wurden 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), welches durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, 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), welches durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 2 nm abgeschieden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF 0,4:1,6 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF) betrug; auf diese Weise wurde die Trennschicht 113b ausgebildet. Danach wurde die erste Phosphoreszenzschicht 113c-1 derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung:  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ ), welches durch die Strukturformel (xiv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 5 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  0,8:1,2:0,12 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF:  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ ) betrug; die zweite Phosphoreszenzschicht 113c-2 wurde anschließend derart ausgebildet, dass 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF und Bis{2-[6-(2,6-dimethylphenyl)-4-pyrimidinyl-kN3]phenyl-kC} (2,4-pentandionato-kO, O')iridium(III) (Abkürzung:  $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$ ), welches durch die Strukturformel (xv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden wurden, so dass das Gewichtsverhältnis von 2mDBTBPDBq-II zu PCBBiF und  $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$  1,6:0,4:0,12 (= 2mDBTBPDBq-II: PCBBiF:  $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$ ) betrug. Durch die vorstehenden Schritte wurde die zweite Licht emittierende Schicht 113c, die eine Phosphoreszenzschicht war, ausgebildet. Wie oben beschrieben, wurde bei dem Licht emittierenden Element 9 die Licht emittierende Schicht 113 aus der ersten Licht emittierenden Schicht 113a und der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c ausgebildet.

**[0289]** Es sei angemerkt, dass 2mDBTBPDBq-II und PCBBiF einen Exciplex in der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) bilden. Diese Emissionswellenlänge überlappt mit Absorptionsbändern auf den längsten Wellenlängenseiten von  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  und  $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$ , so dass die Energieübertragungseffizienz hoch ist.

**[0290]** Die Singulett-Anregungsenergie von cgDBCzPA, welches ein Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) ist, ist höher als die Singulett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn, welches eine Fluoreszenzsubstanz ist. Außerdem ist die Triplett-Anregungsenergie von cgDBCzPA niedriger als die Triplett-Anregungsenergie von 1,6mMemFLPAPrn. Daher werden in der Fluoreszenzschicht (der ersten Licht emittierenden Schicht 113a) eine Wiedererzeugung eines Singulett-Exzitons, die mit der Triplett-Triplett-Annihilation gekoppelt ist, und Lichtemission leicht erhalten.

**[0291]** Danach wurde auf der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) 2mDBTBPDBq-II in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, und Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), wel-

ches durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, wurde in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0292]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden; auf diese Weise wurde die Elektroneninjectionsschicht 115 ausgebildet. Schließlich wurden Silber (Ag) und Magnesium (Mg) durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, so dass das Verhältnis von Silber zu Magnesium 1:0,5 betrug; auf diese Weise wurde die zweite Elektrode 102, die als Kathode diente, ausgebildet. Dann wurde Silber in einer Dicke von 150 nm durch ein Sputterverfahren abgeschieden. Durch die vorstehenden Schritte wurde das Licht emittierende Element 9 dieses Beispiels hergestellt.

**[0293]** Es sei angemerkt, dass bei allen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

**[0294]** In einem Handschuhkasten in einer Stickstoffatmosphäre wurde das Licht emittierende Element 9 mit einem Glassubstrat abgedichtet, damit es nicht der Luft ausgesetzt war (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante des Elements aufgebracht und zum Zeitpunkt der Abdichtung wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Dann wurde die Zuverlässigkeit dieses Licht emittierenden Elements gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde.

**[0295]** Die Tabelle 9 zeigt die Elementstruktur des Licht emittierenden Elements 9.

[Tabelle 9]

Lochinjektions- schicht	Lochtran- sportschicht	erste Licht emittierende Schicht	Trenn- schicht	zweite Licht emittie- rende Schicht		Elektronentrans- portschicht		Elektroneninjek- tionsschicht
				**	***	2mDBT BPDB- q-II	BP- hen	
DBT3P-II : MoOx 2:1	PCPPn	cgDBCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 2:0, 1	*	**	***	2mDBT BPDB- q-II	BP- hen	LiF
15 nm	20 nm	5 nm	2 nm	5 nm	15 nm	10 nm	15 nm	1 nm

\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF = 0,4:1,6

\*\* 2mDBIHPDBq-II:PCBBiF:Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac) = 0,8:1,2:0,12

\*\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(ppm-dmp)<sub>2</sub>(acac) = 1,6:0,4:0,12

**[0296]** Fig. 30 zeigt Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9. Fig. 31 zeigt Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9. Fig. 32 zeigt Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9. Fig. 33 zeigt Leuchtdichte-externe Quantenausbeute-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 9. Fig. 34 zeigt die Emissionsspektren des Licht emittierenden Elements 9.

**[0297]** Obwohl das Licht emittierende Element 9 keine Zwischenschicht beinhaltet, wies das Licht emittierende Element 9, wie aus den Eigenschaften ersichtlich ist, eine Stromeffizienz von ungefähr 70 cd/A bei etwa 1000 cd/m<sup>2</sup> und eine externe Quantenausbeute von 22 % oder höher auf. Dies deutet darauf hin, dass das Licht emittierende Element 9 eine sehr hohe Emissionseffizienz aufwies. Die Betriebsspannung ist 2,9 V, welche viel niedriger ist als die Betriebsspannung eines Licht emittierenden Tandemelements.

[Tabelle 10]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	externe Quantenausbeute (%)	korrelierte Farbtemperatur (K)
Licht emittierendes Element 9	11 2, 9	1, 3	69	75	1 22	2730

**[0298]** Wie aus dem Emissionsspektrum ersichtlich ist, wurden sowohl Phosphoreszenz, die von [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] und [Ir(ppm-dmp)<sub>2</sub>(acac)] stammt, als auch Fluoreszenz, die von 1,6mMemFLPAPrn stammt, beobachtet. Dies deutet darauf hin, dass Lichtemission sowohl von der ersten Licht emittierenden Schicht 113a, die die Fluoreszenzschicht war, als auch von der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c, die die Phosphoreszenzschicht war, ausreichend erhalten wurde.

**[0299]** Wie oben beschrieben, emittiert das Licht emittierende Element 9 weißes Licht mit einer sehr hohen Emissionseffizienz und konnte leicht und kostengünstig hergestellt werden. Die Ergebnisse wurden auf das Folgende zurückgeführt: Diffusion von Exzitonen wurde unterdrückt und nichtstrahlender Zerfall der Triplett-Anregungsenergie wurde verringert, indem der Exciplex als Energiedonator der Phosphoreszenzschicht verwendet wurde, und die Emissionseffizienz wurde infolge des Auftritts der verzögerten Fluoreszenz aufgrund der Triplett-Triplett-Annihilation in dem Wirtsmaterial in der Fluoreszenzschicht erhöht. Unter Verwendung der Trennschicht 113b wird die Energieübertragung von der Phosphoreszenzschicht (der zweiten Licht emittierenden Schicht 113c) auf die Fluoreszenzschicht (die erste Licht emittierende Schicht 113a) an ihrer Grenzfläche unterdrückt; daher kann das Licht emittierende Element 9 noch bessere Eigenschaften aufweisen.

**[0300]** Eine organische EL-Beleuchtungsvorrichtung wurde in der folgenden Weise hergestellt: Ein Element, das eine der Struktur des Licht emittierenden Elements 9 ähnliche Struktur aufweist und eine 70 nm dicke erste Elektrode beinhaltet, wurde über einem Glassubstrat mit einem Brechungsindex von 1,84 derart ausgebildet, dass eine Emissionsfläche 90 mm × 90 mm wurde; und eine Oberfläche des Substrats, von der Licht emittiert wird, wurde mattiert.

**[0301]** Fig. 35 zeigt die Leuchtdichte-Leistungseffizienz-Eigenschaften der organischen EL-Beleuchtungsvorrichtung. Die organische EL-Beleuchtungsvorrichtung wies eine Farbtemperatur von 2700 K und  $duv = 0,019$  auf, welche den Normen einer weißglühenden Farbe entsprechen, und wies eine sehr hohe Leistungseffizienz von 140 lm/W bei einer Leuchtdichte von etwa 1500 cd/m<sup>2</sup> auf.

#### Bezugszeichenliste

- 101 erste Elektrode,
- 102 zweite Elektrode,
- 103 EL-Schicht,
- 111 Lochinjektionsschicht,
- 112 Lochtransportschicht,
- 113 Licht emittierende Schicht,
- 113a erste Licht emittierende Schicht,
- 113b Trennschicht,
- 113c zweite Licht emittierende Schicht,
- 113c-1 erste Phosphoreszenzschicht,
- 113c-2 zweite Phosphoreszenzschicht,
- 114 Elektronentransportschicht,
- 115 Elektroneninjektionsschicht,

400	Substrat,
401	erste Elektrode,
403	EL-Schicht,
404	zweite Elektrode,
405	Dichtungsmaterial,
406	Dichtungsmaterial,
407	Dichtungssubstrat,
412	Kontaktstelle,
420	IC-Chip,
501	erste Elektrode,
502	zweite Elektrode,
511	erste Licht emittierende Einheit,
512	zweite Licht emittierende Einheit,
513	Ladungserzeugungsschicht,
601	Treiberschaltungsabschnitt (Sourceleitungstreiberschaltung),
602	Pixelabschnitt,
603	Treiberschaltungsabschnitt (Gateleitungstreiberschaltung),
604	Dichtungssubstrat,
605	Dichtungsmaterial,
607	Raum,
608	Leitung,
609	FPC (flexible Leiterplatte),
610	Elementsubstrat,
611	Schalt-FET,
612	Strom steuernder FET,
613	erste Elektrode,
614	Isolator,
616	EL-Schicht,
617	zweite Elektrode,
618	Licht emittierendes Element,
623	n-Kanal-FET,
624	p-Kanal-FET,
901	Gehäuse,
902	Flüssigkristallschicht,
903	Hintergrundbeleuchtungseinheit,
904	Gehäuse,
905	Treiber-IC,
906	Anschluss,
951	Substrat,
952	Elektrode,

953	Isolierschicht,
954	Trennwandschicht,
955	EL-Schicht,
956	Elektrode,
1001	Substrat,
1002	Basis-Isolierfilm,
1003	Gate-Isolierfilm,
1006	Gate-Elektrode,
1007	Gate-Elektrode,
1008	Gate-Elektrode,
1020	erster Zwischenschichtisolierfilm,
1021	zweiter Zwischenschichtisolierfilm,
1022	Elektrode,
1024W	erste Elektrode des Licht emittierenden Elements,
1024R	erste Elektrode des Licht emittierenden Elements,
1024G	erste Elektrode des Licht emittierenden Elements,
1024B	erste Elektrode des Licht emittierenden Elements,
1025	Trennwand,
1028	EL-Schicht,
1029	zweite Elektrode des Licht emittierenden Elements,
1031	Dichtungssubstrat,
1032	Dichtungsmaterial,
1033	durchsichtiges Basismaterial,
1034R	rote Farbschicht,
1034G	grüne Farbschicht,
1034B	blaue Farbschicht,
1035	schwarze Schicht (Schwarzmatrix),
1036	Bedeckungsschicht,
1037	dritter Zwischenschichtisolierfilm,
1040	Pixelabschnitt,
1041	Treiberschaltungsabschnitt,
1042	Peripherieabschnitt,
2001	Gehäuse,
2002	Lichtquelle,
3001	Beleuchtungsvorrichtung,
5000	Anzeigebereich,
5001	Anzeigebereich,
5002	Anzeigebereich,
5003	Anzeigebereich,
5004	Anzeigebereich,

5005	Anzeigebereich,
7101	Gehäuse,
7103	Anzeigeabschnitt,
7105	Ständer,
7107	Anzeigeabschnitt,
7109	Bedienungstaste,
7110	Fernbedienung,
7201	Hauptteil,
7202	Gehäuse,
7203	Anzeigeabschnitt,
7204	Tastatur,
7205	externer Verbindungsanschluss,
7206	Zeigevorrichtung,
7210	zweiter Anzeigeabschnitt,
7301:	Gehäuse,
7302	Gehäuse,
7303	Gelenkteil,
7304	Anzeigeabschnitt,
7305	Anzeigeabschnitt,
7306	Lautsprecher,
7307	Aufzeichnungsmedien-Einsetzabschnitt,
7308	LED-Lampe,
7309	Bedienungstaste,
7310	Verbindungsanschluss,
7311	Sensor,
7401	Gehäuse,
7402	Anzeigeabschnitt,
7403	Bedienungsknopf,
7404	externer Verbindungsanschluss,
7405	Lautsprecher,
7406	Mikrofon,
9033	Spange,
9034	Schalter,
9035	Netzschalter,
9036	Schalter,
9038	Bedienungsschalter,
9630	Gehäuse,
9631	Anzeigeabschnitt,
9631a	Anzeigeabschnitt,
9631b:	Anzeigeabschnitt,

9632a	Touchscreen-Gebiet,
9632b	Touchscreen-Gebiet,
9633	Solarzelle,
9634	Lade- und Entladesteuerschaltung,
9635	Batterie, 9636: Gleichspannungswandler,
9637	Bedienungstaste,
9638	Wandler,
9639	Schalterschaltfläche

### Patentansprüche

1. Licht emittierendes Element, das umfasst:  
ein Paar von Elektroden (101; 102); und  
eine EL-Schicht (103) zwischen dem Paar von Elektroden (101; 102),  
wobei die EL-Schicht (103) eine erste Licht emittierende Schicht (113a), eine zweite Licht emittierende Schicht (113c) und eine zwischen der ersten Licht emittierenden Schicht (113a) und der zweiten Licht emittierenden Schicht (113c) angeordnete erste Schicht (113b) umfasst,  
wobei ein Emissionsspektrum der ersten Licht emittierenden Schicht (113a) in einem kürzeren Wellenlängenbereich angeordnet ist als ein Emissionsspektrum der zweiten Licht emittierenden Schicht (113c),  
wobei die erste Licht emittierende Schicht (113a) eine Fluoreszenzsubstanz und ein Wirtsmaterial umfasst,  
wobei die zweite Licht emittierende Schicht (113c) eine Substanz, die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann, eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung umfasst,  
wobei die erste organische Verbindung und die zweite organische Verbindung einen ersten Exciplex bilden,  
wobei die erste Schicht (113b) eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft umfasst,  
wobei die erste organische Verbindung die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft ist und die zweite organische Verbindung die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ist, und  
wobei ein Triplett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials niedriger ist als ein Triplett-Anregungsniveau der Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und ein Triplett-Anregungsniveau der Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft.
2. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei die Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft und die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft einen zweiten Exciplex bilden.
3. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei eine Dicke der ersten Schicht (113b) größer als 0 nm und kleiner als oder gleich 20 nm ist.
4. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei eine Dicke der ersten Schicht (113b) größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm ist.
5. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei Energie von dem ersten Exciplex auf die Substanz übertragen wird, die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann.
6. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1,  
wobei ein Singulett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials höher ist als ein Singulett-Anregungsniveau der Fluoreszenzsubstanz, und  
wobei ein Triplett-Anregungsniveau des Wirtsmaterials niedriger ist als ein Triplett-Anregungsniveau der Fluoreszenzsubstanz.
7. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei das Wirtsmaterial eine organische Verbindung mit einem kondensierten aromatischen Ringgerüst ist.
8. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei das Wirtsmaterial eine organische Verbindung mit einem Anthracengerüst ist.

9. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei das Wirtsmaterial eine organische Verbindung mit einem Anthracengerüst ist, und wobei die Fluoreszenzsubstanz eine organische Verbindung mit einem Pyrengerüst ist.

10. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei die zweite Licht emittierende Schicht (113c) n Schichten umfasst, wobei n eine ganze Zahl von 2 oder mehr ist, und wobei die n Schichten n Arten von Substanzen mit unterschiedlichen Emissionsspektren enthalten, die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln können.

11. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei die zweite Licht emittierende Schicht (113c) eine erste Phosphoreszenzsubstanz und eine zweite Phosphoreszenzsubstanz als Substanz enthält, die Triplett-Anregungsenergie in Lichtemission umwandeln kann, und wobei die erste Phosphoreszenzsubstanz und die zweite Phosphoreszenzsubstanz unterschiedliche Emissionsspektren aufweisen.

12. Licht emittierendes Element nach Anspruch 11, wobei die erste Phosphoreszenzsubstanz Licht in einem roten Bereich emittiert, wobei die zweite Phosphoreszenzsubstanz Licht in einem grünen Bereich emittiert, und wobei die Fluoreszenzsubstanz Licht in einem blauen Bereich emittiert.

13. Licht emittierendes Element nach Anspruch 12, wobei die erste Phosphoreszenzsubstanz einen Peak eines Emissionsspektrums von 580 nm bis 680 nm aufweist, wobei die zweite Phosphoreszenzsubstanz einen Peak eines Emissionsspektrums von 500 nm bis 560 nm aufweist, und wobei die Fluoreszenzsubstanz einen Peak eines Emissionsspektrums von 400 nm bis 480 nm aufweist.

14. Licht emittierendes Element nach Anspruch 11, wobei die zweite Licht emittierende Schicht (113c) eine erste Phosphoreszenzschicht (113c-1) und eine zweite Phosphoreszenzschicht (113c-2) umfasst, wobei die erste Phosphoreszenzschicht (113c-1) die erste Phosphoreszenzsubstanz umfasst, und wobei die zweite Phosphoreszenzschicht (113c-2) die zweite Phosphoreszenzsubstanz umfasst.

15. Licht emittierendes Element nach Anspruch 14, wobei die erste Phosphoreszenzsubstanz eine Ladungsträgereinfangeigenschaft in der ersten Phosphoreszenzschicht (113c-1) aufweist.

16. Licht emittierendes Element nach Anspruch 15, wobei die Ladungsträgereinfangeigenschaft eine Elektroneneinfangeigenschaft ist.

17. Anzeigemodul, das das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 umfasst.

18. Beleuchtungsmodul, das das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 umfasst.

19. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst: das Licht emittierende Element nach Anspruch 1; und eine Einheit zum Steuern des Licht emittierenden Elements.

20. Anzeigevorrichtung, die umfasst: das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 in einem Anzeigeabschnitt; und eine Einheit zum Steuern des Licht emittierenden Elements.

21. Beleuchtungsvorrichtung (3001), die umfasst: das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 in einem Beleuchtungsabschnitt; und eine Einheit zum Steuern des Licht emittierenden Elements.

22. Elektronisches Gerät, das das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 umfasst.

Es folgen 26 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

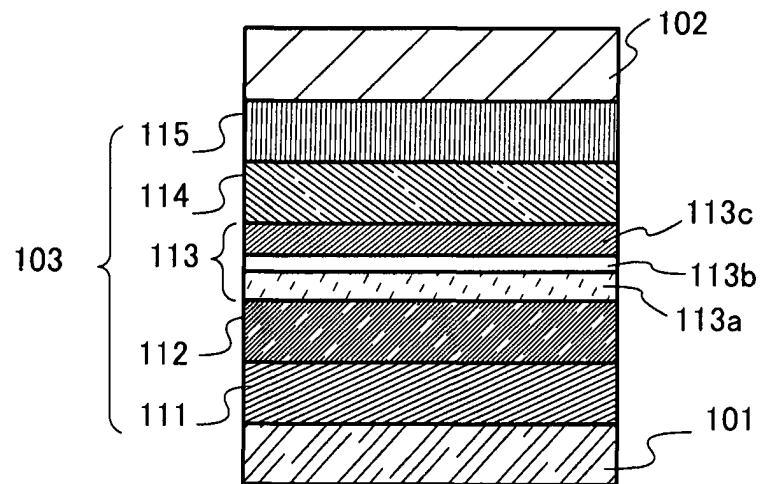


FIG. 1B

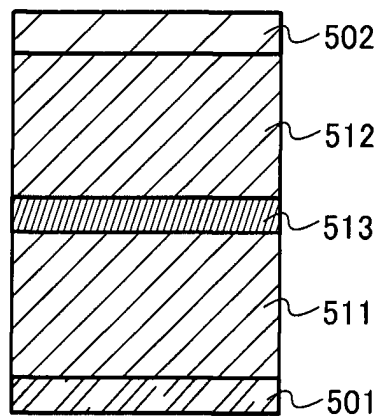


FIG. 2A

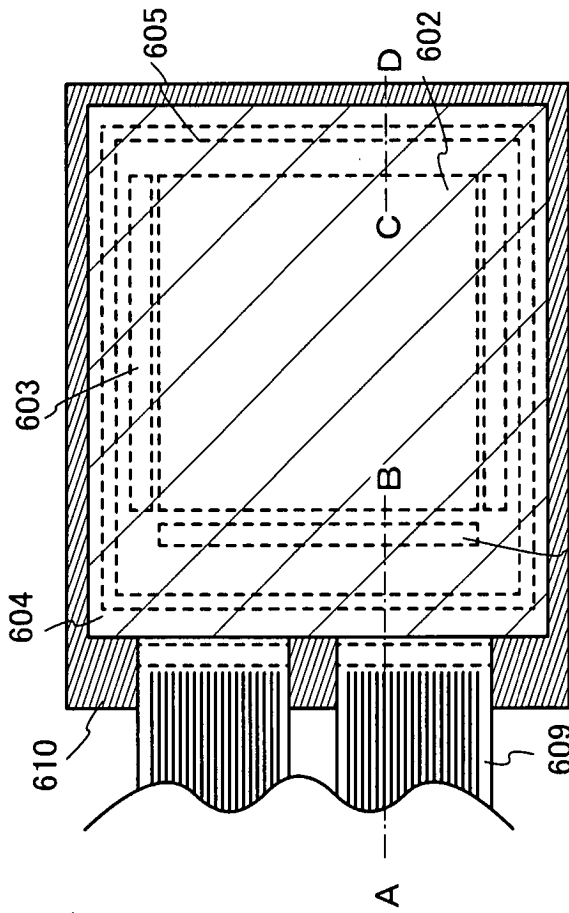
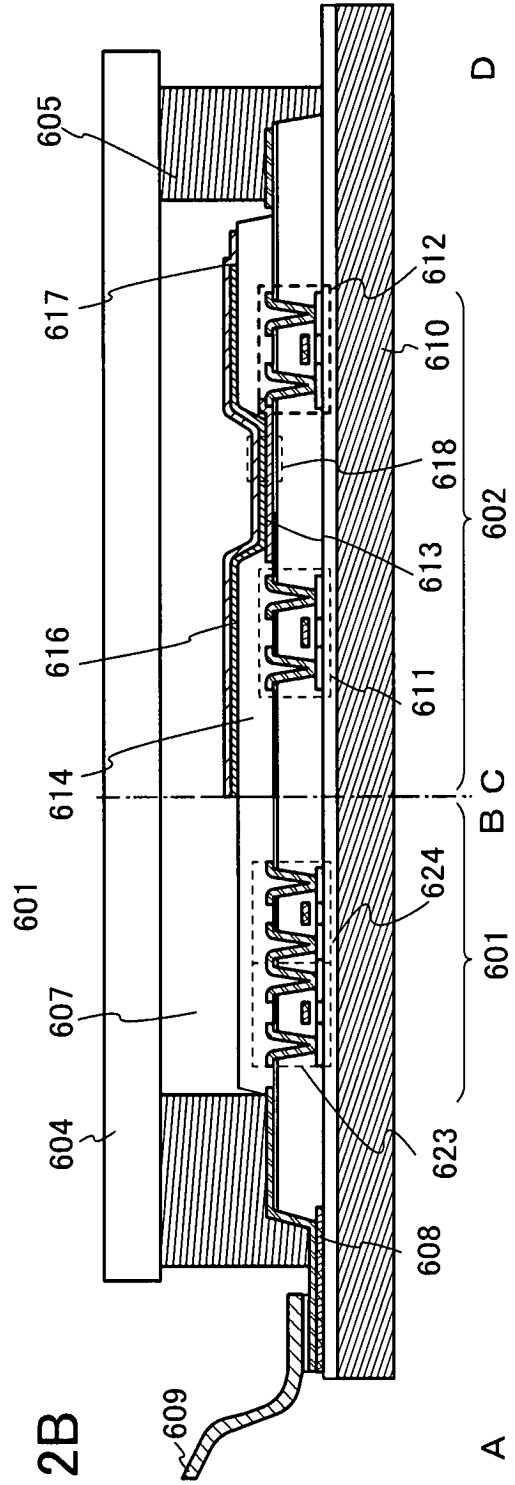


FIG. 2B



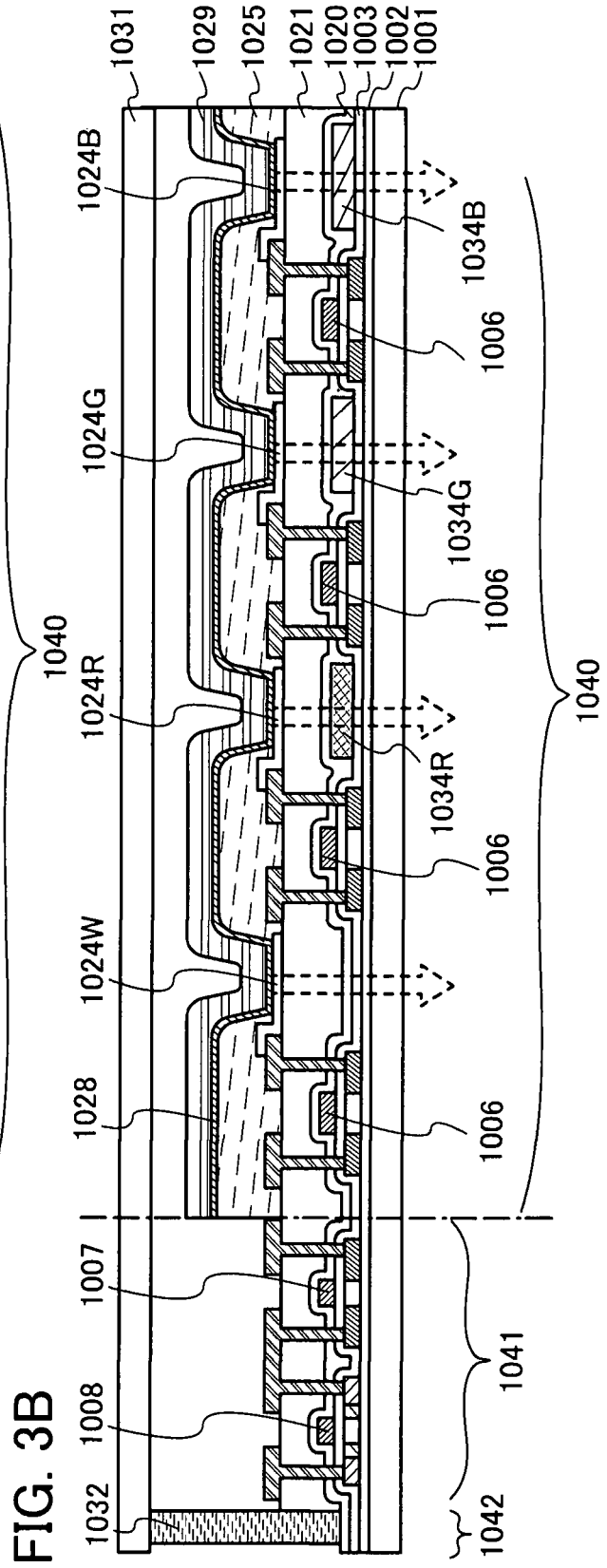
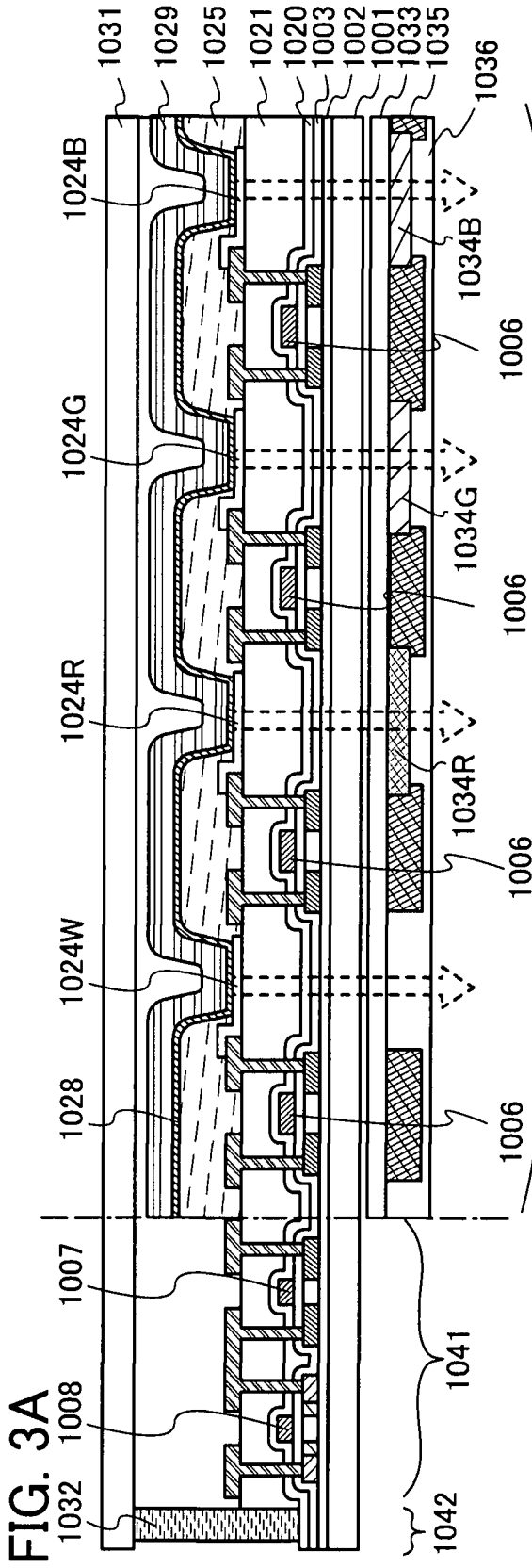


