



(10) **DE 11 2019 007 697 B4** 2024.10.31

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **11 2019 007 697.3**

(22) Anmeldetag: **20.09.2019**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **31.10.2024**

(51) Int Cl.: **H10K 50/11 (2023.01)**

**H10K 85/00 (2023.01)**

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

(30) Unionspriorität:

<b>2018-180795</b>	<b>26.09.2018</b>	<b>JP</b>
<b>2018-191552</b>	<b>10.10.2018</b>	<b>JP</b>
<b>2018-224074</b>	<b>29.11.2018</b>	<b>JP</b>

(62) Teilung aus:

**11 2019 004 819.8**

(62) Teilung in:

**11 2019 008 052.0**

(73) Patentinhaber:

**Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.,  
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

(74) Vertreter:

**GLAWE DELFS MOLL Partnerschaft mbB von  
Patent- und Rechtsanwälten, 20148 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:

**Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;  
Suzuki, Tsunenori, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;  
Okuyama, Takumu, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,  
JP; Takita, Yusuke, Yokohama-shi, Kanagawa-  
ken, JP; Hashimoto, Naoaki, Atsugi-shi,  
Kanagawa-ken, JP; Seo, Hiromi, Atsugi-shi,  
Kanagawa-ken, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Licht emittierende Vorrichtung, Licht emittierende Einrichtung, elektronisches Gerät und Beleuchtungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst, wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und

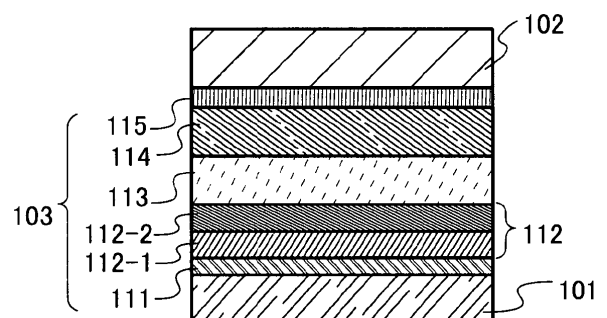
der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2011 / 0 127 510</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2016 / 0 248 033</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2017 / 0 062 734</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2017 / 0 222 156</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2018 / 0 033 993</b>	<b>A1</b>

**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsanordnung. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf das vorstehende technische Gebiet beschränkt ist. Das technische Gebiet einer Ausführungsform der Erfindung, die in dieser Beschreibung und dergleichen offenbart wird, betrifft einen Gegenstand. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Erzeugnis oder eine Zusammensetzung. Spezifische Beispiele für das technische Gebiet einer Ausführungsform der in dieser Beschreibung offenbarten vorliegenden Erfindung umfassen eine Halbleitervorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Einrichtung, eine Beleuchtungsanordnung, eine Energiespeichervorrichtung, eine Speichervorrichtung, eine Abbildungsvorrichtung, ein Betriebsverfahren dafür und ein Herstellungsverfahren dafür.

## Stand der Technik

**[0002]** Licht emittierende Vorrichtungen (organische EL-Elemente), die organische Verbindungen umfassen und Elektrolumineszenz (EL) nutzen, kommen in der Praxis vermehrt zum Einsatz. Bei der grundlegenden Struktur von derartigen Licht emittierenden Vorrichtungen ist eine organische Verbindungsschicht, die ein Licht emittierendes Material enthält (eine EL-Schicht), zwischen einem Paar von Elektroden bereitgestellt. Ladungsträger werden durch Anlegen einer Spannung an das Element injiziert, und die Rekombinationsenergie der Ladungsträger wird genutzt, wodurch eine Lichtemission von dem Licht emittierenden Material erhalten werden kann.

**[0003]** Da derartige Licht emittierende Vorrichtungen selbstleuchtend sind, weisen Licht emittierende Vorrichtungen, wenn sie als Pixel einer Anzeige verwendet werden, gegenüber Flüssigkristallanzeigen die Vorteile auf, dass die Sichtbarkeit von Pixeln hoch ist und eine Hintergrundbeleuchtung nicht erforderlich ist. Anzeigen, die derartige Licht emittierende Vorrichtungen umfassen, sind auch insofern sehr vorteilhaft, als sie dünn und leichtgewichtig sein können. Außerdem weisen derartige Licht emittierende Vorrichtungen auch ein Merkmal auf, dass die Ansprechzeit sehr schnell ist.

**[0004]** Da Licht emittierende Schichten von derartigen Licht emittierenden Vorrichtungen sukzessiv zweidimensional ausgebildet werden können, kann eine planare Lichtemission erhalten werden. Es ist schwierig, dieses Merkmal mit Punktlichtquellen, die durch Glühlampen und LEDs typisiert werden, oder linearen Lichtquellen, die durch Fluoreszenzlampen typisiert werden, zu realisieren. Daher haben Licht emittierende Vorrichtungen auch ein großes Potential als planare Lichtquellen, die bei Beleuchtungsanordnungen und dergleichen zur Anwendung kommen können.

**[0005]** Anzeigen oder Beleuchtungsanordnungen, die Licht emittierende Vorrichtungen umfassen, können, wie vorstehend beschrieben, in geeigneter Weise für eine Vielzahl von elektronischen Geräten verwendet werden, und die Forschung und Entwicklung von Licht emittierenden Vorrichtungen sind im Hinblick auf höhere Effizienz oder längere Lebensdauer vorangeschritten.

**[0006]** Bei einer Struktur, die im Patentedokument 1 offenbart wird, ist ein Lochtransportmaterial, dessen HOMO-Niveau zwischen dem HOMO-Niveau einer ersten Lochinjektionsschicht und dem HOMO-Niveau eines Wirtsmaterials liegt, zwischen einer Licht emittierenden Schicht und einer ersten Lochtransportschicht in Kontakt mit der Lochinjektionsschicht bereitgestellt.

**[0007]** Obwohl sich die Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen in bemerkenswerter Weise verbessert haben, wurden die erhöhten Anforderungen hinsichtlich verschiedener Eigenschaften, darunter die Effizienz und Beständigkeit, noch nicht befriedigt.

## Referenzen:

**[0008]** [Patentedokument 1] Internationale PCT-Veröffentlichung Nr. WO 2011 / 065136 A1

**[0009]** US 2018/0033993 A1, US 2017/0062734 A1, US 2016/0248033 A1, US 2011/0127510 A1, US 2017/0222156 A1 und US 2017/0062734 A1 offenbaren die Bereitstellung von Licht emittierenden Ele-

menten, die sich jedoch im Aufbau und in der Ausgestaltung der einzelnen Schichten von der erfindungsge-  
mäßigen Licht emittierenden Vorrichtung unterscheiden.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0010]** Eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Vorrichtung mit niedriger Betriebsspannung bereitzustellen.

**[0011]** Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Anzeigevorrichtung bereitzustellen, welche jeweils eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Anzeigevorrichtung bereitzustellen, welche jeweils einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

**[0012]** Bei der vorliegenden Erfindung ist es lediglich erforderlich, dass mindestens eine der vorstehend beschriebenen Aufgaben erfüllt wird. Dies wird erreicht durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0013]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine Licht emittierende Schicht. Eine Abklingkurve, die eine Änderung der Leuchtdichte einer Lichtemission zeigt, die bei der Zufuhr eines konstanten Stroms zu der Licht emittierenden Vorrichtung erhalten wird, weist einen lokalen Maximalwert auf.

**[0014]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV. Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , wenn eine Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt. Eine Abklingkurve, die eine Änderung der Leuchtdichte einer Lichtemission zeigt, die bei der Zufuhr eines konstanten Stroms zu der Licht emittierenden Vorrichtung erhalten wird, weist einen lokalen Maximalwert auf.

**[0015]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , wenn eine Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt. Eine Abklingkurve, die

eine Änderung der Leuchtdichte einer Lichtemission zeigt, die bei der Zufuhr eines konstanten Stroms zu der Licht emittierenden Vorrichtung erhalten wird, weist einen lokalen Maximalwert auf.

**[0016]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die Abklingkurve einen Abschnitt von über 100 % aufweist.

**[0017]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , wenn eine Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt.

**[0018]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung ist flacher als das LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung. Eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung ist größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV.

**[0019]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Die siebte organische Verbindung ist eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung.

**[0020]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht

und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die zweite organische Verbindung weist ein erstes Lochtransport-Gerüst auf. Die dritte organische Verbindung weist ein zweites Lochtransport-Gerüst auf. Die vierte organische Verbindung weist ein drittes Lochtransport-Gerüst auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $-5,7$  eV und niedriger als oder gleich  $-5,2$  eV. Das erste Lochtransport-Gerüst, das zweite Lochtransport-Gerüst und das dritte Lochtransport-Gerüst sind jeweils unabhängig voneinander ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothio-phen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst. Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , wenn eine Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt.

**[0021]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die zweite organische Verbindung weist ein erstes Lochtransport-Gerüst auf. Die dritte organische Verbindung weist ein zweites Lochtransport-Gerüst auf. Die vierte organische Verbindung weist ein drittes Lochtransport-Gerüst auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $-5,7$  eV und niedriger als oder gleich  $-5,2$  eV. Das erste Lochtransport-Gerüst, das zweite Lochtransport-Gerüst und das dritte Lochtransport-Gerüst sind jeweils unabhängig voneinander ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothio-phen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst. Das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung ist flacher als das LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung. Eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung ist größer als oder gleich  $0,1$  eV und kleiner als oder gleich  $0,3$  eV.

**[0022]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht umfasst eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus. Die erste Schicht ist in Kontakt mit der Anode. Die erste Schicht enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht enthält eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht enthält eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht enthält eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die zweite organische Verbindung weist ein erstes Lochtransport-Gerüst auf. Die dritte organische Verbindung weist ein zweites Lochtransport-Gerüst auf. Die vierte organische Verbindung weist ein drittes Lochtransport-Gerüst auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums substanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich  $-5,7$  eV und niedriger als oder gleich  $-5,2$  eV. Das erste Lochtransport-Gerüst, das zweite Lochtransport-Gerüst und das dritte Lochtransport-Gerüst sind jeweils unabhängig voneinander ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothio-phen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst. Die siebte organische Verbindung ist eine  $\pi$ -elektronenarme hetero-aromatische Verbindung.

**[0023]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ein Chinoxalin-Gerüst, ein Benzimidazol-Gerüst oder ein Triazin-Gerüst aufweist.

**[0024]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die sechste organische Verbindung aus Kohlenwasserstoff besteht, das

HOMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung tiefer als das HOMO-Niveau der vierten organischen Verbindung ist und eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der vierten organischen Verbindung und der sechsten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,2 eV und kleiner als oder gleich 0,4 eV ist.

**[0025]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst aufweist und eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der vierten organischen Verbindung und der sechsten organischen Verbindung kleiner als 0,2 eV ist.

**[0026]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst aufweist und in der vierten organischen Verbindung zwei Carbazol-Ringe an einen Naphthalen-Ring gebunden sind.

**[0027]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst aufweist und die vierte organische Verbindung 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) ist.

**[0028]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst aufweist, das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,4 eV und niedriger als oder gleich -5,7 eV ist und die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung niedriger als die Elektronenbeweglichkeit der sechsten organischen Verbindung ist, wenn eine Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt.

**[0029]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der dritten organischen Verbindung und der vierten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist.

**[0030]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der das HOMO-Niveau der vierten organischen Verbindung tiefer als das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist.

**[0031]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die zweite organische Verbindung ein Dibenzofuran-Gerüst aufweist.

**[0032]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die siebte organische Verbindung ein Chinoxalin-Gerüst aufweist.

**[0033]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt.

**[0034]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der es sich bei der fünften organischen Verbindung um ein blaues fluoreszierendes Material handelt.

**[0035]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein elektronisches Gerät, das bei der vorstehenden Struktur einen Sensor, einen Bedienknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon beinhaltet.

**[0036]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Einrichtung, die bei der vorstehenden Struktur einen Transistor oder ein Substrat beinhaltet.

**[0037]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Beleuchtungsvorrichtung, die bei der vorstehenden Struktur ein Gehäuse beinhaltet.

**[0038]** Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einrichtung in dieser Beschreibung in ihrer Kategorie eine Bildanzeigevorrichtung mit einer Licht emittierenden Vorrichtung umfasst. Die Licht emittierende Einrichtung kann in einem Modul, bei dem eine Licht emittierende Vorrichtung mit einem Verbinder, wie z. B. einem

anisotropen leitenden Film oder einem Tape Carrier Package (TCP), bereitgestellt ist, einem Modul, bei dem eine gedruckte Leiterplatte am Ende eines TCP bereitgestellt ist, und einem Modul enthalten sein, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) durch ein Chip-on-Glass-(COG-) Verfahren direkt an einer Licht emittierenden Vorrichtung montiert ist. Die Licht emittierende Einrichtung kann in einer Beleuchtungs-vorrichtung oder dergleichen enthalten sein.

**[0039]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung bereitstellen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer bereitstellen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz bereitstellen.

**[0040]** Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Anzeigevorrichtung bereitstellen, welche jeweils eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Anzeigevorrichtung bereitstellen, welche jeweils einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

**[0041]** Es sei angemerkt, dass die Beschreibungen der Wirkungen dem Vorhandensein weiterer Wirkungen nicht im Wege stehen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzielt nicht notwendigerweise sämtliche der vorstehend aufgeführten Wirkungen. Weitere Wirkungen werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0042]** In den begleitenden Zeichnungen:

**Fig. 1A bis Fig. 1C** sind schematische Darstellungen von Licht emittierenden Vorrichtungen;

**Fig. 2A und Fig. 2B** sind konzeptionelle Darstellungen einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

**Fig. 3A und Fig. 3B** sind konzeptionelle Darstellungen einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

**Fig. 4** ist eine konzeptionelle Darstellung einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

**Fig. 5A und Fig. 5B** sind konzeptionelle Darstellung einer Licht emittierenden Passiv-Matrix-Einrichtung;

**Fig. 6A und Fig. 6B** stellen eine Beleuchtungs-vorrichtung dar;

**Fig. 7A, Fig. 7B1, Fig. 7B2 und Fig. 7C** stellen elektronische Geräte dar;

**Fig. 8A bis Fig. 8C** stellen elektronische Geräte dar;

**Fig. 9** stellt eine Beleuchtungs-vorrichtung dar;

**Fig. 10** stellt eine Beleuchtungs-vorrichtung dar;

**Fig. 11** stellt Anzeigevorrichtungen und Beleuchtungs-vorrichtungen in einem Fahrzeug dar;

**Fig. 12A und Fig. 12B** stellen ein elektronisches Gerät dar;

**Fig. 13A bis Fig. 13C** stellen ein elektronisches Gerät dar;

**Fig. 14** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;

**Fig. 15** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;

**Fig. 16** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;

**Fig. 17** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;

**Fig. 18** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;



- Fig. 19** zeigt die Emissionsspektren von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;
- Fig. 20** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte von Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2;
- Fig. 21** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 22** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 23** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 24** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 25** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 26** zeigt die Emissionsspektren von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 27** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte von Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3;
- Fig. 28** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 29** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 30** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 31** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 32** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 33** zeigt die Emissionsspektren von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 34** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte von Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8;
- Fig. 35** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 36** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 37** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 38** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 39** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 40** zeigt das Emissionsspektrum einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 41** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte einer Licht emittierenden Vorrichtung 9;
- Fig. 42** stellt eine Struktur eines Nur-Elektronen-Elements dar.
- Fig. 43** zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften eines Nur-Elektronen-Elements;
- Fig. 44** zeigt die berechneten Frequenzeigenschaften der Kapazität C, wenn eine Gleichspannung 7,0 V ist und ein Verhältnis von ZADN zu Liq 1:1 ist;
- Fig. 45** zeigt die Frequenzeigenschaften von  $-\Delta B$ , wenn eine Gleichspannung 7,0 V ist und ein Verhältnis von ZADN zu Liq 1:1 ist;
- Fig. 46** zeigt die Abhängigkeit der Elektronenbeweglichkeit von der elektrischen Feldstärke von organischen Verbindungen;
- Fig. 47** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;

- Fig. 48** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;
- Fig. 49** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;
- Fig. 50** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;
- Fig. 51** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;
- Fig. 52** zeigt das Emissionsspektrum einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;
- Fig. 53** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte einer Licht emittierenden Vorrichtung 10;
- Fig. 54** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 55** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 56** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 57** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 58** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 59** zeigt das Emissionsspektrum einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 60** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte einer Licht emittierenden Vorrichtung 11;
- Fig. 61** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 62** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 63** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 64** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 65** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 66** zeigt das Emissionsspektrum einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 67** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte einer Licht emittierenden Vorrichtung 12;
- Fig. 68** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20;
- Fig. 69** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20;
- Fig. 70** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20;
- Fig. 71** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20;
- Fig. 72** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20;
- Fig. 73** zeigt das Emissionsspektrum von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20; und
- Fig. 74** zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte von Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20.