FIG. 4

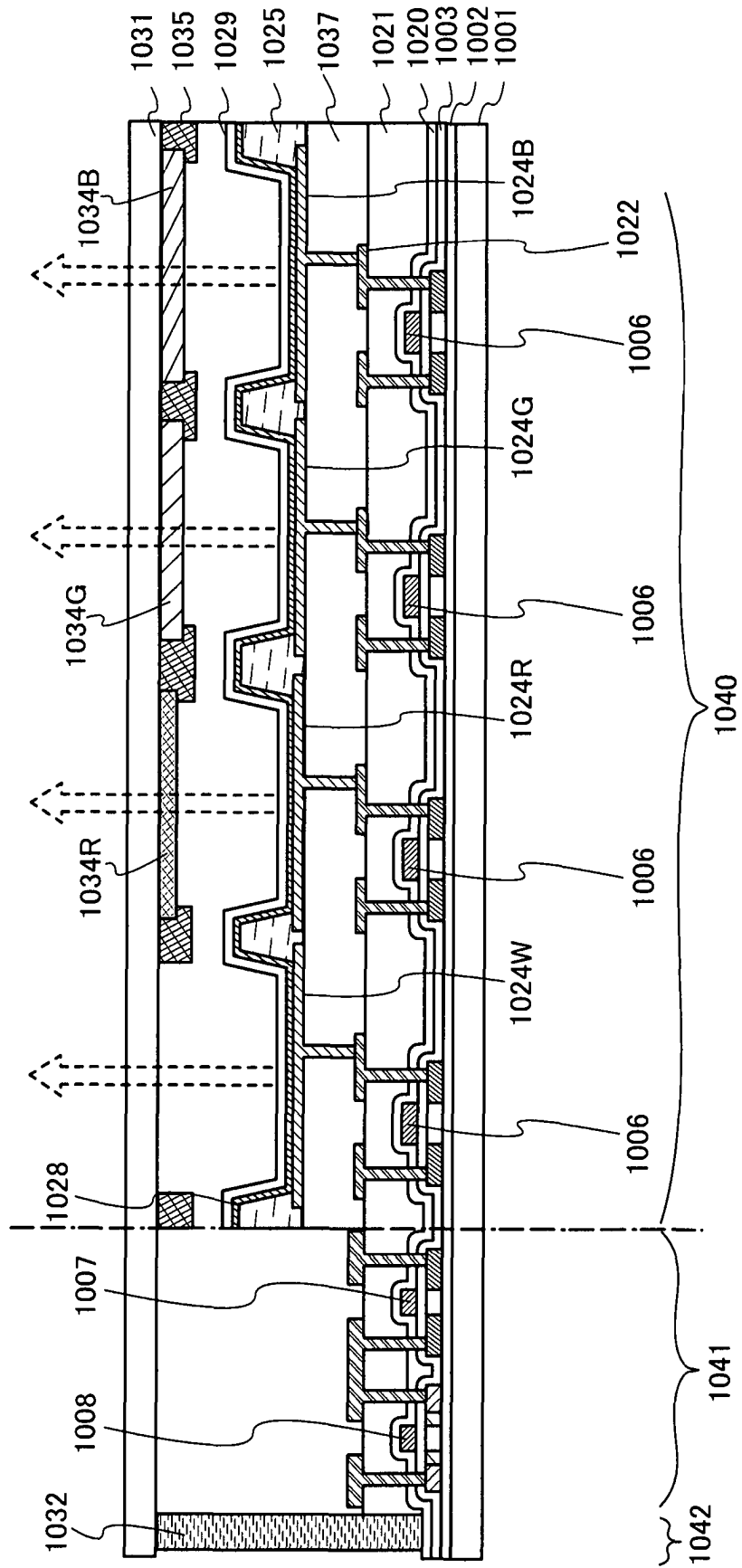


FIG. 5A

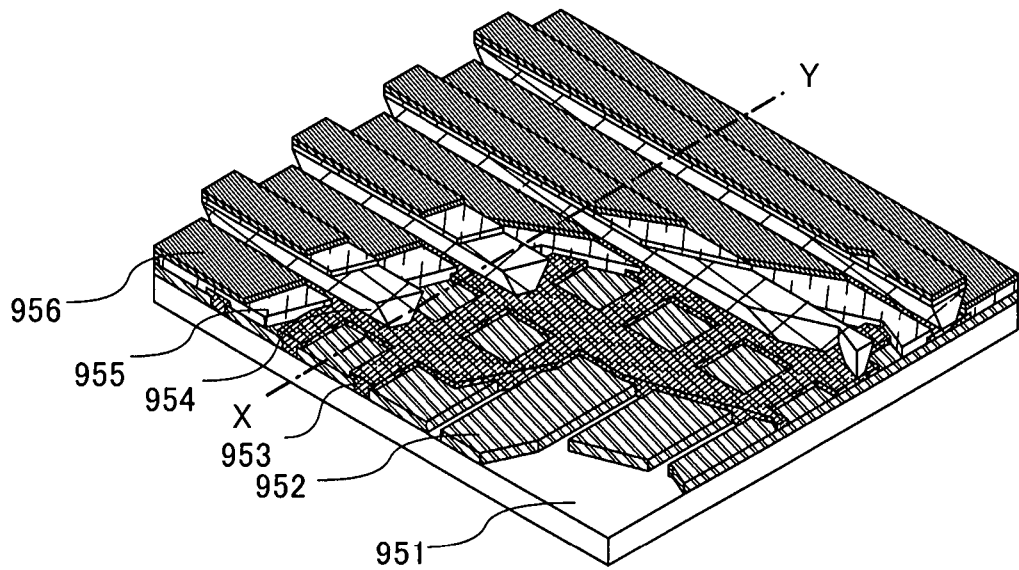


FIG. 5B

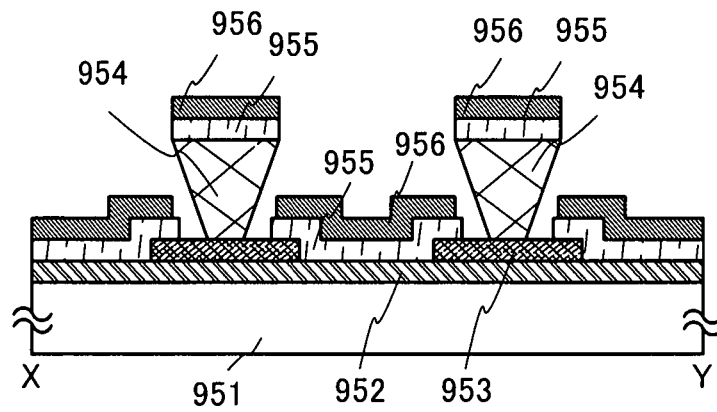


FIG. 6A

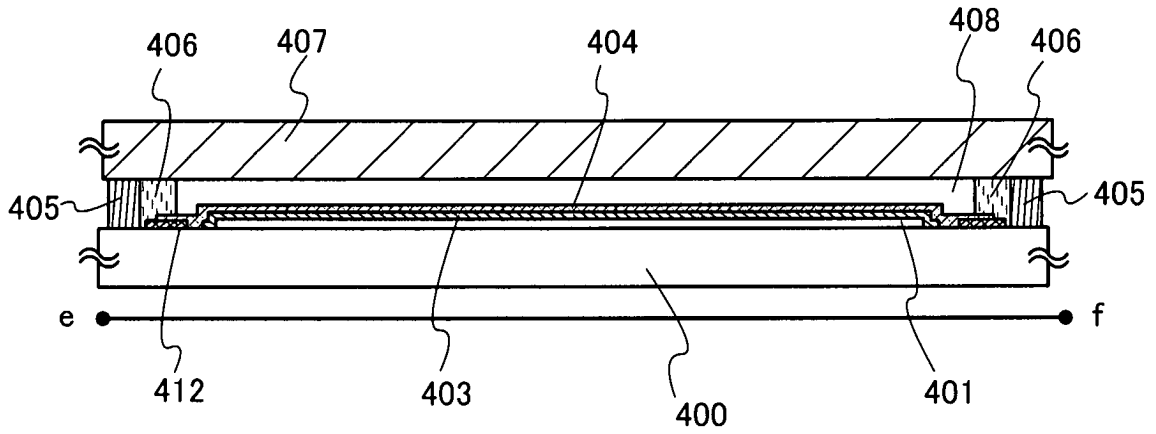


FIG. 6B

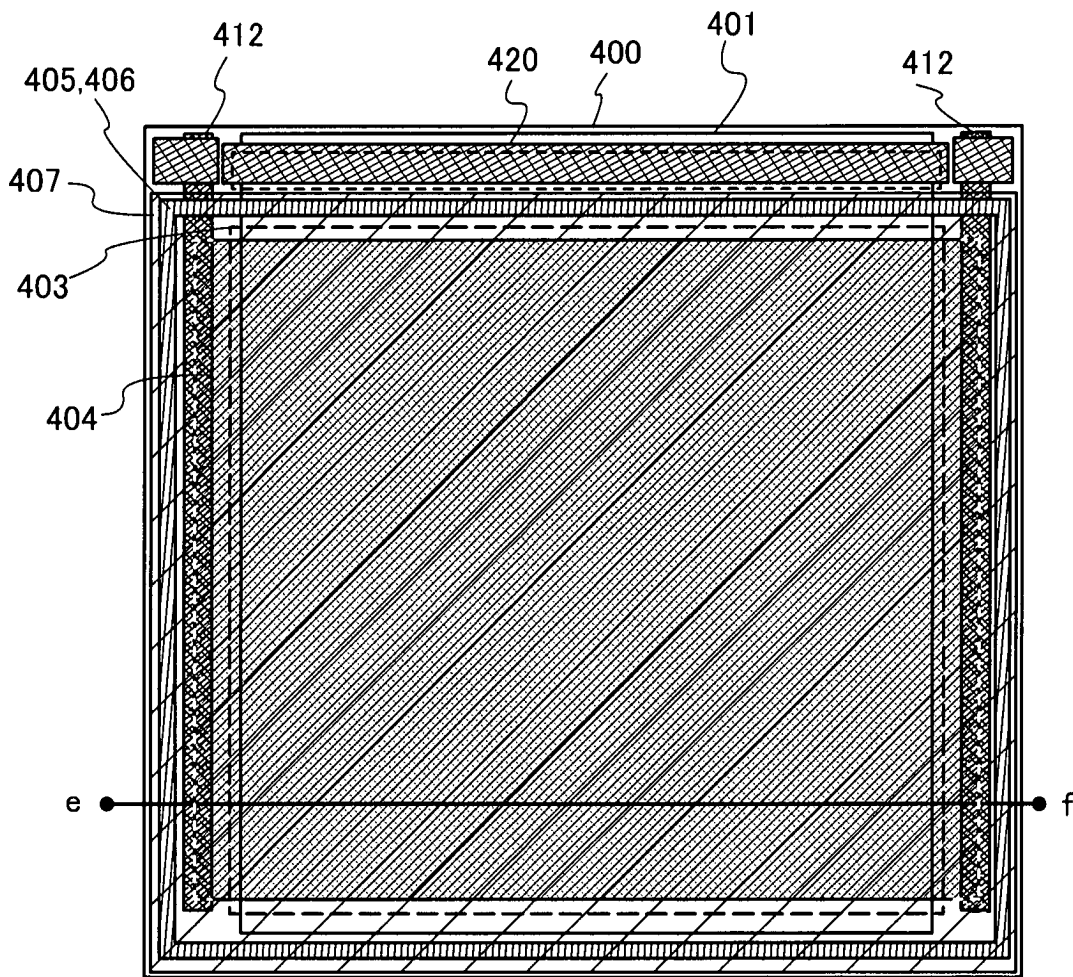


FIG. 7A

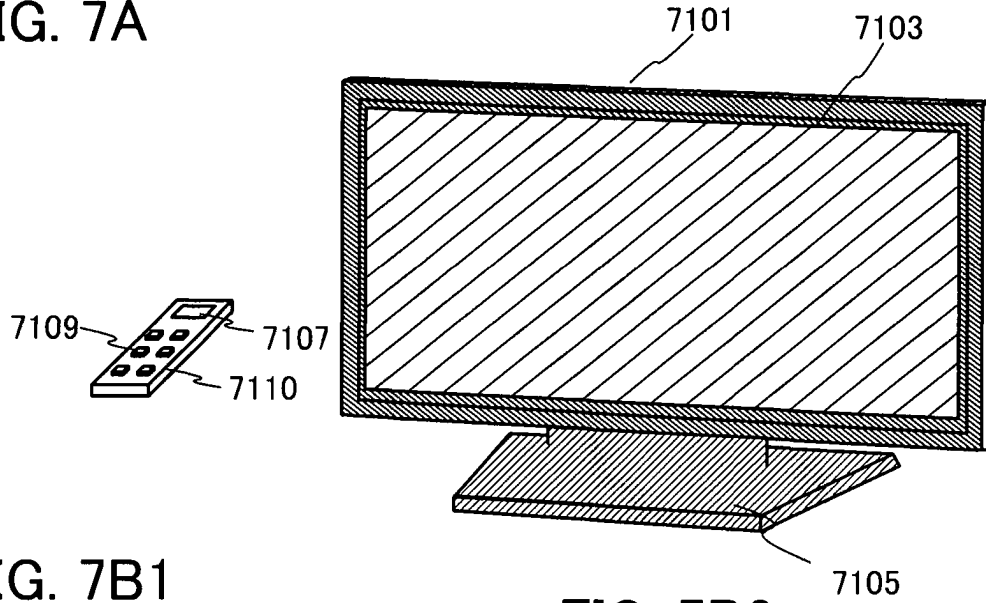


FIG. 7B1