#### Beste Art zur Ausführung der Erfindung

**[0043]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen ausführlich beschrieben. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt ist und dass es sich Fachleuten ohne Weiteres erschließt, dass Modi und Details der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Weise modifiziert werden können, ohne vom Erfindungsgedanken der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf die Beschreibung der folgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

**[0044]** Fig. 1A stellt eine Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Anode 101, eine Kathode 102 und eine EL-Schicht 103. Die EL-Schicht 103 umfasst eine Lochinjektionsschicht 111, eine Lochtransportschicht 112, eine Licht emittierende Schicht 113 und eine Elektronentransportschicht 114.

**[0045]** Obwohl Fig. 1A zusätzlich eine Elektroneninjektionsschicht 115 in der EL-Schicht 103 darstellt, ist die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung nicht darauf beschränkt. Solange die vorstehend beschriebenen Komponenten enthalten sind, kann eine Schicht mit einer anderen Funktion enthalten sein.

**[0046]** Die Lochinjektionsschicht 111 enthält eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die zweite organische Verbindung weist ein relativ tiefes HOMO-Niveau auf, das höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist. Die zweite organische Verbindung mit einem relativ tiefen HOMO-Niveau ermöglicht, dass Löcher leicht in die Lochtransportschicht 112 injiziert werden.

**[0047]** Als erste organische Verbindung können beispielsweise organische Verbindungen mit einer elektronenziehenden Gruppe (insbesondere einer Cyano-Gruppe oder einer Halogen-Gruppe, wie z. B. einer Fluor-Gruppe) verwendet werden. Eine Substanz, die eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung aufweist, wird angemessen aus derartigen organischen Verbindungen ausgewählt. Beispiele für eine derartige organische Verbindung umfassen 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorquinodimethan (Abkürzung: F<sub>4</sub>-TCNQ), Chloranil, 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaazatriphenylen (Abkürzung: HAT-CN), 1,3,4,5,7,8-Hexafluortetracyano-naphthochinodimethan (Abkürzung: F6-TCNNQ) und 2-(7-Dicyanomethylen-1,3,4,5,6,8,9,10-octafluor-7H-pyren-2-yliden)malononitril. Eine Verbindung, in der elektronenziehende Gruppen an einen kondensierten aromatischen Ring mit einer Vielzahl von Heteroatomen gebunden sind, wie z. B. HAT-CN, wird bevorzugt, da sie thermisch stabil ist. Ein [3]Radialen-Derivat, das eine elektronenziehende Gruppe (insbesondere eine Cyano-Gruppe oder eine Halogen-Gruppe, wie z. B. eine Fluor-Gruppe) aufweist, weist eine sehr hohe Elektronenakzeptoreigenschaft auf und wird somit bevorzugt. Spezifische Beispiele umfassen  $\alpha,\alpha',\alpha''$ -1,2,3-Cyclopropantritylidentris[4-cyano-2,3,5,6-tetrafluorbenzylacetoneitril],  $\alpha,\alpha',\alpha''$ -1,2,3-Cyclopropantritylidentris[2,6-dichlor-3,5-difluor-4-(trifluormethyl)benzylacetoneitril] und  $\alpha,\alpha',\alpha''$ -1,2,3-Cyclopropantritylidentris[2,3,4,5,6-pentafluorbenzylacetoneitril].

**[0048]** Die zweite organische Verbindung ist vorzugsweise eine organische Verbindung, die eine Lochtransporteigenschaft aufweist und ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothiophen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst aufweist. Insbesondere kann ein aromatisches Amin mit einem Substituenten, der einen Dibenzofuran-Ring oder einen Dibenzothiophen-Ring umfasst, ein aromatisches Monoamin, das einen Naphthalen-Ring umfasst, oder ein aromatisches Monoamin, in dem eine 9-Fluorenyl-Gruppe über eine Arylen-Gruppe an Stickstoff desamins gebunden ist, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass die zweite organische Verbindung mit einer N,N-Bis(4-biphenyl)aminogruppe bevorzugt wird, da eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer hergestellt werden kann. Spezifische Beispiele für die zweite organische Verbindung umfassen N-(4-Biphenyl)-6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BnfABP), N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), 4,4'-Bis(6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-yl)-4''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: BnfBB1BP), N,N-Bis(4-biphenyl)benzo[b]naphtho[1,2-d]furan-6-amin (Abkürzung: BBABnf(6)), N,N-Bis(4-biphenyl)benzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf(8)), N,N-Bis(4-biphenyl)benzo[b]naphtho[2,3-d]furan-4-amin (Abkürzung: BBABnf(II)(4)), N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), N-[4-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-N-phenyl-4-biphenylamin (Abkürzung: ThBA1BP), 4-(2-Naphthyl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA $\beta$ NB), 4-[4-(2-Naphthyl)phenyl]-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA $\beta$ NBi), 4-(2;1'-Binaphthyl-6-yl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA $\alpha$ N $\beta$ NB), 4,4'-Diphenyl-4''-(7;1'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBA $\alpha$ N $\beta$ NB-03), 4,4'-Diphenyl-4''-(7-phenyl)naphthyl-2-yltriphenylamin (Abkürzung: BBAP $\beta$ NB-03), 4-(6;2'-Binaphthyl-2-yl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA( $\beta$ N2)B), 4-(2;2'-Binaphthyl-7-yl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA( $\beta$ N2)B-03), 4-(1;2'-Binaphthyl-4-yl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA $\beta$ N $\alpha$ NB), 4-(1;2'-Binaphthyl-5-yl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA $\beta$ N $\alpha$ NB-02), 4-(4-Biphenyl)-4'-(2-naphthyl)-4''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBi $\alpha$ NB), 4-(3-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: mTPBi $\alpha$ NBi), 4-(4-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBi $\alpha$ NBi), 4-(1-Naphthyl)-4'-phenyltriphenylamin (Abkürzung:  $\alpha$ NBA1BP), 4,4'-Bis(1-naphthyl)triphe-

nylamin (Abkürzung:  $\alpha$ NBB1BP), 4,4'-Diphenyl-4''-[4'-(carbazol-9-yl)biphenyl-4-yl]triphenylamin (Abkürzung: YGTBi1BP), 4'-[4-(3-Phenyl-9H-carbazol-9-yl)phenyl]tris(1,1'-biphenyl-4-yl)amin (Abkürzung: YGTBi1BP-02), 4-[4'-(Carbazol-9-yl)biphenyl-4-yl]-4''-(2-naphthyl)-4'''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: YGTBi $\beta$ NB), N-[4-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-N-[4-(1-naphthyl)phenyl]-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: PCBNBSF), N,N-Bis([1,1'-biphenyl]-4-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: BBASF), N,N-Bis([1,1'-biphenyl]-4-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-4-amin (Abkürzung: BBASF(4)), N-(1,1'-Biphenyl-2-yl)-N-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-4-amin (Abkürzung: oFBiSF), N-(4-Biphenyl)-N-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)dibenzofuran-4-amin (Abkürzung: FrBiF), N-[4-(1-Naphthyl)phenyl]-N-[3-(6-phenyldibenzofuran-4-yl)phenyl]-1-naphthylamin (Abkürzung: mPDBfBNBN), 4-Phenyl-4''-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-Phenyl-3'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: mBPAFLP), 4-Phenyl-4'-[4-(9-phenylfluoren-9-yl)phenyl]triphenylamin (Abkürzung: BPAFLBi), 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), N-Phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: PCBASF) und N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF),

**[0049]** Die Lochtransportschicht 112 umfasst eine erste Lochtransportschicht 112-1 und eine zweite Lochtransportschicht 112-2. Die erste Lochtransportschicht 112-1 liegt näher an der Seite der Anode 101 als die zweite Lochtransportschicht 112-2. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 in einigen Fällen auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0050]** Die erste Lochtransportschicht 112-1 und die zweite Lochtransportschicht 112-2 enthalten eine dritte organische Verbindung bzw. eine vierte organische Verbindung.

**[0051]** Es handelt sich bei der dritten organischen Verbindung und der vierten organischen Verbindung vorzugsweise um organische Verbindungen mit einer Lochtransporteigenschaft. Als dritte organische Verbindung und vierte organische Verbindung kann die organische Verbindung, die als zweite organische Verbindung verwendet werden kann, in ähnlicher Weise verwendet werden.

**[0052]** Materialien für die zweite organische Verbindung und die dritte organische Verbindung werden vorzugsweise derart ausgewählt, dass das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung tiefer als dasjenige der zweiten organischen Verbindung ist und eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus kleiner als oder gleich 0,2 eV ist. Stärker bevorzugt handelt es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz. Außerdem ist das HOMO-Niveau der vierten organischen Verbindung vorzugsweise tiefer als dasjenige der dritten organischen Verbindung. Materialien für die dritte organische Verbindung und die vierte organische Verbindung werden vorzugsweise derart ausgewählt, dass eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus kleiner als oder gleich 0,2 eV ist. Dank der vorstehend beschriebenen Relation zwischen den HOMO-Niveaus der zweiten organischen Verbindung und der vierten organischen Verbindung werden Löcher problemlos in jede Schicht injiziert, was eine Erhöhung der Betriebsspannung und einen Mangel von Löchern in der Licht emittierenden Schicht verhindert.

**[0053]** Es sei angemerkt, dass die zweite bis vierte organische Verbindung jeweils vorzugsweise ein Lochtransport-Gerüst aufweisen. Als Lochtransport-Gerüst werden vorzugsweise ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothiophen-Gerüst und ein Anthracen-Gerüst verwendet, mit denen die HOMO-Niveaus der organischen Verbindungen nicht zu flach werden. Außerdem weisen Materialien für benachbarte Schichten (z. B. die zweite organische Verbindung und die dritte organische Verbindung oder die dritte organische Verbindung und die vierte organische Verbindung) vorzugsweise das gleiche Lochtransport-Gerüst auf, wobei in diesem Fall Löcher problemlos injiziert werden können. Insbesondere wird vorzugsweise ein Dibenzofuran-Gerüst als Lochtransport-Gerüst verwendet.

**[0054]** Ferner sind Materialien, die in benachbarten Schichten enthalten sind (z. B. die zweite organische Verbindung und die dritte organische Verbindung oder die dritte organische Verbindung und die vierte organische Verbindung), vorzugsweise gleich, wobei in diesem Fall Löcher problemlos injiziert werden können. Insbesondere handelt es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung vorzugsweise um das gleiche Material.

**[0055]** Die Licht emittierende Schicht 113 enthält eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrums-substanz, und die sechste organische Verbindung ist ein Wirtsmaterial, in dem die fünfte organische Verbindung dispergiert werden soll.

**[0056]** Als Emissionszentrums-substanz können fluoreszierende Substanzen, phosphoreszierende Substanzen, Substanzen, die eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz (thermally activated delayed fluorescence, TADF) emittieren, oder weitere Licht emittierende Materialien verwendet werden. Des Weiteren kann die Licht emittierende Schicht 113 eine einzelne Schicht sein oder eine Vielzahl von Schichten umfassen, die unterschiedliche Licht emittierende Materialien enthalten. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stärker bevorzugt in dem Fall verwendet wird, in dem die Licht emittierende Schicht 113 eine Fluoreszenz, insbesondere eine blaue Fluoreszenz, emittiert.

**[0057]** Beispiele für das Material, das als fluoreszierende Substanz in der Licht emittierenden Schicht 113 verwendet werden kann, sind wie folgt. Es können auch andere fluoreszierende Substanzen verwendet werden.

**[0058]** Beispiele für die fluoreszierende Substanz umfassen 5,6-Bis[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAP2BPy), 5,6-Bis[4'-(10-phenyl-9-anthryl)biphenyl-4-yl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAPP2BPy), N,N'-Diphenyl-N,N'-bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6FLPAPrn), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), N,N'-Bis[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylstilben-4,4'-diamin (Abkürzung: YGA2S), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: YGAPA), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(9,10-diphenyl-2-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: 2YGAPPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), Perylen, 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylene (Abkürzung: TBP), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), N,N''-(2-tert-Butylanthracen-9,10-diyl-di-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin] (Abkürzung: DPABPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(9,10-diphenyl-2-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPAPPA), N,N,N',N',N'',N'',N'''-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-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzol[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCM2), N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD), 7,14-Diphenyl-N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthren-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-{2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzol[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCJTI), 2-{2-tert-Butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzol[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCJTB), 2-(2,6-Bis[2-[4-(dimethylamino)phenyl]ethenyl]-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: BisDCM), 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzol[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: BisDCJTM), N,N'-(Pyren-1,6-diyl)bis[(6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-8-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn-03), 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), 3,10-Bis[N-(dibenzofuran-3-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10FrA2Nbf(IV)-02). Kondensierte aromatische Diamin-Verbindungen, typischerweise Pyren-diamin-Verbindungen, wie z. B. 1,6FLPAPrn, 1,6mMemFLPAPrn und 1,6BnfAPrn-03, werden wegen ihrer hohen Loch einfangenden Eigenschaften, hohen Emissionseffizienz und hohen Zuverlässigkeit besonders bevorzugt.

**[0059]** Beispiele für das Material, das in dem Fall verwendet werden kann, in dem eine phosphoreszierende Substanz als Emissionszentrums-substanz in der Licht emittierenden Schicht 113 verwendet wird, sind wie folgt.

**[0060]** Beispiele für das Material umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-kN2]phenyl-rC}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)

3) und Tris[4-(3-biphenyl)-5-isopropyl-3-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem 1H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris[3-methyl-1-(2-methylphenyl)-5-phenyl-1H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>) und Tris(1-methyl-5-phenyl-3-propyl-1H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>), metallorganische Iridiumkomplexe 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>) und Tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f]phenanthridinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>), und metallorganische Iridiumkomplexe, bei denen ein Phenylpyridin-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Fir6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Firpic), 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)) und Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C<sup>2'</sup>]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Fir(acac)). Diese Verbindungen emittieren eine blaue Phosphoreszenz mit einem Emissionspeak bei 440 nm bis 520 nm.

**[0061]** Weitere Beispiele umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)<sub>3</sub>), Tris(4-tert-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)), (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)), (Acetylacetonato)bis[6-(2-norbornyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)]), (Acetylacetonato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)) und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, 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 einem Pyridin-Gerüst, 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 einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)). Diese sind hauptsächlich Verbindungen, die eine grüne Phosphoreszenz emittieren und einen Emissionspeak bei 500 nm bis 600 nm aufweisen. Es sei angemerkt, dass metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst eine deutlich hohe Zuverlässigkeit und Emissionseffizienz aufweisen und somit besonders bevorzugt werden.

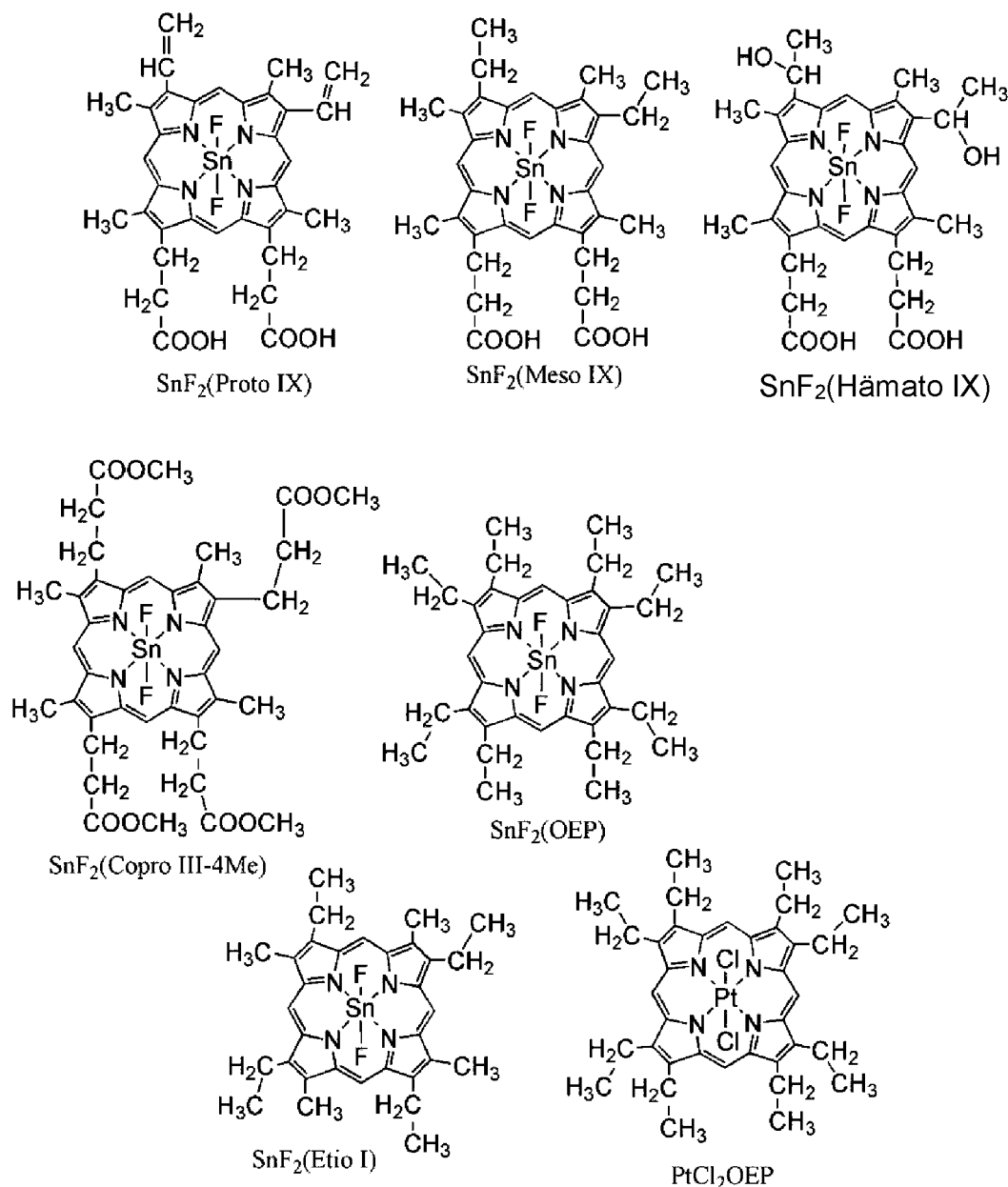
**[0062]** Weitere Beispiele umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. (Diisobutylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: 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 einem Pyrazin-Gerüst, 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)) und (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorphenyl)chinoxalino]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, 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), Platinkomplexe, wie z. B. 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrinplatin(II) (Abkürzung: PtOEP), und Seltenerdmetallkomplexe, wie z. B. Tris(1,3-diphenyl-1,3-propanidionato)(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 Verbindungen emittieren eine rote Phosphoreszenz mit einem Emissionspeak bei 600 nm bis 700 nm. Außerdem können die metallorganischen Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst eine rote Lichtemission mit vorteilhafter Chromatizität bereitstellen.

**[0063]** Neben den vorstehenden phosphoreszierenden Verbindungen können auch bekannte phosphoreszierende Materialien ausgewählt und verwendet werden.

**[0064]** Beispiele für das TADF-Material umfassen ein Fulleren, ein Derivat davon, ein Acridin, ein Derivat davon und ein Eosin-Derivat. Ferner kann ein metallhaltiges Porphyrin, wie z. B. ein Porphyrin, das Magnesium (Mg), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Zinn (Sn), Platin (Pt), Indium (In) oder Palladium (Pd) enthält, angegeben werden. Beispiele für das metallhaltige Porphyrin umfassen einen Protoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF<sub>2</sub>(Proto IX)), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF<sub>2</sub>(Meso IX)), einen Hämatoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF<sub>2</sub>(Hämato IX)), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (SnF<sub>2</sub>(Copro III-4Me)), einen Octaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF<sub>2</sub>(OEP)), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-

rid-Komplex ( $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ ) und einen Octaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex ( $\text{PtCl}_2\text{OEP}$ ), welche durch die folgenden Strukturformeln dargestellt werden.

[Chemische Formel 1]

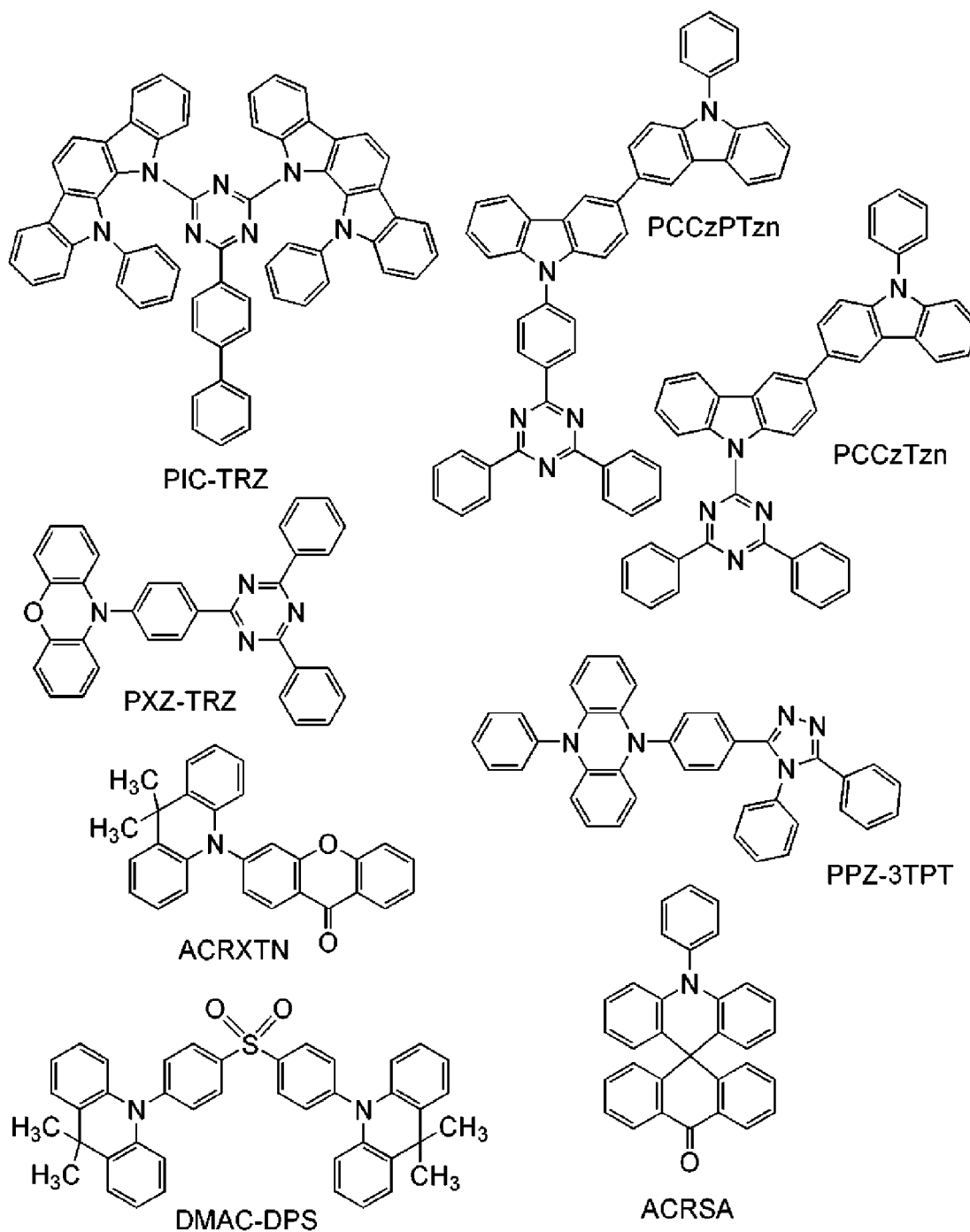


**[0065]** Alternativ kann eine heterocyclische Verbindung, die einen  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und/oder einen  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Ring aufweist und durch eine der folgenden Strukturformeln dargestellt wird, wie z. B. 2-(Biphenyl-4-yl)-4,6-bis(12-phenylindolo[2,3-a]carbazol-11-yl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: PIC-TRZ), 9-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-9'-phenyl-9H,9'H-3,3'-bicarbazol (Abkürzung: PCCzTzn), 2-{4-[3-(N-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-9-yl]phenyl}-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PCCzPTzn), 2-[4-(10H-Phenoxazin-10-yl)phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-Phenyl-5,10-dihydrophenazin-10-yl)phenyl]-4,5-diphenyl-1,2,4-triazol (Abkürzung: PPZ-3TPT), 3-(9,9-Dimethyl-9H-acridin-10-yl)-9H-xanthen-9-on (Abkürzung: ACRXTN), Bis[4-(9,9-dimethyl-9,10-dihydroacridin)phenyl]sulfon (Abkürzung: DMAC-DPS) oder 10-Phenyl-10H,10'H-spiro[acridin-9,9'-anthracen]-10'-on (Abkürzung: ACRSA), verwendet werden. Eine derartige heterocyclische Verbindung wird aufgrund der ausgezeichneten Elektronentransport- und Lochtransporteigenschaften bevorzugt, da sie einen  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und einen  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Ring umfasst. Unter Gerüsten mit dem  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Ring werden ein Pyridin-Gerüst, ein Diazin-Gerüst (ein Pyrimidin-Gerüst, ein Pyrazin-Gerüst und ein Pyridazin-Gerüst) und ein Triazin-Gerüst

aufgrund ihrer hohen Stabilität und hohen Zuverlässigkeit bevorzugt. Insbesondere werden ein Benzofuopyrimidin-Gerüst, ein Benzothienopyrimidin-Gerüst, ein Benzofuopyrazin-Gerüst und ein Benzothienopyrazin-Gerüst aufgrund ihrer hohen Elektronenakzeptoreigenschaften und hohen Zuverlässigkeit bevorzugt. Unter Gerüsten mit dem  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Ring weisen ein Acridin-Gerüst, ein Phenoxazin-Gerüst, ein Phenothiazin-Gerüst, ein Furan-Gerüst, ein Thiophen-Gerüst und ein Pyrrol-Gerüst eine hohe Stabilität und eine hohe Zuverlässigkeit auf; demzufolge ist mindestens eines dieser Gerüste vorzugsweise enthalten. Als Furan-Gerüst wird ein Dibenzofuran-Gerüst bevorzugt. Als Thiophen-Gerüst wird ein Dibenzothiophen-Gerüst bevorzugt. Als Pyrrol-Gerüst werden insbesondere ein Indol-Gerüst, ein Carbazol-Gerüst, ein Indolocarbazol-Gerüst, ein Bicarbazol-Gerüst und ein 3-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-Gerüst bevorzugt. Es sei angemerkt, dass eine Substanz, in der der  $\pi$ -elektronenreiche heteroaromatische Ring direkt an den  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Ring gebunden ist, besonders bevorzugt wird, da sowohl die Elektronendonatoreigenschaft des  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Rings als auch die Elektronenakzeptoreigenschaft des  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Rings erhöht werden und die Energiedifferenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau klein wird; daher kann eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz mit hoher Effizienz erhalten werden. Es sei angemerkt, dass ein aromatischer Ring, an den eine elektronenziehende Gruppe, wie z. B. eine Cyano-Gruppe, gebunden ist, anstelle des  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Rings verwendet werden kann. Als  $\pi$ -elektronenreiches Gerüst kann ein aromatisches Amin-Gerüst, ein Phenazin-Gerüst oder dergleichen verwendet werden. Als  $\pi$ -elektronenarmes Gerüst kann ein Xanthen-Gerüst, ein Thioxanthendioxid-Gerüst, ein Oxadiazol-Gerüst, ein Triazol-Gerüst, ein Imidazol-Gerüst, ein Anthrachinon-Gerüst, ein borhaltiges Gerüst, wie z. B. Phenylboran oder Boranthren, ein aromatischer Ring oder ein heteroaromatischer Ring mit einer Cyano-Gruppe oder einer Nitril-Gruppe, wie z. B. Benzonitril oder Cyanobenzol, ein Carbonyl-Gerüst, wie z. B. Benzophenon, ein Phosphinoxid-Gerüst, ein Sulfon-Gerüst oder dergleichen verwendet werden. Wie vorstehend beschrieben, können ein  $\pi$ -elektronenarmes Gerüst und ein  $\pi$ -elektronenreiches Gerüst anstelle des  $\pi$ -elektronenarmen heteroaromatischen Rings und/oder des  $\pi$ -elektronenreichen heteroaromatischen Rings verwendet werden.



[Chemische Formel 2]



**[0066]** Es sei angemerkt, dass ein TADF-Material ein Material ist, das eine kleine Differenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau aufweist und eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing aufweist. Ein TADF-Material kann somit unter Verwendung einer geringen Menge an thermischer Energie die Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie aufwärts wandeln (d. h. umgekehrtes Intersystem-Crossing) und effizient einen Singulett-Anregungszustand erzeugen. Außerdem kann die Triplett-Anregungsenergie in Lumineszenz umgewandelt werden.

**[0067]** Ein Exciplex, dessen Anregungszustand von zwei Arten von Substanzen gebildet wird, weist eine sehr kleine Differenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau auf und dient als TADF-Material, das die Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie umwandeln kann.