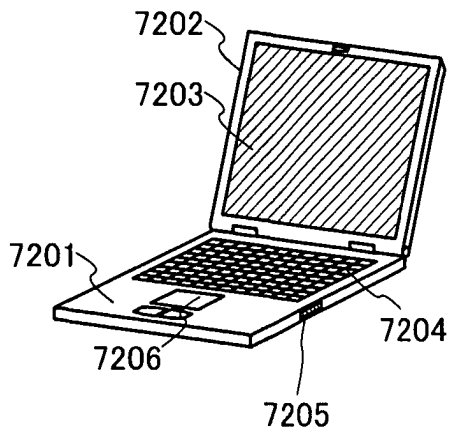


FIG. 7B2

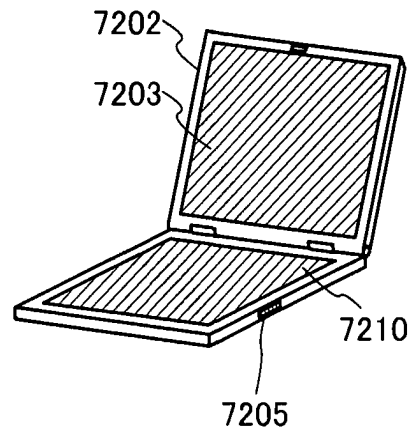


FIG. 7C

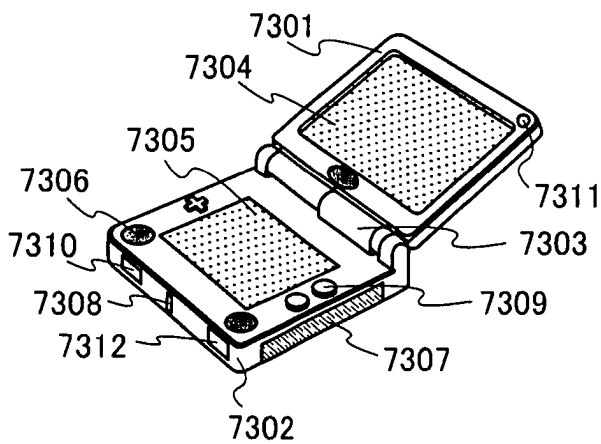


FIG. 7D

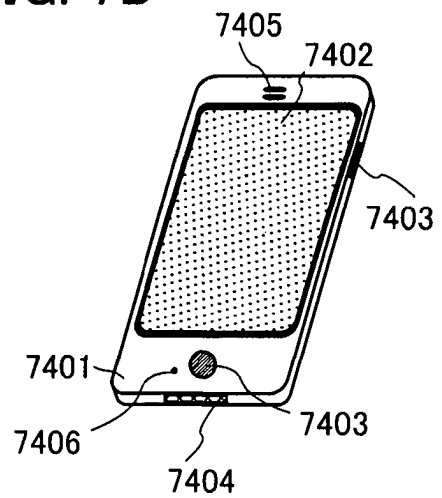


FIG. 8

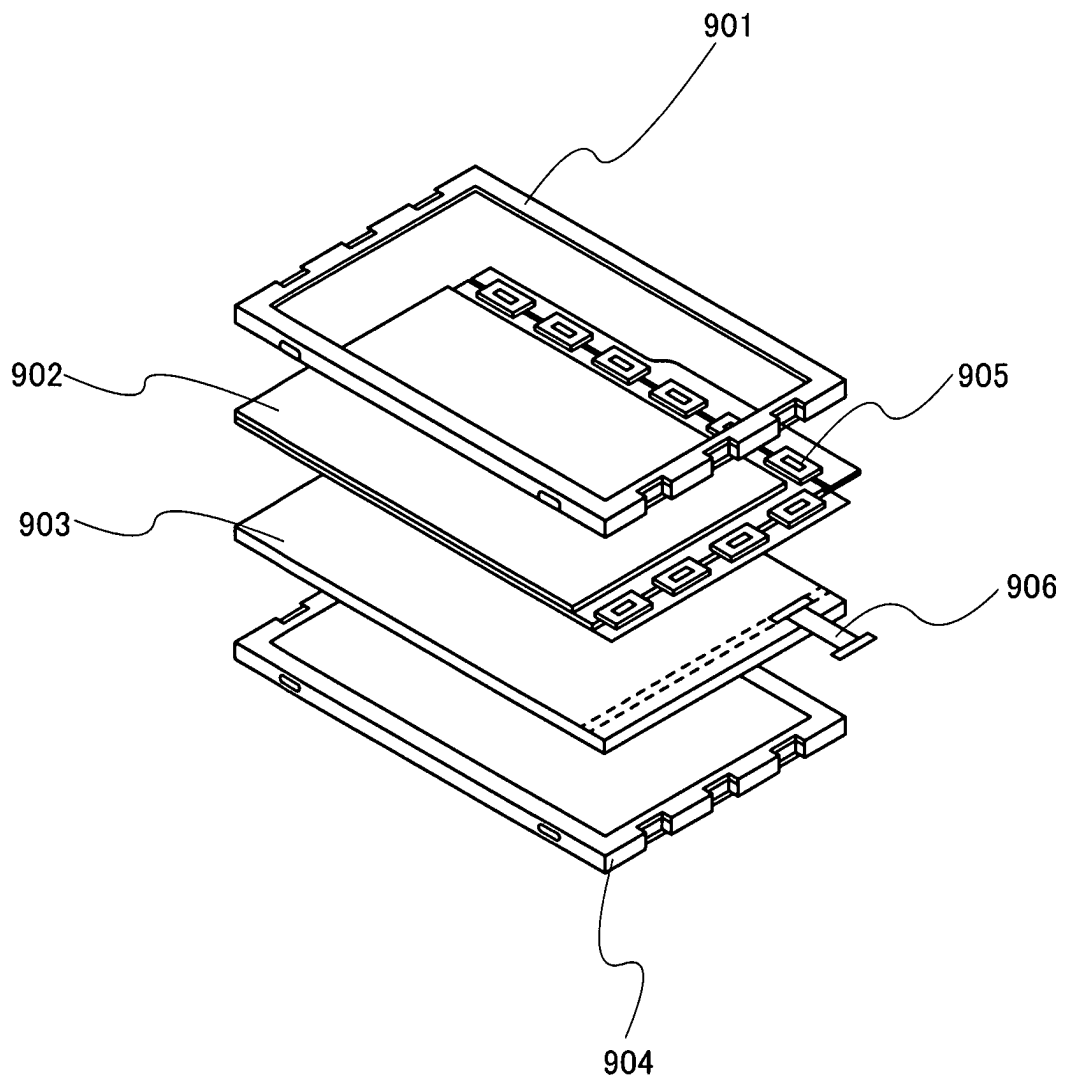


FIG. 9

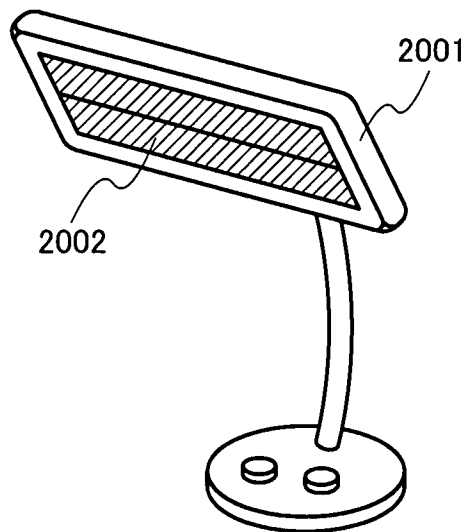


FIG. 10

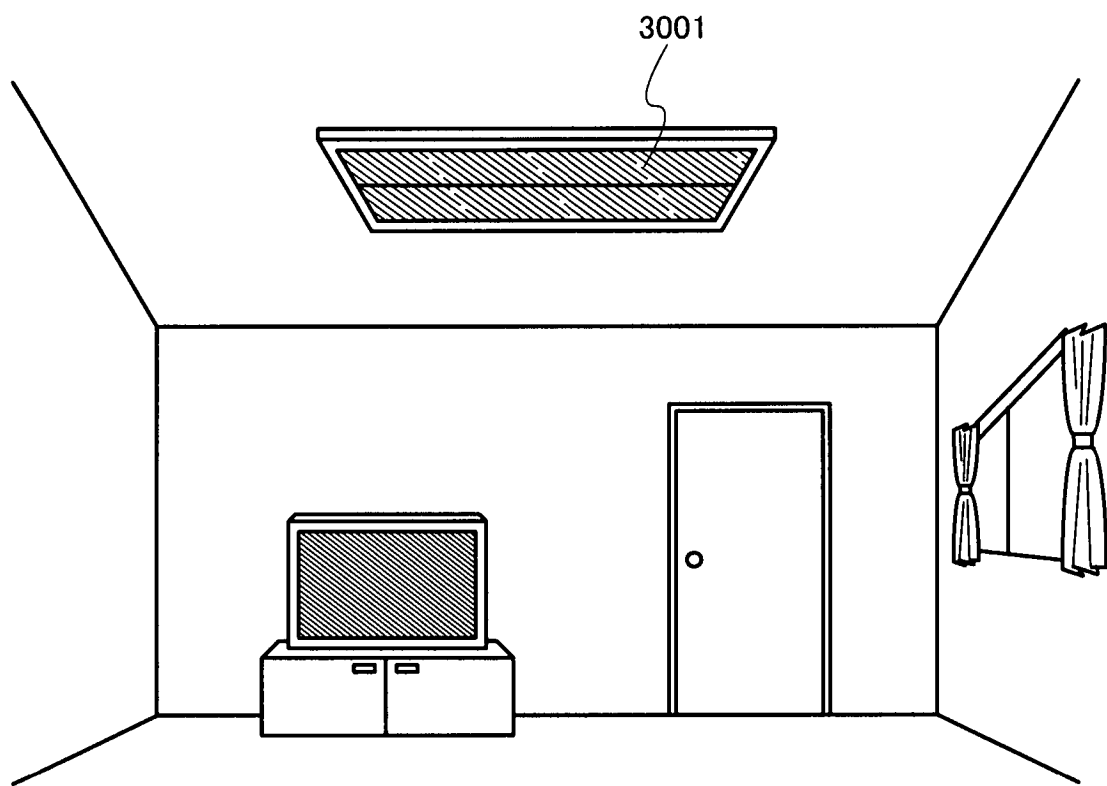


FIG. 11