**[0068]** Ein Phosphoreszenzspektrum, das bei niedriger Temperatur (z. B. 77 K bis 10 K) wahrgenommen wird, wird für einen Index des T1-Niveaus verwendet. Wenn das Energieniveau mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das Fluoreszenzspektrum an einem Schwanz auf der kurzwelligen Seite erhalten wird, das S1-Niveau ist und das Energieniveau mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das Phosphoreszenzspektrum an einem Schwanz auf der kurzwelligen Seite erhalten wird, das T1-Niveau ist, ist die Differenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau des TADF-Materials bevorzugt kleiner als oder gleich 0,3 eV, stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 0,2 eV.

**[0069]** Wenn das TADF-Material als Emissionszentrums substanz verwendet wird, sind das S1-Niveau und das T1-Niveau des Wirtsmaterials vorzugsweise höher als diejenigen des TADF-Materials.

**[0070]** Als Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht können verschiedene Ladungsträgertransportmaterialien verwendet werden, wie z. B. Materialien mit einer Elektronentransporteigenschaft, Materialien mit einer Lochtransporteigenschaft und TADF-Materialien.

**[0071]** Beispiele für das Lochtransportmaterial umfassen Verbindungen mit einem aromatischen Amin-Gerüst, 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) und N-Phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: PCBASF), Verbindungen mit einem Carbazol-Gerüst, wie z. B. 1,3-Bis(N-carbazolyl)benzol (Abkürzung: mCP), 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 3,6-Bis(3,5-diphenylphenyl)-9-phenylcarbazol (Abkürzung: CzTP) und 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), Verbindungen mit einem Thiophen-Gerüst, wie z. B. 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothiophen) (Abkürzung: DBT3P-II), 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III) und 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV), und Verbindungen mit einem Furan-Gerüst, wie z. B. 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II) und 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II). Unter den vorstehenden Materialien werden die Verbindung mit einem aromatischen Amin-Gerüst und die Verbindung mit einem Carbazol-Gerüst bevorzugt, da diese Verbindungen sehr zuverlässig sind und hohe Lochtransporteigenschaften aufweisen, um zu einer Verringerung der Betriebsspannung beizutragen. Außerdem können auch die organischen Verbindungen, die als Beispiele für die vorstehende zweite organische Verbindung angegeben werden, verwendet werden.

**[0072]** Beispiele für das Elektronentransportmaterial umfassen Metallkomplexe, 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) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ), heterocyclische Verbindungen mit einem Polyazol-Gerüst, 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-Benzoltriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI) und 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBI-II), heterocyclische Verbindungen mit einem Diazin-Gerüst, wie z. B. 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-Carbazol-9-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mCzBPDBq), 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm) und 4,6-Bis[3-(4-dibenzothiophenyl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II), und heterocyclische Verbindungen mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy) und 1,3,5-Tri[3-(3-pyridyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TmPyPB). Unter den vorstehenden Materialien weisen die heterocyclische Verbindung mit einem Diazin-Gerüst und die heterocyclische Verbindung mit einem Pyridin-Gerüst eine hohe Zuverlässigkeit auf und sind somit vorzuziehen. Insbesondere weist die heterocyclische Verbindung mit einem Diazin- (Pyrimidin- oder Pyrazin-) Gerüst eine ausgezeichnete Elektronentransporteigenschaft auf, wodurch sie zu einer Verringerung der Betriebsspannung beiträgt.

**[0073]** Als TADF-Material, das als Wirtsmaterial verwendet werden kann, können auch die vorstehend erwähnten Materialien verwendet werden. Wenn das TADF-Material als Wirtsmaterial verwendet wird, wird die Triplett-Anregungsenergie, die in dem TADF-Material erzeugt wird, durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in die Singulett-Anregungsenergie umgewandelt und auf die Emissionszentrums-substanz übertragen, wodurch die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden kann. Hier dient das TADF-Material als Energiedonator, und die Emissionszentrums-substanz dient als Energieakzeptor.

**[0074]** Dies ist in dem Fall sehr effektiv, in dem die Emissionszentrums-substanz eine fluoreszierende Substanz ist. In diesem Fall ist das S1-Niveau des TADF-Materials vorzugsweise höher als das S1-Niveau der fluoreszierenden Substanz, damit eine hohe Emissionseffizienz erzielt werden kann. Ferner ist das T1-Niveau des TADF-Materials vorzugsweise höher als das S1-Niveau der fluoreszierenden Substanz. Deshalb ist das T1-Niveau des TADF-Materials vorzugsweise höher als das T1-Niveau der fluoreszierenden Substanz.

**[0075]** Ein TADF-Material, das Licht emittiert, dessen Wellenlänge sich mit der Wellenlänge eines Absorptionsbandes auf der Seite der niedrigsten Energie der fluoreszierenden Substanz überlappt, wird vorzugsweise verwendet, wobei in diesem Fall die Anregungsenergie von dem TADF-Material auf die fluoreszierende Substanz leicht übertragen wird und eine Lichtemission effizient erhalten werden kann.

**[0076]** Außerdem findet eine Ladungsträgerrekombination vorzugsweise in dem TADF-Material statt, damit die Singulett-Anregungsenergie von der Triplett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing effizient erzeugt wird. Es wird auch bevorzugt, dass die Triplett-Anregungsenergie, die in dem TADF-Material erzeugt wird, nicht auf die fluoreszierende Substanz übertragen wird. Aus diesem Grund weist die fluoreszierende Substanz vorzugsweise eine Schutzgruppe um einen Luminophor (ein Gerüst, das eine Lichtemission erzeugt) der fluoreszierenden Substanz herum auf. Als Schutzgruppe werden vorzugsweise ein Substituent, der keine  $\pi$ -Bindung aufweist, und ein gesättigter Kohlenwasserstoff verwendet. Spezifische Beispiele umfassen eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen und eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen. Es wird ferner bevorzugt, dass die fluoreszierende Substanz eine Vielzahl von Schutzgruppen aufweist. Die Substituenten, die keine  $\pi$ -Bindung aufweisen, weisen eine schlechte Ladungsträgertransporteigenschaft auf, wodurch das TADF-Material und der Luminophor der fluoreszierenden Substanz mit geringem Einfluss auf den Ladungsträgertransport oder die Ladungsträgerrekombination voneinander entfernt werden können. Hier bezeichnet der Luminophor eine Atomgruppe (ein Gerüst), die in einer fluoreszierenden Substanz eine Lichtemission erzeugt. Der Luminophor ist vorzugsweise ein Gerüst mit einer  $\pi$ -Bindung, stärker bevorzugt umfasst er einen aromatischen Ring, und noch stärker bevorzugt umfasst er einen kondensierten aromatischen Ring oder einen kondensierten heteroaromatischen Ring. Beispiele für den kondensierten aromatischen Ring oder den kondensierten heteroaromatischen Ring umfassen ein Phenanthren-Gerüst, ein Stilben-Gerüst, ein Acridon-Gerüst, ein Phenoxazin-Gerüst und ein Phenothiazin-Gerüst. Insbesondere wird eine fluoreszierende Substanz mit einem Naphthalen-Gerüst, einem Anthracen-Gerüst, einem Fluoren-Gerüst, einem Chrysen-Gerüst, einem Triphenylen-Gerüst, einem Tetracen-Gerüst, einem Pyren-Gerüst, einem Perylen-Gerüst, einem Cumarin-Gerüst, einem Chinacridon-Gerüst oder einem Naphthobisbenzofuran-Gerüst aufgrund ihrer hohen Fluoreszenzquantenausbeute bevorzugt.

**[0077]** In dem Fall, in dem eine fluoreszierende Substanz als Emissionszentrums-substanz verwendet wird, wird ein Material mit einem Anthracen-Gerüst vorzugsweise als Wirtsmaterial verwendet. Die Verwendung einer Substanz mit einem Anthracen-Gerüst als Wirtsmaterial für die fluoreszierende Substanz ermöglicht, dass eine Licht emittierende Schicht, die eine hohe Emissionseffizienz und eine hohe Beständigkeit aufweist, erhalten wird. Unter den Substanzen mit einem Anthracen-Gerüst ist eine Substanz mit einem Diphenylanthracen-Gerüst, insbesondere eine Substanz mit einem 9,10-Diphenylanthracen-Gerüst, chemisch stabil und wird somit vorzugsweise als Wirtsmaterial verwendet. Das Wirtsmaterial weist vorzugsweise ein Carbazol-Gerüst auf, da die Lochinjektions- und Lochtransporteigenschaften erhöht werden; stärker bevorzugt weist das Wirtsmaterial ein Benzocarbazol-Gerüst, in dem ein Benzol-Ring ferner zu Carbazol kondensiert wird, auf, da das HOMO-Niveau davon um ungefähr 0,1 eV flacher ist als dasjenige von Carbazol, wodurch Löcher leicht in das Wirtsmaterial eindringen. Insbesondere weist das Wirtsmaterial vorzugsweise ein Dibenzocarbazol-Gerüst auf, da das HOMO-Niveau davon um ungefähr 0,1 eV flacher ist als dasjenige von Carbazol, so dass Löcher leicht in das Wirtsmaterial eindringen, die Lochtransporteigenschaft verbessert wird und die Wärmebeständigkeit erhöht wird. Folglich wird eine Substanz, die sowohl ein 9,10-Diphenylanthracen-Gerüst als auch ein Carbazol-Gerüst (oder ein Benzocarbazol- oder Dibenzocarbazol-Gerüst) aufweist, ferner als Wirtsmaterial bevorzugt. Es sei angemerkt, dass im Hinblick auf die vorstehend beschriebenen Lochinjektions- und Lochtransporteigenschaften anstelle eines Carbazol-Gerüsts ein Benzofluoren-Gerüst oder ein

Dibenzofluoren-Gerüst verwendet werden kann. Beispiele für eine derartige Substanz umfassen 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-anthracenyl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-benzo[b]naphtho[1,2-d]furan (Abkürzung: 2mBnfPPA), 9-Phenyl-10-{4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)biphenyl-4'-yl}anthracen (Abkürzung: FLPPA) und 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPA $\alpha$ nt $\alpha$ h). Es sei angemerkt, dass CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA und PCzPA ausgezeichnete Eigenschaften aufweisen und somit vorzugsweise ausgewählt werden.

**[0078]** Es sei angemerkt, dass das Wirtsmaterial eine Mischung aus mehreren Arten von Substanzen sein kann; im Falle der Verwendung eines gemischten Wirtsmaterials wird vorzugsweise ein Elektronentransportmaterial mit einem Lochtransportmaterial gemischt. Indem das Elektronentransportmaterial mit dem Lochtransportmaterial gemischt wird, kann die Transporteigenschaft der Licht emittierenden Schicht 113 leicht gesteuert werden, und ein Rekombinationsbereich kann leicht gesteuert werden. Das Gewichtsverhältnis des Anteils des Lochtransportmaterials zu dem Anteil des Elektronentransportmaterials kann 1:19 bis 19:1 sein.

**[0079]** Es sei angemerkt, dass eine phosphoreszierende Substanz als ein Teil des gemischten Materials verwendet werden kann. Wenn eine fluoreszierende Substanz als Emissionszentrums-substanz verwendet wird, kann eine phosphoreszierende Substanz als Energiedonator zum Zuführen der Anregungsenergie zu der fluoreszierenden Substanz verwendet werden.

**[0080]** Ein Exciplex kann aus diesen gemischten Materialien gebildet werden. Wenn diese gemischten Materialien derart ausgewählt werden, dass sie einen Exciplex bilden, der Licht emittiert, dessen Wellenlänge sich mit der Wellenlänge eines Absorptionsbandes auf der Seite der niedrigsten Energie des Licht emittierenden Materials überlappt, kann die Energie leicht übertragen werden und kann eine Lichtemission effizient erhalten werden. Die Verwendung einer derartigen Struktur wird bevorzugt, da die Betriebsspannung auch verringert werden kann.

**[0081]** Es sei angemerkt, dass mindestens eines der Materialien, die einen Exciplex bilden, eine phosphoreszierende Substanz sein kann. In diesem Fall kann die Triplett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Inter-system-Crossing effizient in die Singulett-Anregungsenergie umgewandelt werden.

**[0082]** Die Kombination aus einem Elektronentransportmaterial und einem Lochtransportmaterial, dessen HOMO-Niveau höher als oder gleich demjenigen des Elektronentransportmaterials ist, wird für die effiziente Bildung eines Exciplexes bevorzugt. Außerdem ist das LUMO-Niveau des Lochtransportmaterials vorzugsweise höher als oder gleich dem LUMO-Niveau des Elektronentransportmaterials. Es sei angemerkt, dass die LUMO-Niveaus und die HOMO-Niveaus der Materialien von den elektrochemischen Eigenschaften (den Reduktionspotentialen und den Oxidationspotentialen) der Materialien erhalten werden können, die durch Cyclovoltammetrie (cyclic voltammetry, CV) gemessen werden.

**[0083]** Es sei angemerkt, dass die Bildung eines Exciplexes z. B. durch einen Vergleich der Emissionsspektren des Lochtransportmaterials, des Elektronentransportmaterials und eines Mischfilms dieser Materialien und durch Beobachten eines Phänomens bestätigt werden kann, bei dem das Emissionsspektrum des Mischfilms auf die Seite der längeren Wellenlänge verschoben wird als die Emissionsspektren jedes der Materialien (oder einen anderen Peak auf der Seite der längeren Wellenlänge aufweist). Alternativ kann die Bildung eines Exciplexes z. B. durch einen Vergleich der transienten Photolumineszenz (PL) des Lochtransportmaterials, des Elektronentransportmaterials und des Mischfilms der Materialien und durch Beobachten eines Unterschieds der transienten Reaktion (z. B. eines Phänomens, bei dem die transiente PL-Lebensdauer des Mischfilms mehr langlebige Komponenten oder einen größeren Anteil verzögerter Komponenten aufweist als die der einzelnen Materialien) bestätigt werden. Die transiente PL kann als transiente Elektrolumineszenz (EL) umformuliert werden. Das heißt, dass die Bildung eines Exciplexes auch durch einen Vergleich der transienten EL des Lochtransportmaterials, des Elektronentransportmaterials und des Mischfilms der Materialien und durch Beobachten eines Unterschieds der transienten Reaktion bestätigt werden kann.

**[0084]** In dem Fall, in dem hier die sechste organische Verbindung eine organische Verbindung ist, die aus Kohlenwasserstoff besteht, wie z. B. vorstehend erwähntes  $\alpha$ N- $\beta$ NPA $\alpha$ nt $\alpha$ h, wird es bevorzugt, dass das HOMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung tiefer als dasjenige der vierten organischen Verbindung ist und die Differenz größer als oder gleich 0,2 eV und kleiner als oder gleich 0,4 eV ist, wobei in diesem Fall der Lochtransport durch eine Barriere mäßig behindert wird.

**[0085]** Wenn die sechste organische Verbindung eine organische Verbindung mit einem Anthracen-Gerüst und einem heterocyclischen Gerüst ist, wie z. B. vorstehend erwähntes cgDBCzPA oder CzPA, ist eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der vierten organischen Verbindung und der sechsten organischen Verbindung vorzugsweise kleiner als 0,2 eV, wobei in diesem Fall die Lochinjektion nicht durch eine Injektionsbarriere behindert wird. In diesem Fall ist die vierte organische Verbindung vorzugsweise eine organische Verbindung, in der zwei Carbazol-Ringe an einen Naphthalen-Ring gebunden sind, typischerweise 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol).

**[0086]** Wenn die sechste organische Verbindung eine organische Verbindung mit einem Anthracen-Gerüst und einem heterocyclischen Gerüst ist, wie z. B. vorstehend erwähntes cgDBCzPA oder CzPA, ist das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung vorzugsweise höher als oder gleich -5,4 eV und niedriger als oder gleich -5,7 eV, wobei in diesem Fall eine Verschlechterung ferner unterdrückt wird.

**[0087]** Die Elektronentransportschicht 114 enthält eine siebte organische Verbindung. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft und ist vorzugsweise eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung. Es sei angemerkt, dass insbesondere die siebte organische Verbindung vorzugsweise ein Chinoxalin-Gerüst, ein Benzimidazol-Gerüst oder ein Triazin-Gerüst aufweist. Als Elektronen transportierende organische Verbindung kann ein beliebiges der vorstehend erwähnten Elektronen transportierenden organischen Verbindungen, die als Wirtsmaterial verwendet werden können, und der vorstehend erwähnten organischen Verbindungen, die als Wirtsmaterial für die fluoreszierende Substanz verwendet werden können, verwendet werden.

**[0088]** Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist vorzugsweise höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Wenn das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung mit dem LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung verglichen wird, ist das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung vorzugsweise flacher als dasjenige der siebten organischen Verbindung, und es wird stärker bevorzugt, dass eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV ist. Es wird auch bevorzugt, dass die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen niedriger ist als diejenige der sechsten organischen Verbindung, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt. In dem ersteren Fall wird die Elektronentransporteigenschaft in der Elektroneninjectionsschicht verringert und in dem letzteren Fall wird die Menge an Elektronen, die in die Licht emittierende Schicht injiziert werden, durch die Differenz zwischen LUMO-Niveaus gesteuert, wodurch verhindert werden kann, dass die Licht emittierende Schicht überschüssige Elektronen aufweist.

**[0089]** Wenn die Licht emittierende Schicht überschüssige Elektronen aufweist, wird ein Licht emittierender Bereich lokalisiert und wird eine große Last darauf ausgeübt, was eine Verschlechterung fördert. Ferner passieren Elektronen ohne Rekombination die Licht emittierende Schicht, so dass die Emissionseffizienz auch verringert wird. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine derartige Situation verhindern und eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer und hoher Emissionseffizienz bereitstellen.

**[0090]** Die Leuchtdichteabklingkurve einer Licht emittierenden Vorrichtung mit einer derartigen Struktur, die durch einen Betriebstest bei konstanter Stromdichte erhalten wird, fällt in der ersten Stufe von 100 % leicht ab, und dann wird sie leicht erhöht und fällt wieder ab. Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die ein derartiges Verhalten zeigt, d. h. die Licht emittierende Vorrichtung, deren Leuchtdichteabklingkurve einen lokalen Maximalwert aufweist, weist eine sehr lange Lebensdauer auf. Es sei angemerkt, dass ein Differentialwert einer derartigen Leuchtdichteabklingkurve in einem Teil 0 beträgt; deshalb kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, deren Leuchtdichteabklingkurve einen Differentialwert von 0 in einem Teil aufweist, eine sehr lange Lebensdauer aufweisen.

**[0091]** Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit der vorstehend beschriebenen Struktur kann eine lange Lebensdauer aufweisen.

(Ausführungsform 2)

**[0092]** Als Nächstes werden Beispiele für spezifische Strukturen und Materialien der vorstehend erwähnten Licht emittierenden Vorrichtung beschrieben. Wie vorstehend beschrieben, beinhaltet die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die EL-Schicht 103, die zwischen dem Paar von Elektroden (der Anode 101 und der Kathode 102) positioniert ist und eine Vielzahl von Schichten auf-

weist. Bei der EL-Schicht 103 werden die Lochinjektionsschicht 111, die erste Lochtransportschicht 112-1, die zweite Lochtransportschicht 112-2, die Licht emittierende Schicht 113 und die Elektronentransportschicht 114 von der Seite der Anode 101 aus bereitgestellt.

**[0093]** Es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich der anderen Schichten, die in der EL-Schicht 103 enthalten sind, und verschiedene Schichten, wie z. B. eine Lochinjektionsschicht, eine Lochtransportschicht, eine Elektronentransportschicht, eine Elektroneninjectionsschicht, eine Ladungsträger blockierende Schicht, eine Exzitonen blockierende Schicht und eine Ladungserzeugungsschicht, können zum Einsatz kommen.

**[0094]** Die Anode 101 wird vorzugsweise unter Verwendung eines Metalls, einer Legierung, einer leitenden Verbindung mit einer hohen Austrittsarbeit (insbesondere einer Austrittsarbeit von höher als oder gleich 4,0 eV), einer Mischung dieser oder dergleichen ausgebildet. Spezifische Beispiele umfassen Indiumoxid-Zinn-oxid (indium tin oxide; ITO), Indiumoxid-Zinn-oxid enthaltend Silizium oder Siliziumoxid, Indiumoxid-Zinkoxid und Indiumoxid enthaltend Wolframoxid und Zinkoxid (IWZO). Derartige leitende Metalloxidfilme werden im Allgemeinen durch ein Sputterverfahren ausgebildet, können aber auch durch Anwendung eines Sol-Gel-Verfahrens oder dergleichen ausgebildet werden. In einem Beispiel für das Ausbildungsverfahren wird Indiumoxid-Zinkoxid durch ein Sputterverfahren abgeschieden, bei dem ein Target verwendet wird, das durch Zusatz von 1 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid zu Indiumoxid erhalten wird. Des Weiteren kann ein Film aus Indiumoxid enthaltend Wolframoxid und Zinkoxid (IWZO) durch ein Sputterverfahren ausgebildet werden, bei dem ein Target verwendet wird, in dem 0,5 Gew.-% bis 5 Gew.-% Wolframoxid und 0,1 Gew.-% bis 1 Gew.-% Zinkoxid zu Indiumoxid zugesetzt sind. Alternativ können Gold (Au), Platin (Pt), Nickel (Ni), Wolfram (W), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Palladium (Pd), ein Nitrid eines Metallmaterials (z. B. Titanitrid) oder dergleichen verwendet werden. Graphen kann auch verwendet werden. Es sei angemerkt, dass, obwohl die typischen Materialien zum Ausbilden der Anode vorstehend aufgeführt worden sind, ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und einer Substanz, die in Bezug auf die organische Verbindung eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, für die Lochinjektionsschicht 111 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird; daher kann ein Elektrodenmaterial unabhängig von seiner Austrittsarbeit ausgewählt werden.

**[0095]** Zwei Arten von mehrschichtigen Strukturen der EL-Schicht 103 werden beschrieben, nämlich eine in **Fig. 1A** dargestellte Struktur, die die Elektroneninjectionsschicht 115 zusätzlich zu der Lochinjektionsschicht 111, der ersten Lochtransportschicht 112-1, der zweiten Lochtransportschicht 112-2, der Licht emittierenden Schicht 113 und der Elektronentransportschicht 114 umfasst, und eine in **Fig. 1B** dargestellte Struktur, die die Elektroneninjectionsschicht 115 und eine Ladungserzeugungsschicht 116 zusätzlich zu der Lochinjektionsschicht 111, der ersten Lochtransportschicht 112-1, der zweiten Lochtransportschicht 112-2, der Licht emittierenden Schicht 113 und der Elektronentransportschicht 114 umfasst. Materialien zum Ausbilden jeder Schicht werden im Besonderen nachstehend beschrieben.

**[0096]** Da die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112 (die Lochtransportschicht 112-1 und die Lochtransportschicht 112-2), die Licht emittierende Schicht 113 und die Elektronentransportschicht 114 ausführlich bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind, wird die Beschreibung dieser nicht wiederholt. Es kann auf die Beschreibung der Ausführungsform 1 Bezug genommen werden.

**[0097]** Als Elektroneninjectionsschicht 115 zwischen der Elektronentransportschicht 114 und der Kathode 102 kann eine Schicht, die ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung davon, wie z. B. Lithiumfluorid (LiF), Cäsiumfluorid (CsF) oder Calciumfluorid (CaF<sub>2</sub>), enthält, bereitgestellt werden. Beispielsweise kann ein Elektrid oder eine Schicht, die unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird und ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung davon enthält, als Elektroneninjectionsschicht 115 verwendet werden. Beispiele für das Elektrid umfassen eine Substanz, in der Elektronen mit einer hohen Konzentration zu Calciumoxid-Aluminiumoxid zugesetzt sind.

**[0098]** Anstelle der Elektroneninjectionsschicht 115 kann die Ladungserzeugungsschicht 116 zwischen der Elektronentransportschicht 114 und der Kathode 102 bereitgestellt werden (**Fig. 1B**). Die Ladungserzeugungsschicht 116 bezeichnet eine Schicht, die beim Anlegen eines Potentials zum Injizieren von Löchern in eine Schicht in Kontakt mit der Kathodenseite der Ladungserzeugungsschicht 116 und Elektronen in eine Schicht in Kontakt mit ihrer Anodenseite im Stande ist. Die Ladungserzeugungsschicht 116 umfasst mindestens eine p-Typ-Schicht 117. Die p-Typ-Schicht 117 wird vorzugsweise unter Verwendung eines der Verbundmaterialien ausgebildet, die vorstehend als Beispiele für Materialien, die für die Lochinjektionsschicht 111 verwendet werden können, angegeben worden sind. Die p-Typ-Schicht 117 kann ausgebildet werden, indem ein Film, der als in dem Verbundmaterial enthaltenes Material die vorstehend beschriebene Substanz enthält, die

eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, und ein Film, der ein Lochtransportmaterial enthält, übereinander angeordnet werden. Wenn ein Potential an die p-Typ-Schicht 117 angelegt wird, werden Elektronen in die Elektronentransportschicht 114 und Löcher in die Kathode 102, die als Kathode dient, injiziert; auf diese Weise arbeitet die Licht emittierende Vorrichtung.

**[0099]** Es sei angemerkt, dass die Ladungserzeugungsschicht 116 vorzugsweise zusätzlich zu der p-Typ-Schicht 117 eine Elektronenweiterleitungsschicht 118 und/oder eine Elektroneninjektionspufferschicht 119 umfasst.

**[0100]** Die Elektronenweiterleitungsschicht 118 enthält mindestens die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft und weist eine Funktion zum Verhindern einer Wechselwirkung zwischen der Elektroneninjektionspufferschicht 119 und der p-Typ-Schicht 117 und eine Funktion zum leichtgängigen Übertragen von Elektronen auf. Das LUMO-Niveau der in der Elektronenweiterleitungsschicht 118 enthaltenen Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft liegt vorzugsweise zwischen dem LUMO-Niveau der Elektronenakzeptorsubstanz in der p-Typ-Schicht 117 und dem LUMO-Niveau einer Substanz in einer Schicht der Elektronentransportschicht 114, die in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht 116 ist. Als konkreter Wert des Energieniveaus ist das LUMO-Niveau der Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft in der Elektronenweiterleitungsschicht 118 bevorzugt höher als oder gleich -5,0 eV, stärker bevorzugt höher als oder gleich -5,0 eV und niedriger als oder gleich -3,0 eV. Es sei angemerkt, dass als Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft in der Elektronenweiterleitungsschicht 118 vorzugsweise ein auf Phthalocyanin basierendes Material oder ein Metallkomplex, der eine Metall-Sauerstoff-Bindung und einen aromatischen Liganden aufweist, verwendet wird.

**[0101]** Eine Substanz mit einer hohen Elektroneninjektionseigenschaft kann für die Elektroneninjektionspufferschicht 119 verwendet werden. Beispielsweise kann ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall oder eine Verbindung davon (eine Alkalimetall-Verbindung (darunter auch ein Oxid, wie z. B. Lithiumoxid, ein Halogenid und ein Carbonat, wie z. B. Lithiumcarbonat und Cäsiumcarbonat), eine Erdalkalimetall-Verbindung (darunter auch ein Oxid, ein Halogenid und ein Carbonat) oder eine Seltenerdmetall-Verbindung (darunter auch ein Oxid, ein Halogenid und ein Carbonat)) verwendet werden.

**[0102]** In dem Fall, in dem die Elektroneninjektionspufferschicht 119 die Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft und eine Substanz mit einer Elektronendonatoreigenschaft enthält, kann eine organische Verbindung, wie z. B. Tetrathianaphthacen (Abkürzung: TTN), Nickelocen oder Decamethylnickelocen, als Substanz mit einer Elektronendonatoreigenschaft verwendet werden, ebenso wie ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall, eine Verbindung davon (eine Alkalimetall-Verbindung (darunter auch ein Oxid, wie z. B. Lithiumoxid, ein Halogenid und ein Carbonat, wie z. B. Lithiumcarbonat und Cäsiumcarbonat), eine Erdalkalimetall-Verbindung (darunter auch ein Oxid, ein Halogenid und ein Carbonat) oder eine Seltenerdmetall-Verbindung (darunter auch ein Oxid, ein Halogenid und ein Carbonat)). Als Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft kann ein Material, das dem vorstehend beschriebenen Material für die Elektronentransportschicht 114 ähnlich ist, verwendet werden.

**[0103]** Für die Kathode 102 kann ein Metall, eine Legierung, eine elektrisch leitende Verbindung oder eine Mischung dieser, die jeweils eine niedrige Austrittsarbeit (insbesondere eine Austrittsarbeit von niedriger als oder gleich 3,8 eV) aufweisen, oder dergleichen verwendet werden. Spezifische Beispiele für ein derartiges Kathodenmaterial sind Elemente, die zu den Gruppen 1 und 2 des Periodensystems gehören, so beispielsweise Alkalimetalle (z. B. Lithium (Li) und Cäsium (Cs)), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) und Strontium (Sr), Legierungen, die diese Elemente enthalten (z. B. MgAg und AlLi), Seltenerdmetalle, wie z. B. Europium (Eu) und Ytterbium (Yb), und Legierungen, die diese Seltenerdmetalle enthalten. Jedoch können dann, wenn die Elektroneninjektionsschicht zwischen der Kathode 102 und der Elektronentransportschicht bereitgestellt ist, verschiedene leitende Materialien, wie z. B. Al, Ag, ITO oder Indiumoxid-Zinnoxid, das Silizium oder Siliziumoxid enthält, unabhängig von der Austrittsarbeit für die Kathode 102 verwendet werden. Filme aus diesen leitenden Materialien können durch einen Trockenprozess, wie z. B. ein Vakuumverdampfungsverfahren oder ein Sputterverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder dergleichen ausgebildet werden. Alternativ kann ein Nassprozess mittels eines Sol-Gel-Verfahrens oder ein Nassprozess unter Verwendung einer Paste eines Metallmaterials verwendet werden.

**[0104]** Des Weiteren können verschiedene Verfahren zum Ausbilden der EL-Schicht 103 verwendet werden, ungeachtet dessen, ob es sich dabei um ein Trockenverfahren oder ein Nassverfahren handelt. Zum Beispiel kann ein Vakuumverdampfungsverfahren, ein Tiefdruckverfahren, ein Offsetdruckverfahren, ein Siebdruck-

verfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder dergleichen verwendet werden.

**[0105]** Unterschiedliche Verfahren können verwendet werden, um die vorstehend beschriebenen Elektroden oder Schichten auszubilden.

**[0106]** Die Struktur der Schichten, welche zwischen der Anode 101 und der Kathode 102 bereitgestellt sind, ist nicht auf die vorstehend beschriebene Struktur beschränkt. Vorzugsweise liegt ein Licht emittierender Bereich, in dem Löcher und Elektronen rekombinieren, abgerückt von der Anode 101 und der Kathode 102, so dass eine Löschung (Quenching) aufgrund der Nähe zwischen dem Licht emittierenden Bereich und einem Metall verhindert werden kann, das für Elektroden und Ladungsträgerinjektionsschichten verwendet wird.