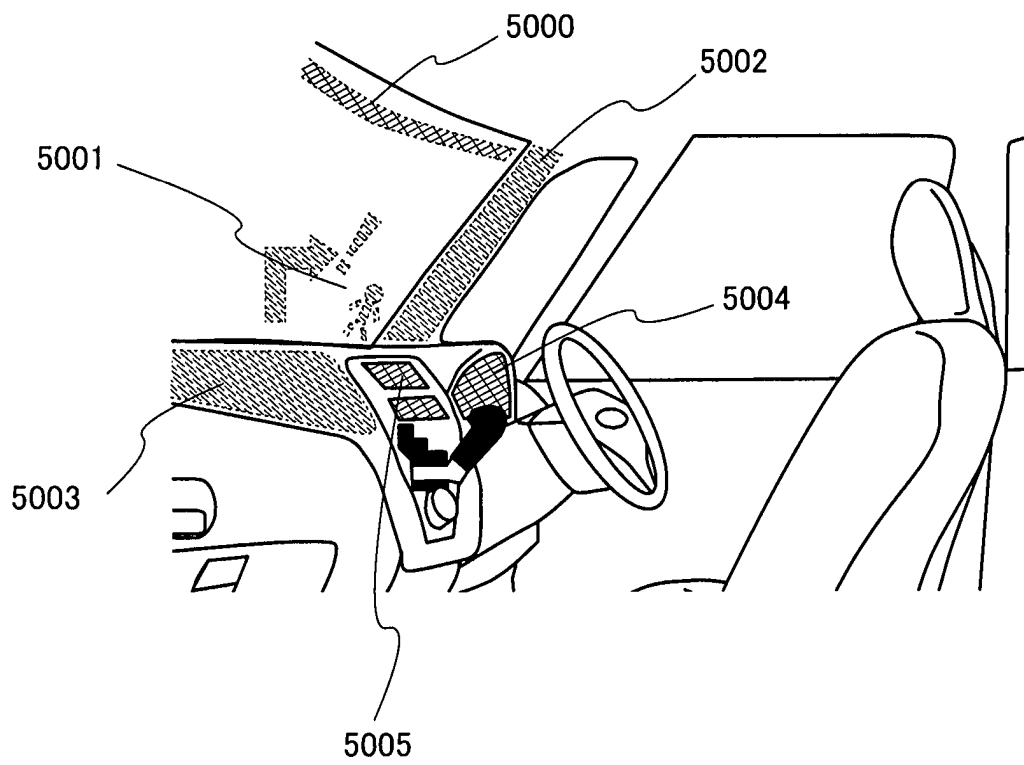


FIG. 12A

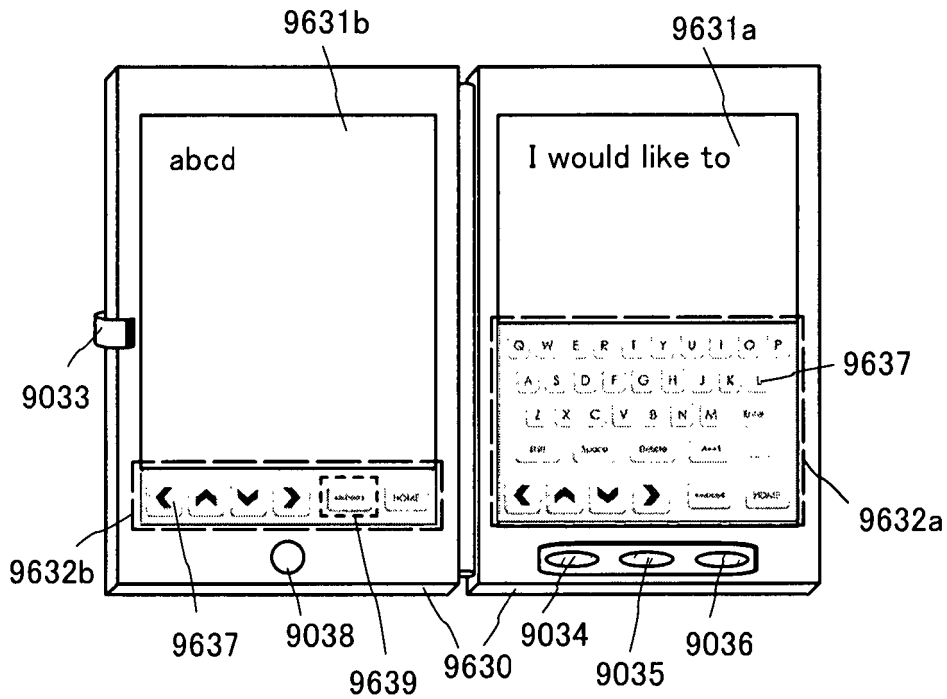


FIG. 12B

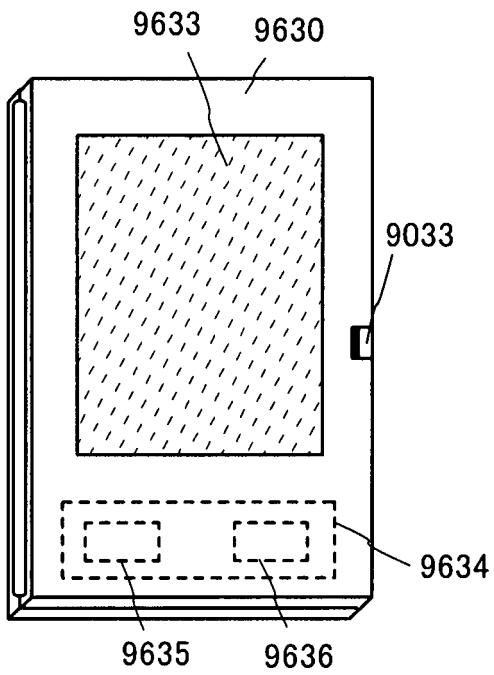


FIG. 12C

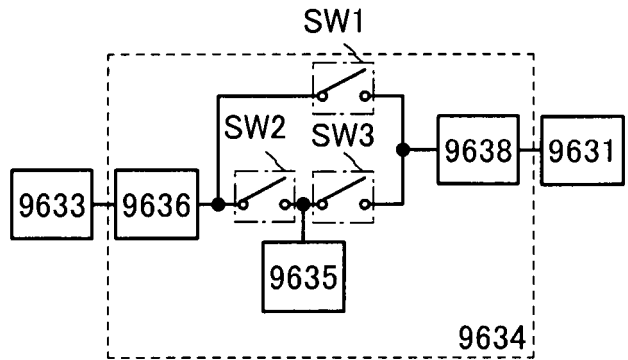


FIG. 13

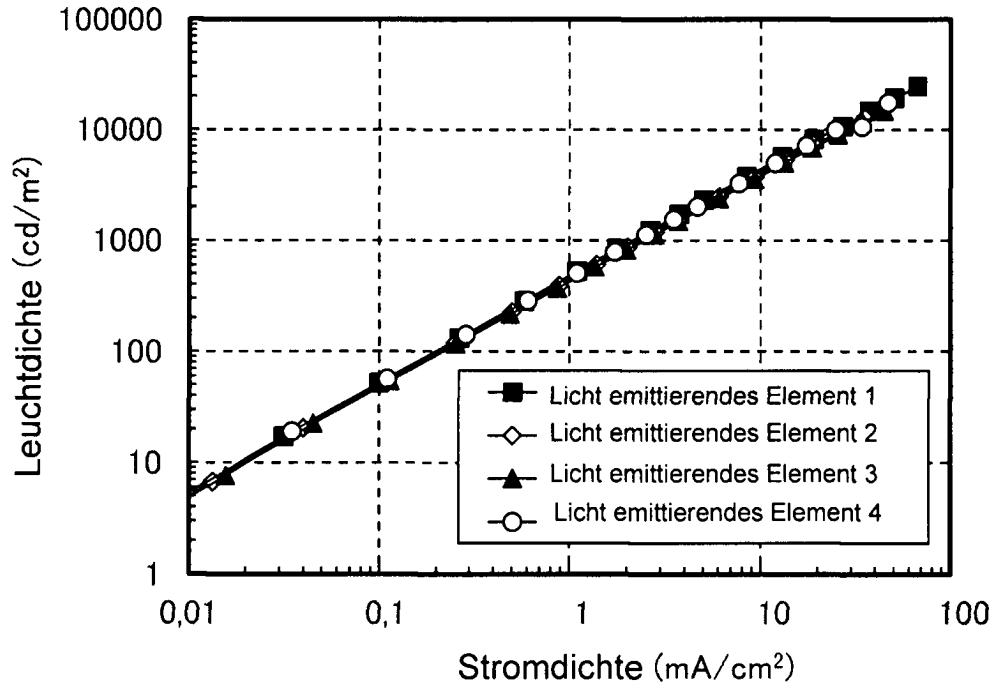


FIG. 14

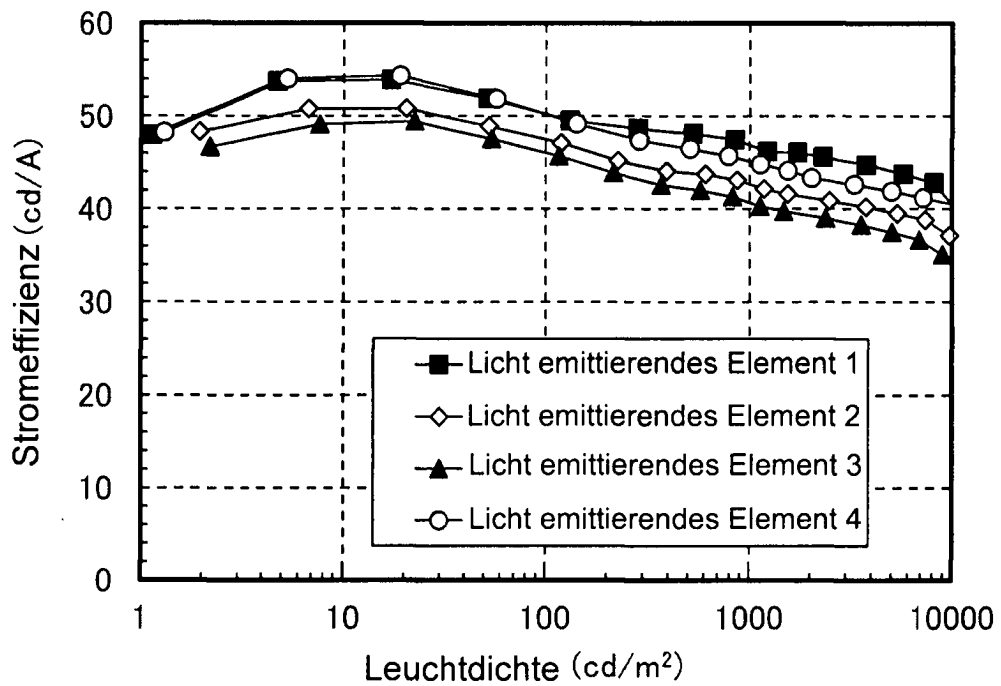


FIG. 15