**[0107]** Damit die Energieübertragung von einem in der Licht emittierenden Schicht erzeugten Exziton unterdrückt werden kann, werden ferner vorzugsweise die Lochtransportschicht und die Elektronentransportschicht, die in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht 113 sind, besonders eine Ladungsträgertransportschicht, die näher an dem Rekombinationsbereich in der Licht emittierenden Schicht 113 ist, unter Verwendung einer Substanz ausgebildet, die eine größere Bandlücke aufweist als das Licht emittierende Material der Licht emittierenden Schicht oder das Licht emittierende Material, das in der Licht emittierenden Schicht enthalten ist.

**[0108]** Als Nächstes wird eine Ausführungsform einer Licht emittierenden Vorrichtung mit einer Struktur, bei der eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten übereinander angeordnet ist (diese Art von Licht emittierender Vorrichtung wird auch als mehrschichtige oder Tandem- Licht emittierende Vorrichtung bezeichnet), anhand von **Fig. 1C** beschrieben. Diese Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten zwischen einer Anode und einer Kathode. Eine Licht emittierende Einheit weist im Wesentlichen die gleiche Struktur wie die EL-Schicht 103 auf, die in **Fig. 1A** dargestellt wird. Mit anderen Worten: Die Licht emittierende Vorrichtung, die in **Fig. 1A** oder **Fig. 1B** dargestellt wird, beinhaltet eine einzelne Licht emittierende Einheit, und die Licht emittierende Vorrichtung, die in **Fig. 1C** dargestellt wird, beinhaltet eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten.

**[0109]** In **Fig. 1C** sind eine erste Licht emittierende Einheit 511 und eine zweite Licht emittierende Einheit 512 zwischen einer Anode 501 und einer Kathode 502 übereinander angeordnet, und eine Ladungserzeugungsschicht 513 ist zwischen der ersten Licht emittierenden Einheit 511 und der zweiten Licht emittierenden Einheit 512 bereitgestellt. Die Anode 501 und die Kathode 502 entsprechen der Anode 101 bzw. der Kathode 102 in **Fig. 1A**, und die Materialien, die bei der Beschreibung der **Fig. 1A** angegeben worden sind, 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.

**[0110]** Die Ladungserzeugungsschicht 513 weist eine Funktion zum Injizieren von Elektronen in eine der Licht emittierenden Einheiten und zum Injizieren von Löchern in die andere der Licht emittierenden Einheiten auf, wenn eine Spannung zwischen der Anode 501 und der Kathode 502 angelegt wird. Das heißt, dass in **Fig. 1C** die Ladungserzeugungsschicht 513 Elektronen in die erste Licht emittierende Einheit 511 und Löcher in die zweite Licht emittierende Einheit 512 injiziert, wenn eine Spannung derart angelegt wird, dass das Potential der Anode höher ist als das Potential der Kathode.

**[0111]** Die Ladungserzeugungsschicht 513 weist vorzugsweise eine Struktur auf, die derjenigen der anhand von **Fig. 1B** beschriebenen Ladungserzeugungsschicht 116 ähnlich ist. Ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Metalloxid weist eine ausgezeichnete Ladungsträgerinjektionseigenschaft und eine ausgezeichnete Ladungsträgertransporteigenschaft auf; demzufolge können ein Betrieb mit einer niedrigen Spannung und ein Betrieb mit einem niedrigen Strom erzielt werden. In dem Fall, in dem eine Oberfläche einer Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht 513 ist, kann die Ladungserzeugungsschicht 513 auch als Lochinjektionsschicht der Licht emittierenden Einheit dienen; deshalb muss eine Lochinjektionsschicht nicht notwendigerweise in der Licht emittierenden Einheit bereitgestellt werden.

**[0112]** In dem Fall, in dem die Ladungserzeugungsschicht 513 die Elektroneninjektionspufferschicht 119 umfasst, dient die Elektroneninjektionspufferschicht 119 als Elektroneninjektionsschicht in der Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite; deshalb muss eine Elektroneninjektionsschicht nicht notwendigerweise in der Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite ausgebildet werden.



**[0113]** Die Licht emittierende Vorrichtung, die zwei Licht emittierende Einheiten aufweist, wird anhand von **Fig. 1C** beschrieben; jedoch kann eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch auf eine Licht emittierende Vorrichtung angewendet werden, bei der drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind. Wenn eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die durch die Ladungserzeugungsschicht 513 geteilt sind, zwischen einem Paar von Elektroden, wie bei der Licht emittierenden Vorrichtung dieser Ausführungsform, angeordnet ist, ist es möglich, eine Vorrichtung mit langer Lebensdauer bereitzustellen, die Licht mit hoher Leuchtdichte bei niedriger Stromdichte emittieren kann. Eine Licht emittierende Einrichtung, die bei niedriger Spannung betrieben werden kann und einen niedrigen Stromverbrauch aufweist, kann bereitgestellt werden.

**[0114]** Wenn sich ferner die Emissionsfarben der Licht emittierenden Einheiten voneinander unterscheiden, kann eine Lichtemission mit einer gewünschten Farbe von der Licht emittierenden Vorrichtung als Ganzes erhalten werden. Zum Beispiel kann eine Licht emittierende Vorrichtung, die zwei Licht emittierende Einheiten aufweist und weißes Licht als Ganzes emittieren kann, erhalten werden, wenn die Emissionsfarben der ersten Licht emittierenden Einheit rot und grün sind und die Emissionsfarbe der zweiten Licht emittierenden Einheit blau ist. In einer Licht emittierenden Vorrichtung, die drei Licht emittierende Einheiten aufweist, kann dann, wenn die Emissionsfarbe der ersten Licht emittierenden Einheit blau ist, die Emissionsfarbe der zweiten Licht emittierenden Einheit einen Peak des Emissionsspektrums in dem Bereich von Grün bis zu Rot aufweist und die Emissionsfarbe der dritten Licht emittierenden Einheit blau ist, eine Last auf die Blaulicht emittierende Einheit dispergiert werden, wodurch die Licht emittierende Vorrichtung eine längere Lebensdauer aufweisen kann.

**[0115]** Die vorstehend beschriebenen Elektroden und Schichten, wie z. B. die EL-Schicht 103, die erste Licht emittierende Einheit 511, die zweite Licht emittierende Einheit 512 und die Ladungserzeugungsschicht, können durch ein Verfahren, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tröpfchenausstoßverfahren (auch als Tintenstrahlverfahren bezeichnet), ein Beschichtungsverfahren oder ein Tiefdruckverfahren, ausgebildet werden. Ein niedermolekulares Material, ein mittelmolekulares Material (darunter auch ein Oligomer und ein Dendrimer) oder ein hochmolekulares Material können in den Schichten und Elektroden enthalten sein.

(Ausführungsform 3)

**[0116]** Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Einrichtung, die die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, beschrieben.

**[0117]** Bei dieser Ausführungsform wird die Licht emittierende Einrichtung, die unter Verwendung der bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung hergestellt wird, anhand von **Fig. 2A** und **Fig. 2B** beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig. 2A** eine Draufsicht auf die Licht emittierende Einrichtung ist und **Fig. 2B** eine Querschnittsansicht entlang den Linien A-B und C-D der **Fig. 2A** ist. Diese Licht emittierende Einrichtung beinhaltet einen Treiberschaltungsabschnitt (eine Sourceleitungstreiberschaltung) 601, einen Pixelabschnitt 602 und einen Treiberschaltungsabschnitt (eine Gateleitungstreiberschaltung) 603, welche die Lichtemission einer Licht emittierenden Vorrichtung steuern und mit gestrichelten Linien dargestellt werden. Ein Bezugszeichen 604 bezeichnet ein Dichtungssubstrat; 605, ein Dichtungsmaterial; und 607, einen Raum, der von dem Dichtungsmaterial 605 umgeben ist.

**[0118]** Bei einer Anschlussleitung 608 handelt es sich um eine Leitung zum Übertragen von Signalen, die in die Sourceleitungstreiberschaltung 601 und die Gateleitungstreiberschaltung 603 eingegeben werden, und zum Empfangen von Signalen, wie z. B. einem Videosignal, einem Taktsignal, einem Startsignal und einem Rücksetzsignal, von einer als externer Eingangsanschluss dienenden flexiblen gedruckten Schaltung (flexible printed circuit, FPC) 609. Obwohl hier nur die FPC dargestellt wird, kann eine gedruckte Leiterplatte (printed wiring board, PWB) an der FPC angebracht sein. Die Licht emittierende Einrichtung in der vorliegenden Beschreibung umfasst in ihrer Kategorie nicht nur die Licht emittierende Einrichtung an sich, sondern auch die Licht emittierende Einrichtung, die mit der FPC oder der PWB versehen ist.

**[0119]** Als Nächstes wird eine Querschnittsstruktur anhand von **Fig. 2B** beschrieben. Die Treiberschaltungsabschnitte und der Pixelabschnitt werden über einem Elementsubstrat 610 ausgebildet. Hier werden die Sourceleitungstreiberschaltung 601, die ein Treiberschaltungsabschnitt ist, und ein Pixel in dem Pixelabschnitt 602 dargestellt.

**[0120]** Das Elementsubstrat 610 kann ein Substrat, das Glas, Quarz, ein organisches Harz, ein Metall, eine Legierung oder einen Halbleiter enthält, oder ein Kunststoffsubstrat sein, das aus einem faserverstärkten Kunststoff (fiber reinforced plastic, FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester oder Acrylharz ausgebildet wird.

**[0121]** Die Struktur der Transistoren, die in Pixeln und Treiberschaltungen verwendet werden, ist nicht besonders beschränkt. Beispielsweise können Inverted-Staggered-Transistoren oder Staggered-Transistoren verwendet werden. Ferner können Top-Gate-Transistoren oder Bottom-Gate-Transistoren verwendet werden. Ein Halbleitermaterial, das für die Transistoren verwendet wird, ist nicht besonders beschränkt, und beispielsweise können Silizium, Germanium, Siliziumcarbid, Galliumnitrid oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann auch ein Oxidhalbleiter, der mindestens eines von Indium, Gallium und Zink enthält, wie z. B. ein Metalloxid auf In-Ga-Zn-Basis, verwendet werden.

**[0122]** Es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich der Kristallinität eines Halbleitermaterials, das für die Transistoren verwendet wird, und ein amorpher Halbleiter oder ein Halbleiter mit Kristallinität (ein mikrokristalliner Halbleiter, ein polykristalliner Halbleiter, ein einkristalliner Halbleiter oder ein Halbleiter, der teilweise Kristallbereiche umfasst) kann verwendet werden. Vorzugsweise wird ein Halbleiter mit Kristallinität verwendet, wobei in diesem Fall eine Verschlechterung der Transistoreigenschaften unterdrückt werden kann.

**[0123]** Hier wird vorzugsweise ein Oxidhalbleiter für Halbleitervorrichtungen, wie z. B. die Transistoren, die in den Pixeln und Treiberschaltungen bereitgestellt werden, und Transistoren, die für Berührungssensoren, die später beschrieben werden, und dergleichen verwendet werden, verwendet. Im Besonderen wird vorzugsweise ein Oxidhalbleiter verwendet, der eine größere Bandlücke als Silizium aufweist. Wenn ein Oxidhalbleiter verwendet wird, der eine größere Bandlücke als Silizium aufweist, kann der Sperrstrom der Transistoren verringert werden.

**[0124]** Der Oxidhalbleiter enthält vorzugsweise mindestens Indium (In) oder Zink (Zn). Der Oxidhalbleiter enthält stärker bevorzugt ein Oxid, das durch ein Oxid auf In-M-Zn-Basis (M stellt ein Metall, wie z. B. Al, Ti, Ga, Ge, Y, Zr, Sn, La, Ce oder Hf, dar) dargestellt wird.

**[0125]** Als Halbleiterschicht wird insbesondere vorzugsweise ein Oxidhalbleiterfilm verwendet, der eine Vielzahl von Kristallteilen, deren c-Achsen senkrecht zu einer Oberfläche, auf der die Halbleiterschicht ausgebildet ist, oder der Oberseite der Halbleiterschicht ausgerichtet sind, enthält und in dem die angrenzenden Kristallteile keine Korngrenze aufweisen.

**[0126]** Die Verwendung derartiger Materialien für die Halbleiterschicht ermöglicht, dass ein Transistor mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt wird, bei dem eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften unterdrückt wird.

**[0127]** Dank des niedrigen Sperrstroms des Transistors kann eine Ladung, die über einen Transistor, der die vorstehend beschriebene Halbleiterschicht beinhaltet, in einem Kondensator akkumuliert wird, lange Zeit gehalten werden. Wenn ein derartiger Transistor in einem Pixel verwendet wird, kann der Betrieb einer Treiberschaltung unterbrochen werden, während eine Graustufe eines Bildes, das in jedem Anzeigebereich angezeigt wird, aufrechterhalten wird. Als Ergebnis kann ein elektronisches Gerät mit sehr niedrigem Stromverbrauch erhalten werden.

**[0128]** Für stabile Eigenschaften oder dergleichen des Transistors wird vorzugsweise ein Basisfilm bereitgestellt. Der Basisfilm kann derart ausgebildet werden, dass er eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur aufweist, bei der ein anorganischer Isolierfilm, wie z. B. ein Siliziumoxidfilm, ein Siliziumnitridfilm, ein Siliziumoxynitridfilm oder ein Siliziumnitridoxidfilm, verwendet wird. Der Basisfilm kann durch ein Sputterverfahren, ein chemisches Gasphasenabscheidungs- (chemical vapor deposition, CVD-) Verfahren (z. B. ein Plasma-CVD-Verfahren, ein thermisches CVD-Verfahren oder ein metallorganisches CVD- (MOCVD-) Verfahren), ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Druckverfahren oder dergleichen ausgebildet werden. Es sei angemerkt, dass der Basisfilm nicht notwendigerweise bereitgestellt werden muss.

**[0129]** Es sei angemerkt, dass ein FET 623 als Transistor dargestellt wird, der in dem Treiberschaltungsabschnitt 601 ausgebildet ist. Des Weiteren kann die Treiberschaltung mittels einer von verschiedenen Schaltungen, wie z. B. einer CMOS-Schaltung, einer PMOS-Schaltung oder einer NMOS-Schaltung, ausgebildet werden. Obwohl bei dieser Ausführungsform ein treiberintegrierter Typ beschrieben wird, bei dem die Treiber-

schaltung über dem Substrat ausgebildet ist, muss die Treiberschaltung nicht notwendigerweise über dem Substrat ausgebildet sein und kann außerhalb des Substrats ausgebildet sein.

**[0130]** Der Pixelabschnitt 602 beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln, die einen Schalt-FET 611, einen Strom steuernden FET 612 und eine Anode 613, die elektrisch mit einem Drain des Strom steuernden FET 612 verbunden ist, beinhalten. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die Struktur beschränkt. Der Pixelabschnitt 602 kann drei oder mehr FETs und einen Kondensator in Kombination beinhalten.

**[0131]** Es sei angemerkt, dass ein Isolator 614 ausgebildet ist, um einen Endabschnitt der Anode 613 zu bedecken. Hier kann der Isolator 614 unter Verwendung eines positiven lichtempfindlichen Acrylharzfilms hier ausgebildet werden.

**[0132]** Um die Abdeckung mit einer EL-Schicht oder dergleichen, die später ausgebildet wird, zu verbessern, wird der Isolator 614 derart ausgebildet, dass er eine gekrümmte Oberfläche mit einer Krümmung an seinem oberen oder unteren Endabschnitt aufweist. Beispielsweise weist in dem Fall, in dem ein positives lichtempfindliches Acryl als Material des Isolators 614 verwendet wird, vorzugsweise nur der obere Endabschnitt des Isolators 614 eine gekrümmte Oberfläche mit einem Krümmungsradius (0,2  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$ ) auf. Als Isolator 614 kann entweder ein negatives lichtempfindliches Harz oder ein positives lichtempfindliches Harz verwendet werden.

**[0133]** Eine EL-Schicht 616 und eine Kathode 617 sind über der Anode 613 ausgebildet. Als Material, das für die Anode 613 verwendet wird, wird hier vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit verwendet. Beispielsweise kann ein einschichtiger Film aus einem ITO-Film, einem Indiumzinnoxidfilm enthaltend Silizium, einem Indiumoxidfilm enthaltend 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid, einem Titannitridfilm, einem Chromfilm, einem Wolframfilm, einem Zn-Film, einem Pt-Film oder dergleichen, eine Schichtanordnung aus einem Titannitridfilm und einem Film, der Aluminium als seine Hauptkomponente enthält, eine Schichtanordnung aus drei Schichten, nämlich einem Titannitridfilm, einem Film, der Aluminium als seine Hauptkomponente enthält, und einem Titannitridfilm, oder dergleichen verwendet werden. Die mehrschichtige Struktur ermöglicht einen niedrigen Leitungswiderstand und einen guten ohmschen Kontakt sowie eine Funktion als Kathode.

**[0134]** Die EL-Schicht 616 wird durch eines von verschiedenen Verfahren ausgebildet, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren, bei dem eine Verdampfungsmaske verwendet wird, ein Tintenstrahlverfahren und ein Rotationsbeschichtungsverfahren. Die EL-Schicht 616 weist die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Struktur auf. Als weiteres Material, das in der EL-Schicht 616 enthalten ist, kann eine niedermolekulare Verbindung oder eine hochmolekulare Verbindung (darunter auch ein Oligomer oder ein Dendri-mer) verwendet werden.

**[0135]** Als Material, das für die Kathode 617 verwendet wird, die über der EL-Schicht 616 ausgebildet ist, wird vorzugsweise ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit (z. B. Al, Mg, Li, Ca oder eine Legierung oder eine Verbindung davon, wie beispielsweise MgAg, MgIn oder AlLi) verwendet. In dem Fall, in dem in der EL-Schicht 616 erzeugtes Licht durch die Kathode 617 geleitet wird, wird vorzugsweise eine Schichtanordnung aus einem dünnen Metallfilm und einem durchsichtigen leitenden Film (z. B. ITO, Indiumoxid enthaltend 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid, Indiumzinnoxid enthaltend Silizium oder Zinkoxid (ZnO)) für die Kathode 617 verwendet.

**[0136]** Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung mit der Anode 613, der EL-Schicht 616 und der Kathode 617 ausgebildet wird. Die Licht emittierende Vorrichtung ist die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung. In der Licht emittierenden Einrichtung dieser Ausführungsform kann der Pixelabschnitt, der eine Vielzahl von Licht emittierenden Vorrichtungen beinhaltet, sowohl die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung als auch eine Licht emittierende Vorrichtung mit einer anderen Struktur beinhalten.

**[0137]** Das Dichtungssubstrat 604 wird mit dem Dichtungsmaterial 605 an dem Elementsubstrat 610 angebracht, so dass eine Licht emittierende Vorrichtung 618 in dem Raum 607 bereitgestellt wird, der von dem Elementsubstrat 610, dem Dichtungssubstrat 604 und dem Dichtungsmaterial 605 umgeben ist. Der Raum 607 kann mit einem Füllstoff gefüllt werden oder kann mit einem Inertgas (wie z. B. Stickstoff oder Argon) oder dem Dichtungsmaterial gefüllt werden. Es wird bevorzugt, dass das Dichtungssubstrat mit einem vertief-

ten Abschnitt bereitgestellt wird und ein Trocknungsmittel in dem vertieften Abschnitt bereitgestellt wird, wobei in diesem Fall eine Verschlechterung infolge des Einflusses von Feuchtigkeit unterdrückt werden kann.

**[0138]** Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise für das Dichtungsmaterial 605 verwendet. Vorzugsweise sollte ein derartiges Material so wenig Feuchtigkeit oder Sauerstoff wie möglich durchlassen. Als Dichtungssubstrat 604 kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat, das aus einem faserverstärkten Kunststoff (FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester oder Acryl ausgebildet wird, verwendet werden.

**[0139]** Obwohl in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** nicht dargestellt, kann ein Schutzfilm über der Kathode bereitgestellt werden. Als Schutzfilm kann ein organischer Harzfilm oder ein anorganischer Isolierfilm ausgebildet werden. Der Schutzfilm kann derart ausgebildet werden, dass er einen freiliegenden Abschnitt des Dichtungsmaterials 605 bedeckt. Der Schutzfilm kann derart bereitgestellt werden, dass Oberflächen und Seitenflächen des Paares von Substraten und freiliegende Seitenflächen einer Dichtungsschicht, einer Isolierschicht und dergleichen bedeckt werden.

**[0140]** Der Schutzfilm kann unter Verwendung eines Materials ausgebildet werden, das eine Verunreinigung, wie z. B. Wasser, nicht leicht durchlässt. Somit kann die Diffusion einer Verunreinigung, wie z. B. Wasser, von außen in das Innere effektiv verhindert werden.

**[0141]** Als Material für den Schutzfilm können ein Oxid, ein Nitrid, ein Fluorid, ein Sulfid, eine ternäre Verbindung, ein Metall, ein Polymer oder dergleichen verwendet werden. Zum Beispiel kann das Material Aluminiumoxid, Hafniumoxid, Hafniumsilikat, Lanthanoxid, Siliziumoxid, Strontiumtitanat, Tantaloxid, Titanoxid, Zinkoxid, Nioboxid, Zirkoniumoxid, Zinnoxid, Yttriumoxid, Ceroxid, Scandiumoxid, Erbiumoxid, Vanadiumoxid, Indiumoxid, Aluminiumnitrid, Hafniumnitrid, Siliziumnitrid, Tantalnitrid, Titannitrid, Niobnitrid, Molybdännitrid, Zirkoniumnitrid, Galliumnitrid, ein Titan und Aluminium enthaltendes Nitrid, ein Titan und Aluminium enthaltendes Oxid, ein Aluminium und Zink enthaltendes Oxid, ein Mangan und Zink enthaltendes Sulfid, ein Cer und Strontium enthaltendes Sulfid, ein Erbium und Aluminium enthaltendes Oxid, ein Yttrium und Zirkonium enthaltendes Oxid oder dergleichen enthalten.

**[0142]** Der Schutzfilm wird vorzugsweise unter Verwendung eines Abscheidungsverfahrens mit einer günstigen Stufenabdeckung ausgebildet. Eines dieser Verfahren ist ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren. Ein Material, das durch ein ALD-Verfahren abgeschieden werden kann, wird vorzugsweise für den Schutzfilm verwendet. Ein dichter Schutzfilm mit verringerten Defekten, wie z. B. Rissen oder kleinen Löchern, oder mit einer gleichmäßigen Dicke kann durch ein ALD-Verfahren ausgebildet werden. Des Weiteren können Schäden an einem Prozesselement beim Ausbilden des Schutzfilms verringert werden.

**[0143]** Durch ein ALD-Verfahren kann ein gleichmäßiger Schutzfilm mit geringen Defekten selbst auf einer Oberfläche mit einer komplexen ungleichmäßigen Form oder auf Oberseiten, Seitenflächen und Unterseiten eines Touchscreens ausgebildet werden.

**[0144]** Wie vorstehend beschrieben, kann die Licht emittierende Einrichtung, die unter Verwendung der bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung hergestellt wird, erhalten werden.

**[0145]** Die Licht emittierende Einrichtung dieser Ausführungsform wird unter Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtung hergestellt, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, und kann daher vorteilhafte Eigenschaften aufweisen. Da die Licht emittierende Vorrichtung, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, insbesondere eine lange Lebensdauer aufweist, kann die Licht emittierende Einrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Da die Licht emittierende Einrichtung, bei der die Licht emittierende Vorrichtung verwendet wird, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann die Licht emittierende Einrichtung einen niedrigen Stromverbrauch erzielen.

**[0146]** **Fig. 3A** und **Fig. 3B** stellen jeweils ein Beispiel für eine Licht emittierende Einrichtung dar, bei der eine Vollfarbanzeige durch Ausbilden einer Licht emittierenden Vorrichtung, die eine weiße Lichtemission aufweist, und Verwenden von Farbschichten (Farbfiltern) und dergleichen erzielt wird. **Fig. 3A** stellt ein Substrat 1001, einen Basis-Isolierfilm 1002, einen Gate-Isolierfilm 1003, Gate-Elektroden 1006, 1007 und 1008, einen ersten Zwischenschicht-Isolierfilm 1020, einen zweiten Zwischenschicht-Isolierfilm 1021, einen Peripherieab-

schnitt 1042, einen Pixelabschnitt 1040, einen Treiberschaltungsabschnitt 1041, Anoden 1024W, 1024R, 1024G und 1024B von Licht emittierenden Vorrichtungen, eine Trennwand 1025, eine EL-Schicht 1028, eine Kathode 1029 der Licht emittierenden Vorrichtungen, ein Dichtungssubstrat 1031, ein Dichtungsmaterial 1032 und dergleichen dar.

**[0147]** 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 Schwarzmatrix 1035 kann zusätzlich bereitgestellt werden. Das durchsichtige Basismaterial 1033, das mit den Farbschichten und der Schwarzmatrix versehen ist, ist mit dem Substrat 1001 ausgerichtet sowie an diesem befestigt. Es sei angemerkt, dass die Farbschichten und die Schwarzmatrix 1035 mit einer Abdeckungsschicht 1036 bedeckt sind. In **Fig. 3A** passiert das von einem Teil der Licht emittierenden Schicht emittierte Licht nicht die Farbschichten, während das von dem anderen Teil der Licht emittierenden Schicht emittierte Licht die Farbschichten passiert. Das nicht die Farbschichten passierende Licht ist weiß und das eine der Farbschichten passierende Licht ist rot, grün oder blau; daher kann ein Bild unter Verwendung von Pixeln der vier Farben angezeigt werden.

**[0148]** **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 Zwischenschicht-Isolierfilm 1020 bereitgestellt sind. Wie bei der Struktur können die Farbschichten zwischen dem Substrat 1001 und dem Dichtungssubstrat 1031 bereitgestellt sein.

**[0149]** Die vorstehend beschriebene Licht emittierende Einrichtung ist eine Licht emittierende Einrichtung mit einer Struktur, bei der Licht von der Seite des Substrats 1001 aus extrahiert wird, wo FETs ausgebildet sind (Bottom-Emission-Struktur); jedoch kann sie eine Licht emittierende Einrichtung mit einer Struktur sein, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats 1031 aus extrahiert wird (Top-Emission-Struktur). **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht einer Licht emittierenden Einrichtung mit einer Top-Emission-Struktur. In diesem Fall kann ein Substrat, das kein Licht durchlässt, als Substrat 1001 verwendet werden. Der Prozess bis zu dem Schritt der Ausbildung einer Verbindungselektrode, die den FET und die Anode der Licht emittierenden Vorrichtung verbindet, wird auf eine Weise durchgeführt, die derjenigen der Licht emittierenden Einrichtung mit einer Bottom-Emission-Struktur ähnlich ist. Anschließend wird ein dritter Zwischenschicht-Isolierfilm 1037 derart ausgebildet, dass er eine Elektrode 1022 bedeckt. Dieser Isolierfilm kann eine Ebnungsfunktion aufweisen. Der dritte Zwischenschicht-Isolierfilm 1037 kann unter Verwendung eines Materials, das demjenigen des zweiten Zwischenschicht-Isolierfilms ähnlich ist, oder alternativ unter Verwendung eines anderen bekannten Materials ausgebildet werden.

**[0150]** Die Anoden 1024W, 1024R, 1024G und 1024B der Licht emittierenden Vorrichtungen sind ternär hier zwar jeweils eine Anode, jedoch können sie auch als Kathode ausgebildet werden. Im Falle einer in **Fig. 4** dargestellten Licht emittierenden Einrichtung mit einer Top-Emission-Struktur sind die Anoden vorzugsweise ferner reflektierende Elektroden. Die EL-Schicht 1028 wird derart ausgebildet, dass sie eine Struktur aufweist, die der bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Struktur der EL-Schicht 103 ähnlich ist und bei der eine weiße Lichtemission erhalten werden kann.

**[0151]** Im Falle einer in **Fig. 4** dargestellten Top-Emission-Struktur kann das Abdichten mit dem Dichtungssubstrat 1031 durchgeführt werden, auf dem die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) bereitgestellt sind. Das Dichtungssubstrat 1031 kann mit der Schwarzmatrix 1035 versehen sein, die zwischen Pixeln positioniert ist. Die Farbschichten (die rote Farbschicht 1034R, die grüne Farbschicht 1034G und die blaue Farbschicht 1034B) und die Schwarzmatrix können mit der Abdeckungsschicht 1036 bedeckt sein. Es sei angemerkt, dass ein lichtdurchlässiges Substrat als Dichtungssubstrat 1031 verwendet wird. Obwohl hier ein Beispiel gezeigt wird, in dem eine Vollfarbanzeige unter Verwendung von vier Farben, nämlich Rot, Grün, Blau und Weiß, durchgeführt wird, gibt es keine besondere Beschränkung, und es kann eine Vollfarbanzeige unter Verwendung von vier Farben, nämlich Rot, Gelb, Grün und Blau, oder unter Verwendung von drei Farben, nämlich Rot, Grün und Blau, durchgeführt werden.

**[0152]** In der Licht emittierenden Einrichtung mit einer Top-Emission-Struktur kann eine Mikrokavitätsstruktur vorteilhaft zum Einsatz kommen. Eine Licht emittierende Vorrichtung mit einer Mikrokavitätsstruktur wird unter Verwendung einer reflektierenden Elektrode als Anode und einer halbdurchlässigen und halbreflektierenden Elektrode als Kathode ausgebildet. Die Licht emittierende Vorrichtung mit einer Mikrokavitätsstruktur beinhaltet mindestens eine EL-Schicht zwischen der reflektierenden Elektrode und der halbdurchlässigen

und halbrelektierenden Elektrode, die mindestens eine Licht emittierende Schicht umfasst, die als Licht emittierender Bereich dient.

**[0153]** Es sei angemerkt, dass die reflektierende Elektrode ein Reflexionsvermögen für sichtbares Licht von 40 % bis 100 %, vorzugsweise 70 % bis 100 % und einen spezifischen Widerstand von  $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$  oder niedriger aufweist. Außerdem weist die halbdurchlässige und halbrelektierende Elektrode ein Reflexionsvermögen für sichtbares Licht von 20 % bis 80 %, vorzugsweise 40 % bis 70 % und einen spezifischen Widerstand von  $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$  oder niedriger auf.