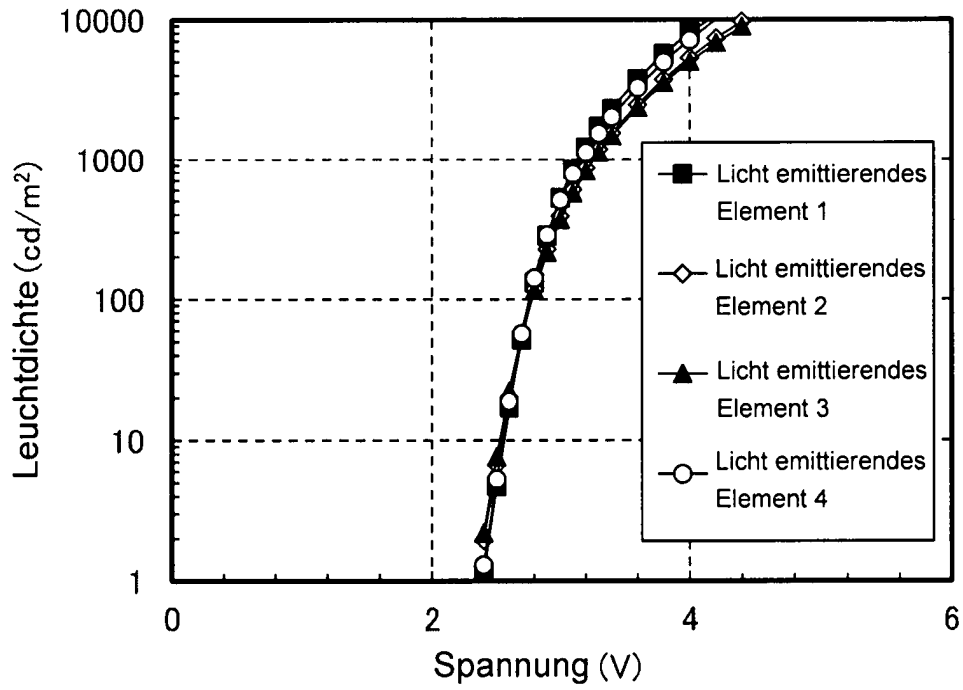


FIG. 16

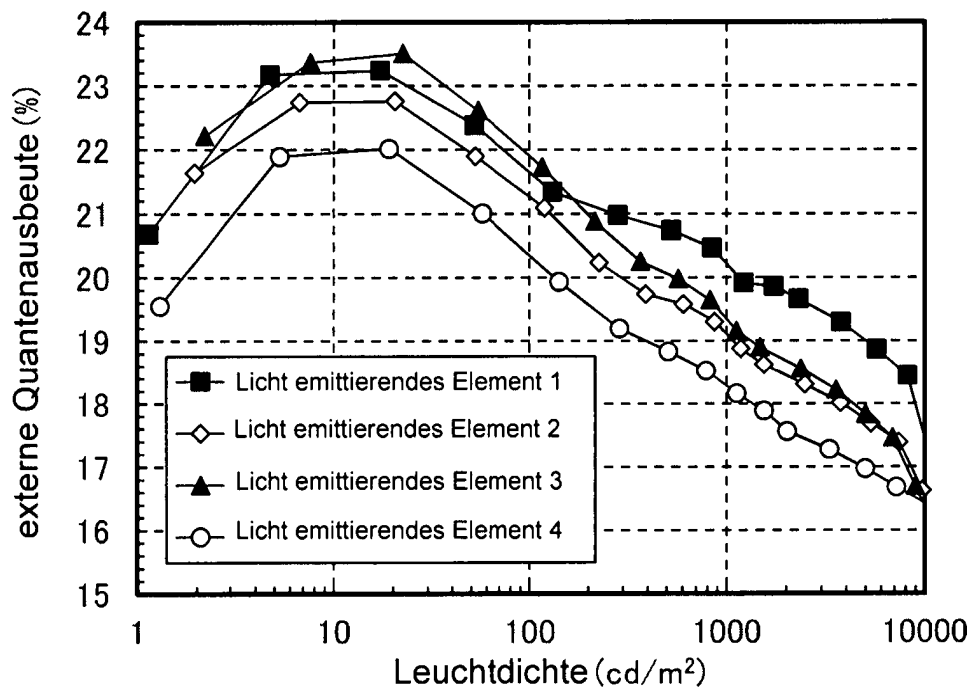


FIG. 17

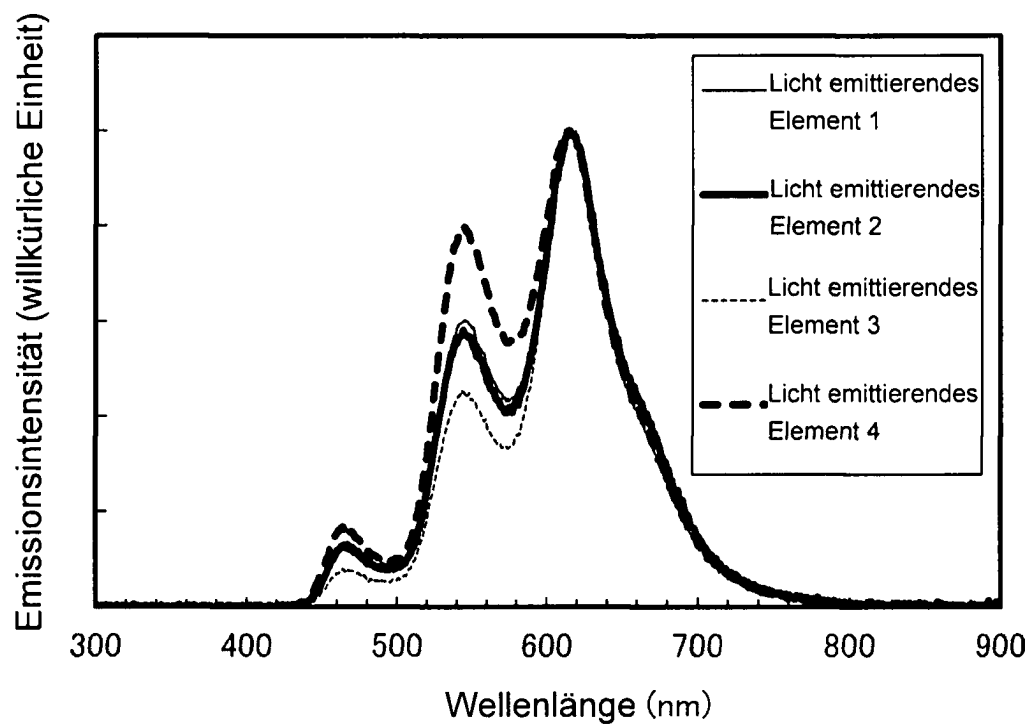


FIG. 18

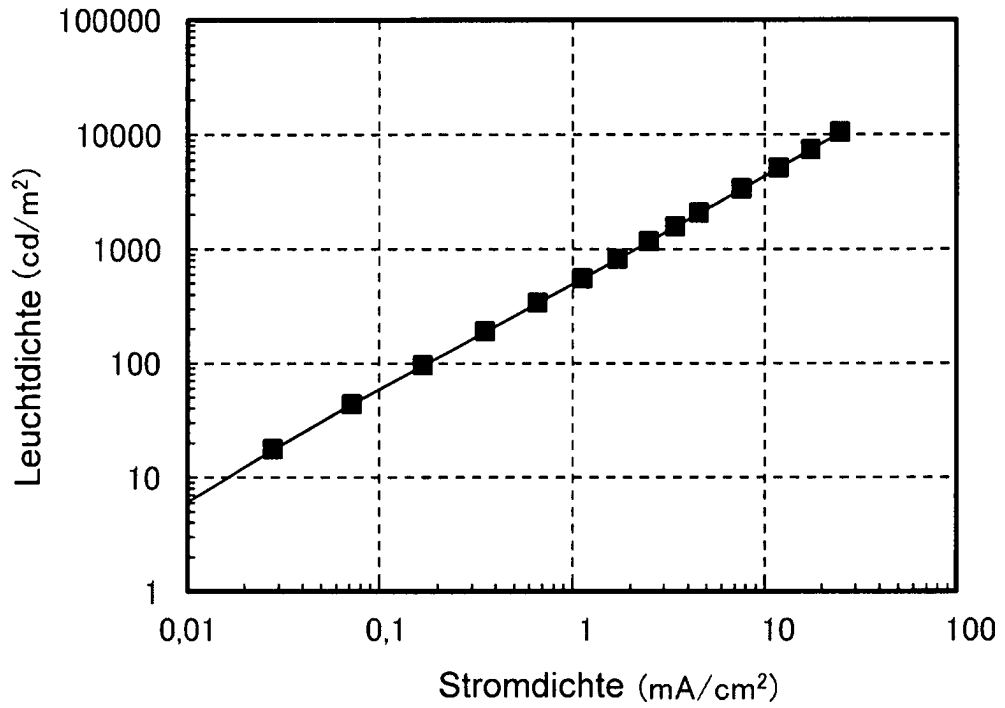


FIG. 19

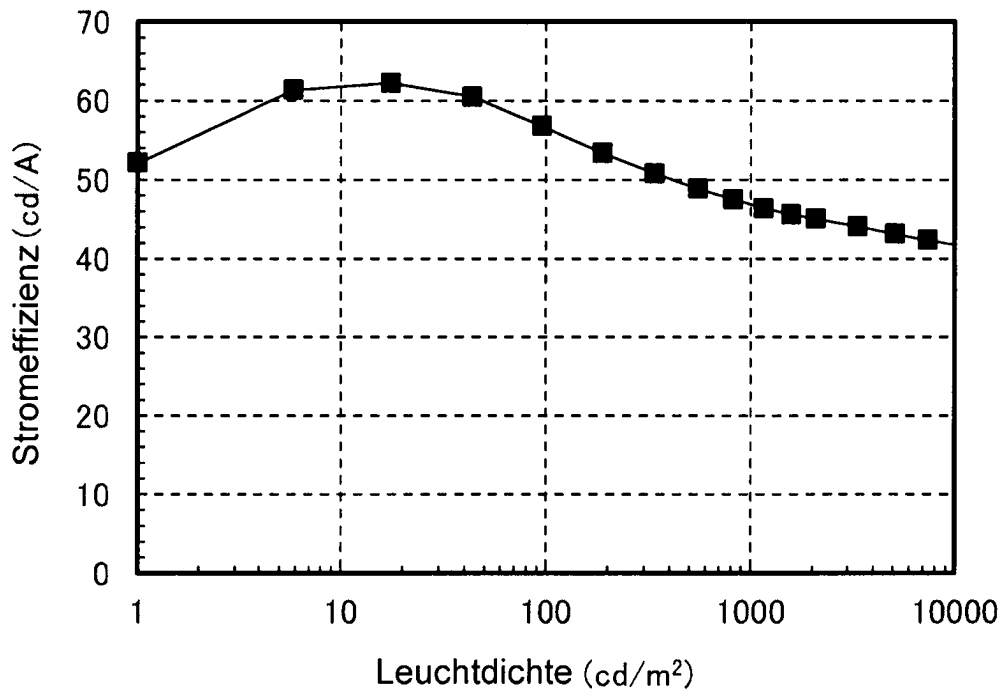


FIG. 20

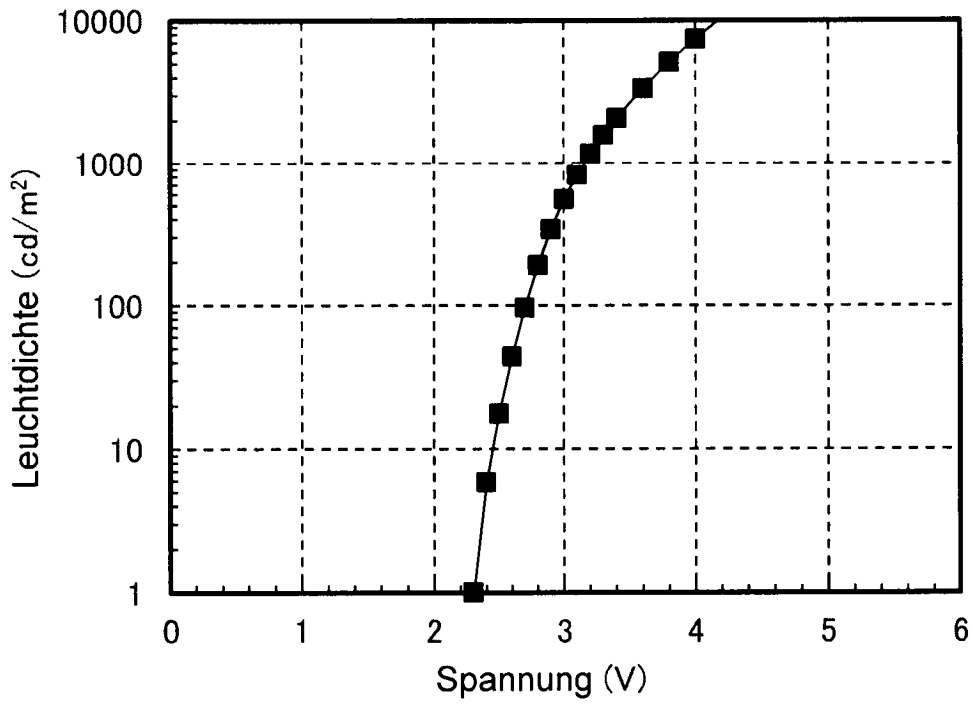


FIG. 21

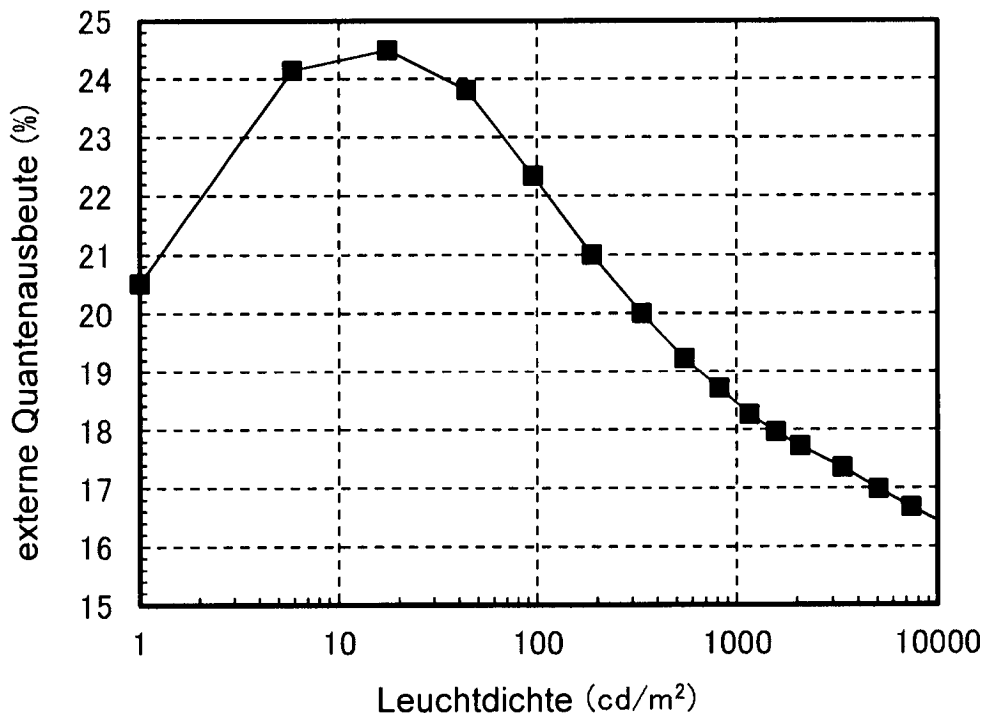


FIG. 22

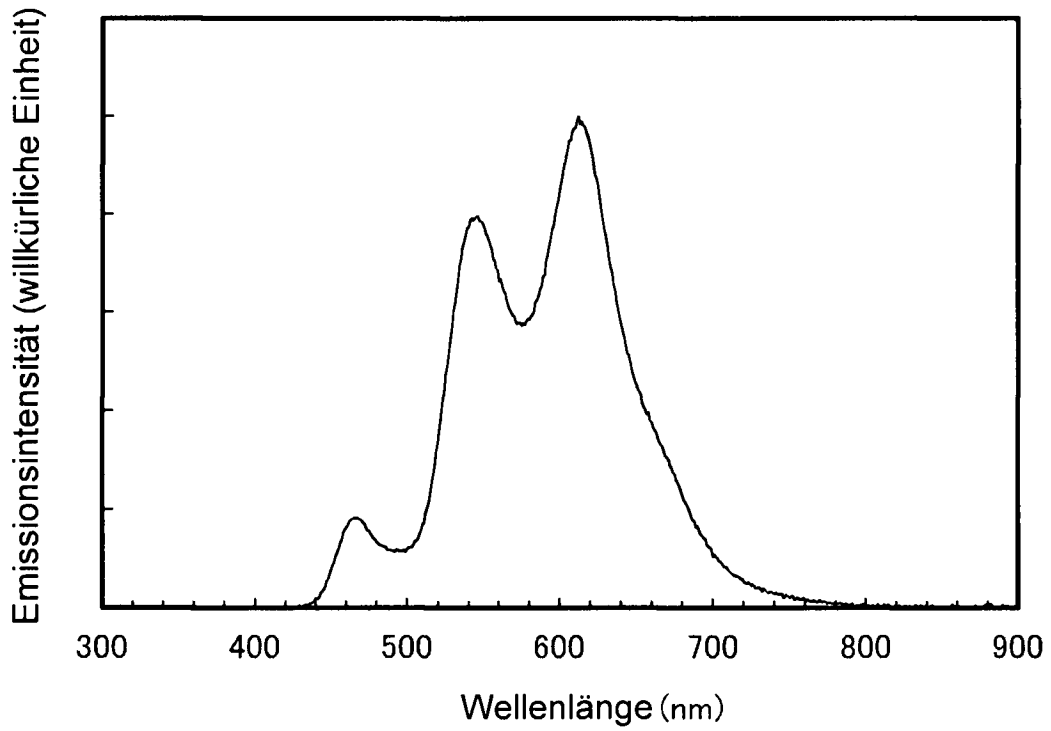


FIG. 23

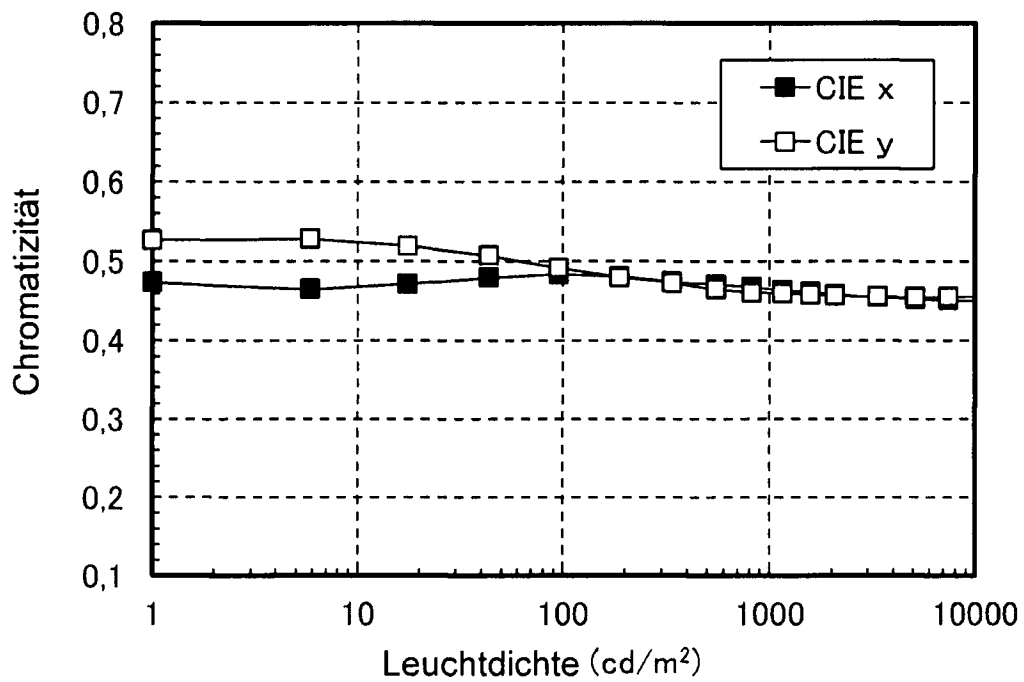


FIG. 24

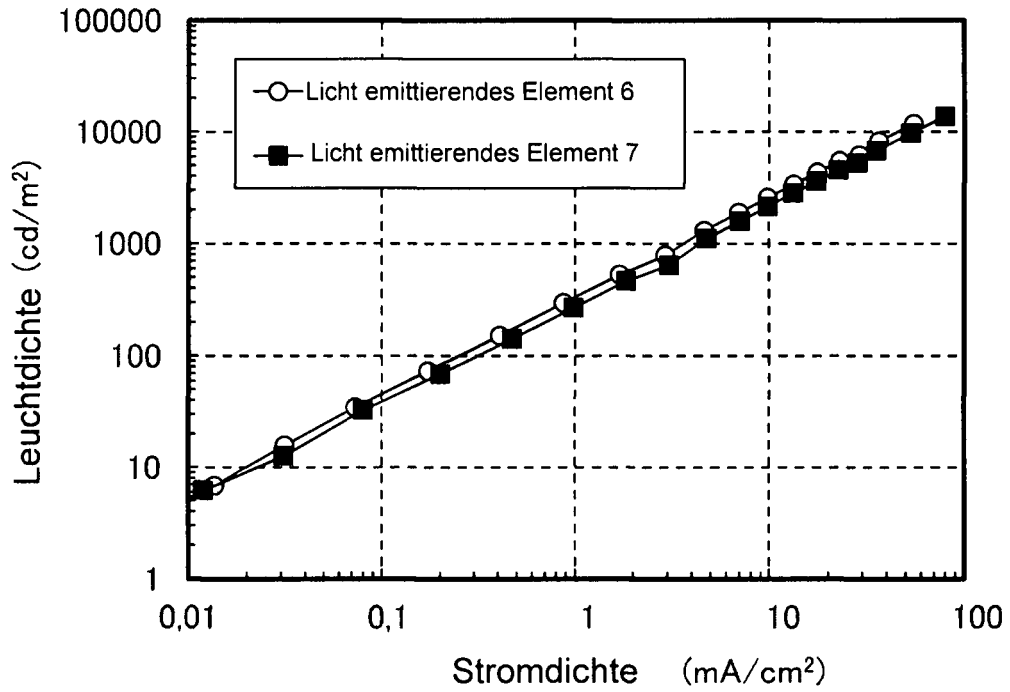


FIG. 25

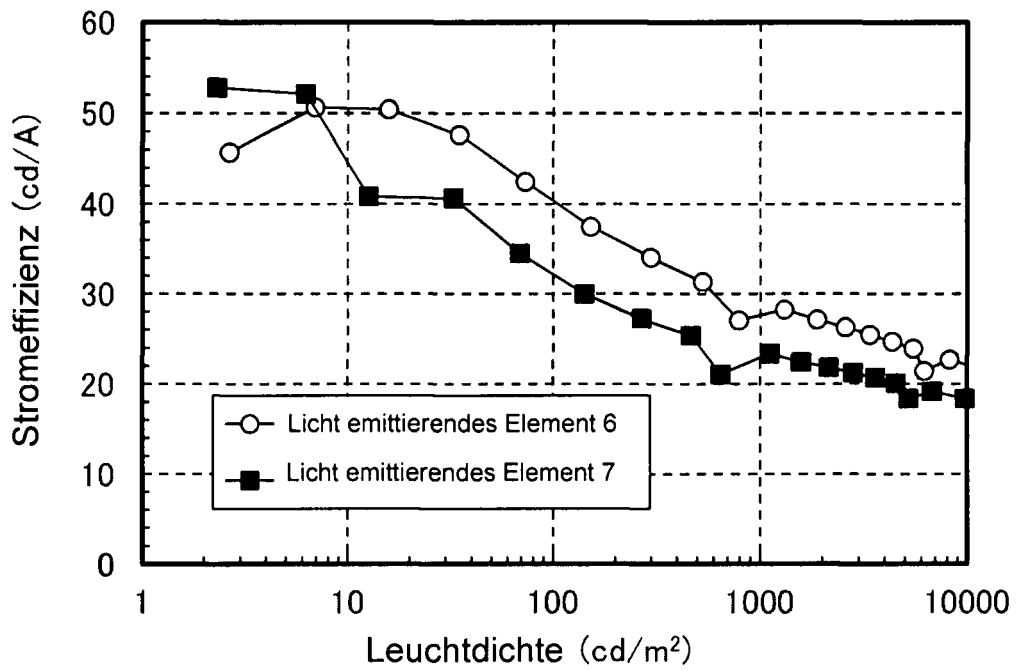


FIG. 26

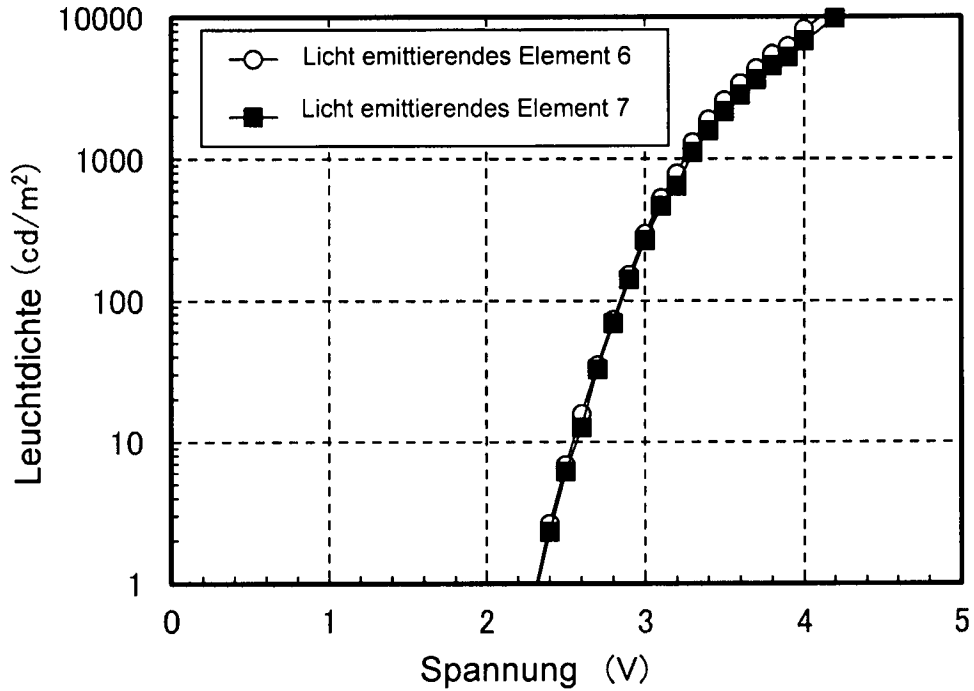


FIG. 27

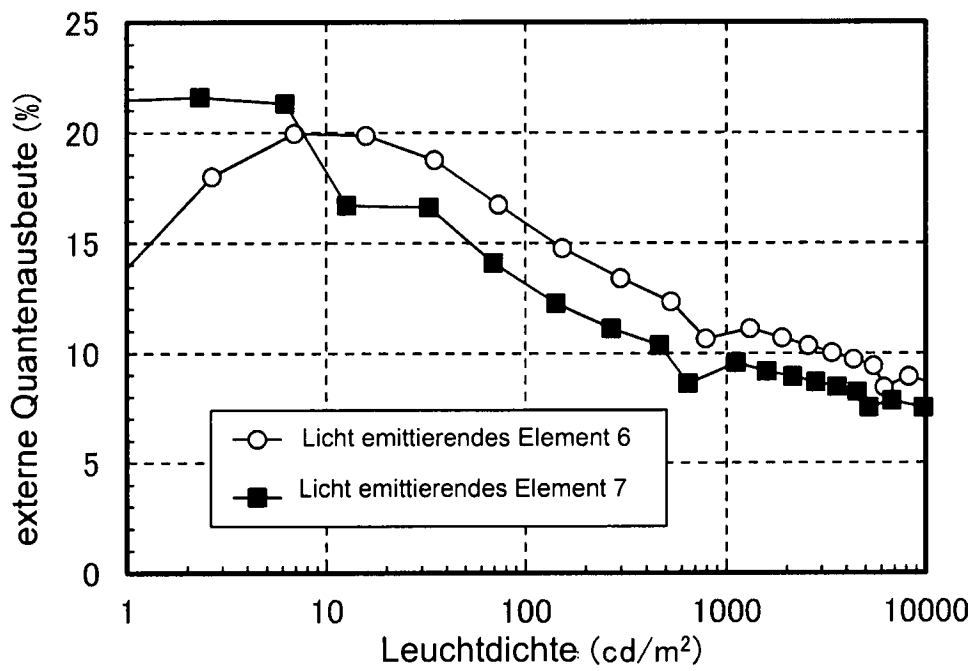


FIG. 28

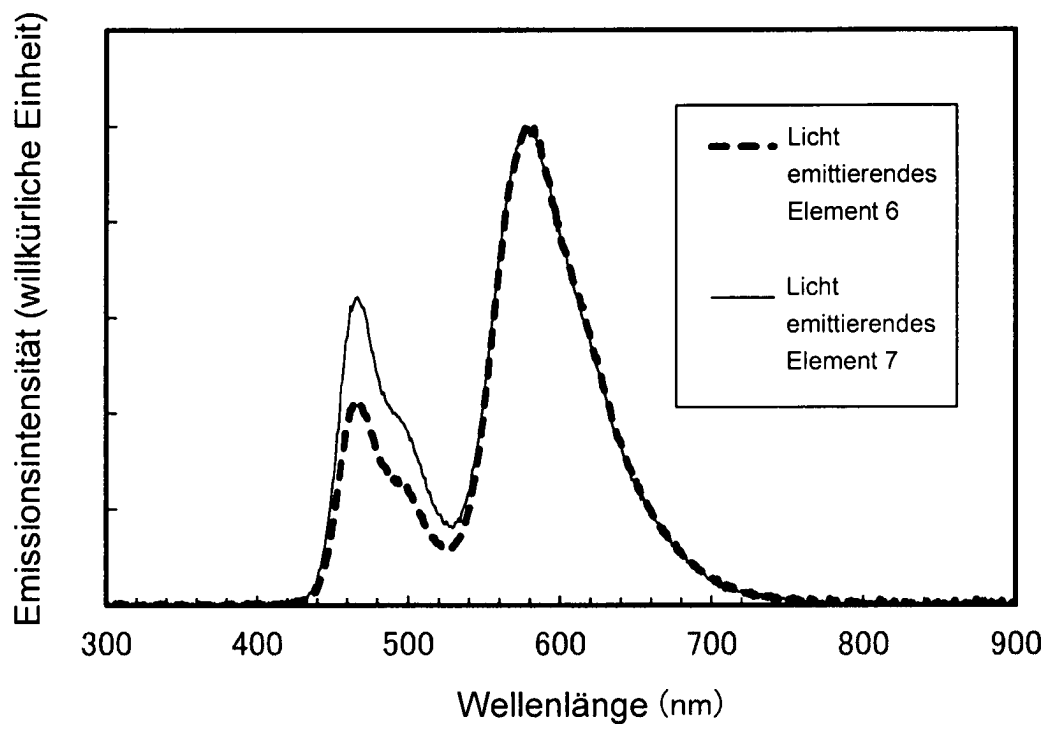


FIG. 29

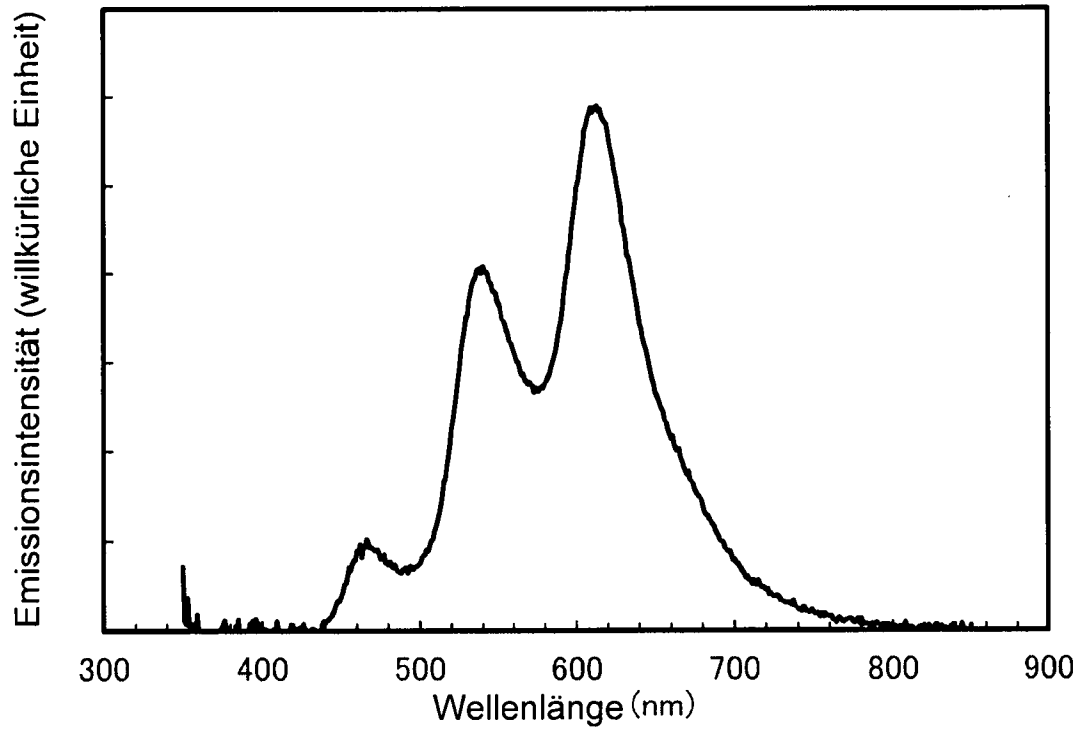


FIG. 30

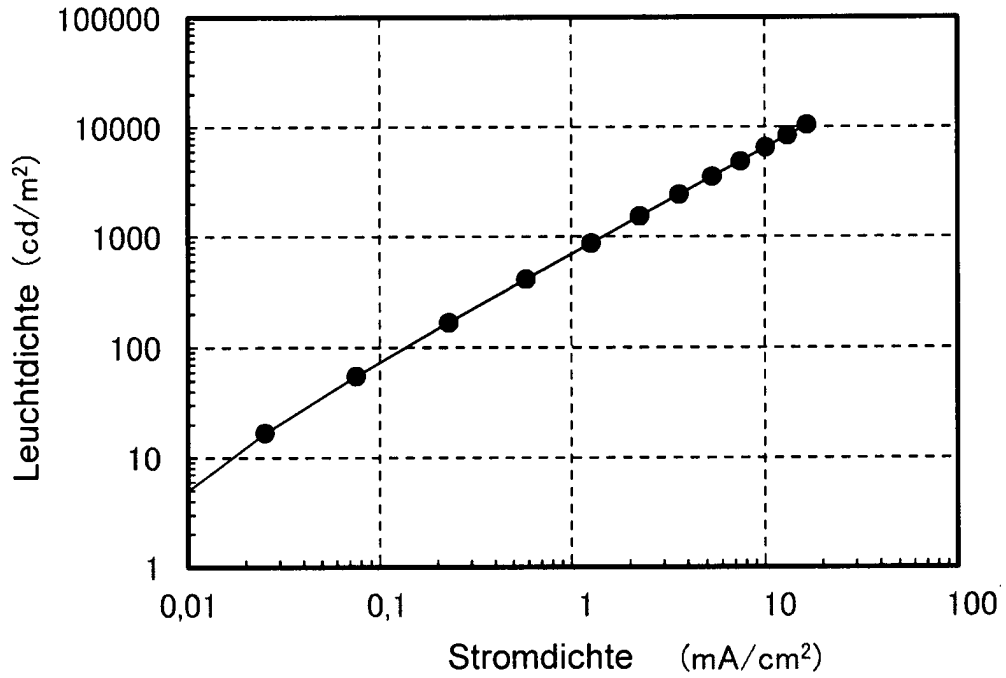


FIG. 31

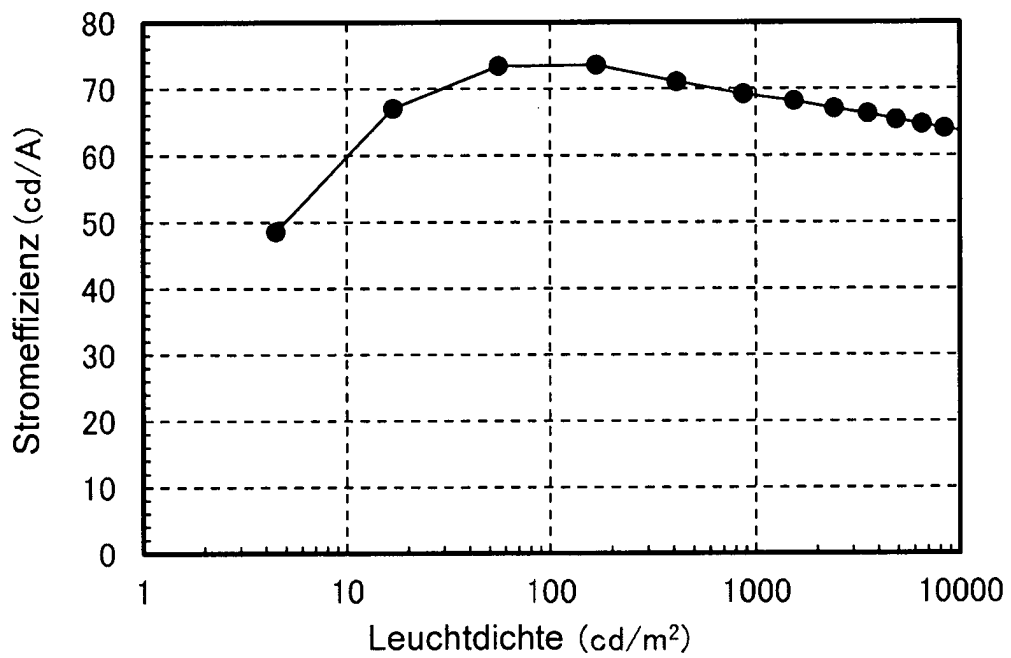


FIG. 32

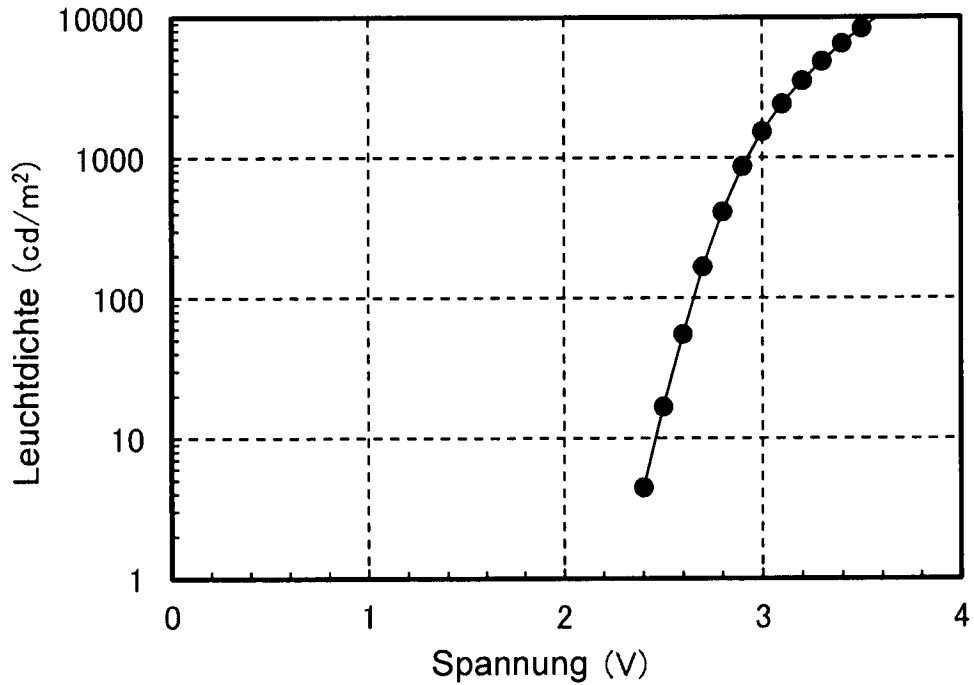


FIG. 33

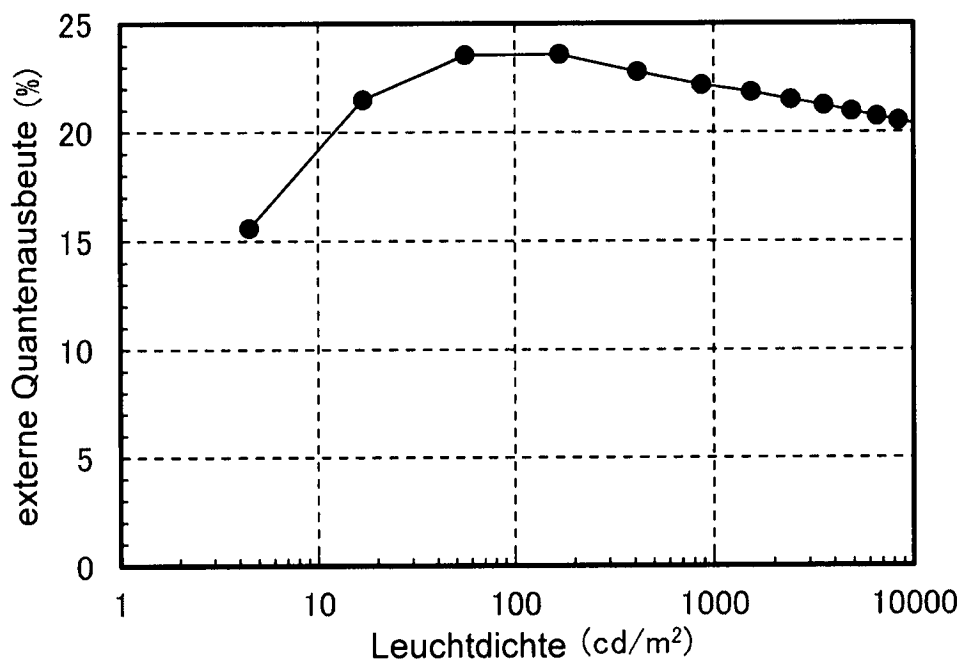


FIG. 34

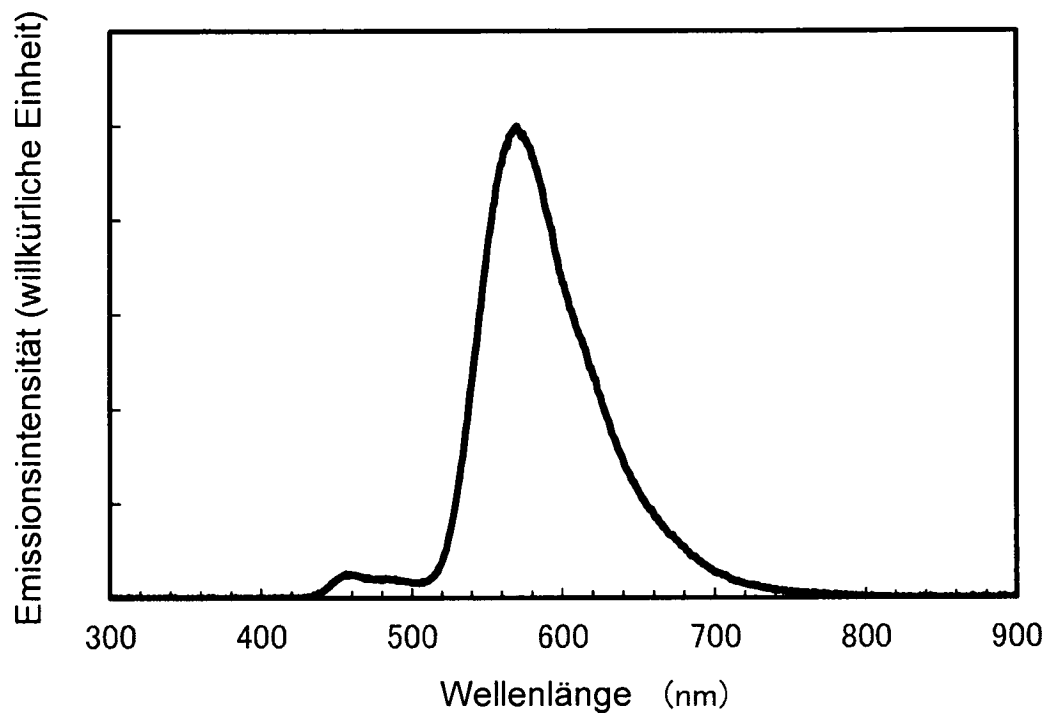


FIG. 35