**[0154]** Es wird Licht, das von der Licht emittierenden Schicht, die in der EL-Schicht enthalten ist, emittiert wird, von der reflektierenden Elektrode und der halbdurchlässigen und halbrelektierenden Elektrode reflektiert und zur Resonanz gebracht.

**[0155]** In der Licht emittierenden Vorrichtung kann die optische Weglänge zwischen der reflektierenden Elektrode und der halbdurchlässigen und halbrelektierenden Elektrode geändert werden, indem die Dicken des durchsichtigen leitenden Films, des Verbundmaterials, des Ladungsträgertransportmaterials und dergleichen geändert werden. Auf diese Weise kann Licht mit einer Wellenlänge, die zwischen der reflektierenden Elektrode und der halbdurchlässigen und halbrelektierenden Elektrode zur Resonanz gebracht wird, verstärkt werden, während das Licht mit einer Wellenlänge, die dazwischen nicht zur Resonanz gebracht wird, abgeschwächt werden kann.

**[0156]** Es sei angemerkt, dass Licht, das von der reflektierenden Elektrode zurückreflektiert wird (erstes reflektiertes Licht), deutlich mit dem Licht interferiert, das von der Licht emittierenden Schicht direkt in die halbdurchlässige und halbrelektierende Elektrode eintritt (erstem einfallendem Licht). Aus diesem Grund wird die optische Weglänge zwischen der reflektierenden Elektrode und der Licht emittierenden Schicht vorzugsweise auf  $(2n-1)\lambda/4$  eingestellt ( $n$  ist eine natürliche Zahl von 1 oder größer und  $\lambda$  ist eine Wellenlänge der zu verstärkenden Farbe). Durch Einstellen der optischen Weglänge können die Phasen des ersten reflektierten Lichts und des ersten einfallenden Lichts zueinander ausgerichtet werden und das Licht, das von der Licht emittierenden Schicht emittiert wird, kann weiter verstärkt werden.

**[0157]** Es sei angemerkt, dass bei der vorstehenden Struktur die EL-Schicht eine Vielzahl von Licht emittierenden Schichten oder eine einzelne Licht emittierende Schicht umfassen kann. Die vorstehend beschriebene Licht emittierende Tandem-Vorrichtung kann mit einer Vielzahl von EL-Schichten kombiniert werden, beispielsweise kann eine Licht emittierende Vorrichtung eine Struktur aufweisen, bei der eine Vielzahl von EL-Schichten bereitgestellt ist, eine Ladungserzeugungsschicht zwischen den EL-Schichten bereitgestellt ist und jede EL-Schicht eine Vielzahl von Licht emittierenden Schichten oder eine einzelne Licht emittierende Schicht umfasst.

**[0158]** Mit der Mikrokavitätsstruktur kann die Emissionsintensität mit einer bestimmten Wellenlänge in der Richtung nach vorne erhöht werden, wodurch der Stromverbrauch verringert werden kann. Es sei angemerkt, dass im Falle einer Licht emittierenden Einrichtung, die Bilder mit Subpixeln von vier Farben, nämlich Rot, Gelb, Grün und Blau, anzeigt, die Licht emittierende Einrichtung vorteilhafte Eigenschaften aufweisen kann, da die Leuchtdichte dank der gelben Lichtemission erhöht werden kann und jedes Subpixel eine Mikrokavitätsstruktur aufweisen kann, die für Wellenlängen der entsprechenden Farbe geeignet ist.

**[0159]** Die Licht emittierende Einrichtung dieser Ausführungsform wird unter Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtung hergestellt, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, und kann daher vorteilhafte Eigenschaften aufweisen. Da die Licht emittierende Vorrichtung, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, insbesondere eine lange Lebensdauer aufweist, kann die Licht emittierende Einrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Da die Licht emittierende Einrichtung, bei der die Licht emittierende Vorrichtung verwendet wird, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, eine hohe Emissionseffizienz aufweist, kann die Licht emittierende Einrichtung einen niedrigen Stromverbrauch erzielen.

**[0160]** Die Licht emittierende Aktiv-Matrix-Einrichtung ist vorstehend beschrieben worden, wohingegen eine Licht emittierende Passiv-Matrix-Einrichtung nachstehend beschrieben wird. **Fig. 5A** und **Fig. 5B** stellen eine unter Verwendung der vorliegenden Erfindung hergestellte Licht emittierende Passiv-Matrix-Einrichtung dar. Es sei angemerkt, dass **Fig. 5A** eine perspektivische Ansicht der Licht emittierenden Einrichtung ist und **Fig. 5B** eine Querschnittsansicht entlang der Linie X-Y in **Fig. 5A** ist. In **Fig. 5A** und **Fig. 5B** ist eine EL-Schicht 955 zwischen einer Elektrode 952 und einer Elektrode 956 über einem Substrat 951 bereitgestellt.

Ein Endabschnitt der Elektrode 952 ist mit einer Isolierschicht 953 bedeckt. Eine Trennschicht 954 ist über der Isolierschicht 953 bereitgestellt. Die Seitenwände der Trennschicht 954 sind derart schräg, dass der Abstand zwischen beiden Seitenwänden in Richtung der Oberfläche des Substrats allmählich abnimmt. Mit anderen Worten: Ein Querschnitt entlang der Richtung der kurzen Seite der Trennschicht 954 ist trapezförmig und die untere Seite (eine Seite des Trapez, die parallel zu der Oberfläche der Isolierschicht 953 und in Kontakt mit der Isolierschicht 953 ist) ist kürzer als die obere Seite (eine Seite des Trapez, die parallel zu der Oberfläche der Isolierschicht 953 und nicht in Kontakt mit der Isolierschicht 953 ist). Die derart bereitgestellte Trennschicht 954 kann Defekte in der Licht emittierenden Vorrichtung aufgrund der statischen Elektrizität oder dergleichen verhindern. Die Licht emittierende Passiv-Matrix-Einrichtung beinhaltet ebenfalls die Licht emittierende Vorrichtung, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist; somit kann die Licht emittierende Einrichtung eine hohe Zuverlässigkeit oder einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

**[0161]** Da viele mikrofeine Licht emittierende Vorrichtungen in einer Matrix in der vorstehend beschriebenen Licht emittierenden Einrichtung getrennt gesteuert werden können, kann die Licht emittierende Einrichtung in geeigneter Weise als Anzeigevorrichtung zum Anzeigen von Bildern verwendet werden.

**[0162]** Diese Ausführungsform kann mit einer der anderen Ausführungsformen frei kombiniert werden.

(Ausführungsform 4)

**[0163]** Bei dieser Ausführungsform wird ein Beispiel, in dem die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung für eine Beleuchtungsvorrichtung verwendet 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**.

**[0164]** In der Beleuchtungsvorrichtung dieser Ausführungsform ist eine Anode 401 über einem Substrat 400 ausgebildet, das eine Stütze (Support) ist und eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft aufweist. Die Anode 401 entspricht der Anode 101 der Ausführungsform 2. Wenn Licht über die Seite der Anode 401 extrahiert wird, wird die Anode 401 unter Verwendung eines Materials mit einer Lichtdurchlässigkeitseigenschaft ausgebildet.

**[0165]** Eine Kontaktstelle (Pad) 412 zum Anlegen einer Spannung an eine Kathode 404 ist über dem Substrat 400 ausgebildet.

**[0166]** Eine EL-Schicht 403 ist über der Anode 401 ausgebildet. Die Struktur der EL-Schicht 403 entspricht beispielsweise der Struktur der EL-Schicht 103 der Ausführungsformen 1 und 2 oder der Struktur, bei der die Licht emittierenden Einheiten 511 und 512 und die Ladungserzeugungsschicht 513 kombiniert sind. Bezüglich der Struktur kann auf die Beschreibungen Bezug genommen werden.

**[0167]** Die Kathode 404 ist derart ausgebildet, dass sie die EL-Schicht 403 bedeckt. Die Kathode 404 entspricht der Kathode 102 der Ausführungsform 2. Die Kathode 404 wird unter Verwendung eines Materials mit einem hohen Reflexionsgrad ausgebildet, wenn Licht über die Seite der Anode 401 extrahiert wird. Die Kathode 404 ist mit der Kontaktstelle 412 verbunden, wodurch eine Spannung angelegt wird.

**[0168]** Wie vorstehend beschrieben, umfasst die bei dieser Ausführungsform beschriebene Beleuchtungsvorrichtung eine Licht emittierende Vorrichtung, die die Anode 401, die EL-Schicht 403 und die Kathode 404 umfasst. Da die Licht emittierende Vorrichtung eine Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz ist, kann die Beleuchtungsvorrichtung dieser Ausführungsform eine Beleuchtungsvorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch sein.

**[0169]** Das Substrat 400, das mit einer Licht emittierenden Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur bereitgestellt ist, wird mit Dichtungsmaterialien 405 und 406 an einem Dichtungssubstrat 407 befestigt und ein Abdichten wird durchgeführt, wodurch die Beleuchtungsvorrichtung vervollständigt wird. Es ist möglich, nur das Dichtungsmaterial 405 oder das Dichtungsmaterial 406 zu verwenden. Das innere Dichtungsmaterial 406 (nicht in **Fig. 6B** dargestellt) kann mit einem Trocknungsmittel gemischt werden, was die Adsorption von Feuchtigkeit ermöglicht und zu einer erhöhten Zuverlässigkeit führt.

**[0170]** Wenn sich Teile der Kontaktstelle 412 und der Anode 401 bis außerhalb der Dichtungsmaterialien 405 und 406 erstrecken, können die erstreckten Teile als externe Eingangsanschlüsse dienen. Ein IC-Chip 420, der mit einem Wandler oder dergleichen montiert ist, kann über den externen Eingangsanschlüssen bereitgestellt sein.

**[0171]** Die Beleuchtungsvorrichtung, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, umfasst als EL-Element die Licht emittierende Vorrichtung, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist; somit kann die Licht emittierende Einrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Außerdem kann die Licht emittierende Einrichtung weniger Strom verbrauchen.

(Ausführungsform 5)

**[0172]** Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für elektronische Geräte beschrieben, die jeweils die Licht emittierende Vorrichtung beinhalten, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist. Die Licht emittierende Vorrichtung, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist, weist eine lange Lebensdauer und eine hohe Zuverlässigkeit auf. Als Ergebnis können die bei dieser Ausführungsform beschriebenen elektronischen Geräte jeweils einen Licht emittierenden Abschnitt mit hoher Zuverlässigkeit aufweisen.

**[0173]** Beispiele für das elektronische Gerät, das die vorstehende Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, umfassen Fernsehgeräte (auch als TV oder Fernsehempfänger bezeichnet), Monitore für Computer und dergleichen, Digitalkameras, digitale Videokameras, digitale Fotorahmen, Handys (auch als Mobiltelefone oder Mobiltelefongeräte bezeichnet), tragbare Spielkonsolen, tragbare Informationsendgeräte, Audiowiedergabegeräte und große Spielautomaten, wie z. B. Flipperautomaten. Spezifische Beispiele für diese elektronischen Geräte werden nachstehend angegeben.

**[0174]** **Fig. 7A** stellt ein Beispiel für ein Fernsehgerät dar. Bei dem Fernsehgerät ist ein Anzeigeabschnitt 7103 in einem Gehäuse 7101 eingebaut. Hier wird das Gehäuse 7101 von einem Ständer 7105 getragen. Bilder können auf dem Anzeigeabschnitt 7103 angezeigt werden, und in dem Anzeigeabschnitt 7103 sind die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen in einer Matrix angeordnet.

**[0175]** Das Fernsehgerät kann mittels eines Bedienschalters des Gehäuses 7101 oder einer separaten Fernbedienung 7110 bedient werden. Durch Bedientasten 7109 der Fernbedienung 7110 können die Fernsehsender und die Lautstärke gesteuert werden, und Bilder, die auf dem Anzeigeabschnitt 7103 angezeigt werden, können gesteuert werden. Des Weiteren kann die Fernbedienung 7110 mit einem Anzeigeabschnitt 7107 zum Anzeigen von Daten bereitgestellt sein, die von der Fernbedienung 7110 ausgegeben werden.

**[0176]** Es sei angemerkt, dass das Fernsehgerät mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen versehen ist. Unter Verwendung des Empfängers kann allgemeiner Fernseh Rundfunk empfangen werden. Des Weiteren kann dann, wenn das Fernsehgerät über das Modem drahtlos oder nicht drahtlos mit einem Kommunikationsnetzwerk verbunden ist, eine unidirektionale (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine bidirektionale (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Datenkommunikation durchgeführt werden.

**[0177]** **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 durch Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtungen, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden sind und in einer Matrix angeordnet sind, in dem Anzeigeabschnitt 7203 hergestellt wird. Der in **Fig. 7B1** dargestellte Computer kann eine in **Fig. 7B2** dargestellte Struktur aufweisen. Ein in **Fig. 7B2** dargestellter Computer ist mit einem zweiten Anzeigeabschnitt 7210 anstelle der Tastatur 7204 und der Zeigevorrichtung 7206 versehen. Der zweite Anzeigeabschnitt 7210 ist ein Touchscreen, und ein Eingabevorgang kann durchgeführt werden, indem die Anzeige zum Eingeben auf dem zweiten Anzeigeabschnitt 7210 mit einem Finger oder einem zugehörigen Stift berührt wird. Der zweite Anzeigeabschnitt 7210 kann auch andere Bilder als die Anzeige für die Eingabe anzeigen. Der Anzeigeabschnitt 7203 kann ebenfalls ein Touchscreen sein. Durch Verbinden der zwei Bildschirme mittels eines Gelenks kann das Auftreten von Problemen, wie beispielsweise die Rissbildung oder Beschädigung des Bildschirms beim Lagern oder Mitführen des Computers, verhindert werden.

**[0178]** **Fig. 7C** stellt ein Beispiel für ein tragbares Endgerät dar. Ein Handy ist mit einem Anzeigeabschnitt 7402, der in einem Gehäuse 7401 eingebaut ist, Bedienknöpfen 7403, einem externen Verbindungsanschluss 7404, einem Lautsprecher 7405, einem Mikrofon 7406 und dergleichen bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass das Handy den Anzeigeabschnitt 7402 umfasst, der die Licht emittierenden Vorrichtungen beinhaltet, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden sind und in einer Matrix angeordnet sind.



**[0179]** Wenn der Anzeigeabschnitt 7402 des tragbaren Endgeräts in **Fig. 7C** mit einem Finger oder dergleichen berührt wird, können Daten in das tragbare Endgerät 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.

**[0180]** Der Anzeigeabschnitt 7402 weist hauptsächlich drei Bildschirmmodi auf. Der erste Modus ist ein Anzeigemodus, bei dem hauptsächlich Bilder angezeigt werden. Der zweite Modus ist ein Eingabemodus, bei dem hauptsächlich Informationen, wie z. B. ein Text, eingegeben werden. Der dritte Modus ist ein Anzeige- und Eingabemodus, bei dem die zwei Modi, der Anzeigemodus und der Eingabemodus, kombiniert werden.

**[0181]** Beispielsweise wird im Falle von Anrufen oder Schreiben einer E-Mail ein Texteingabemodus hauptsächlich zum Eingeben eines Texts für den Anzeigeabschnitt 7402 ausgewählt, so dass der Text, der auf dem Bildschirm angezeigt wird, eingegeben werden kann. In diesem Fall wird es bevorzugt, dass eine Tastatur oder Zahlentasten fast auf dem gesamten Bildschirm des Anzeigeabschnitts 7402 angezeigt wird/werden.

**[0182]** Wenn eine Erfassungsvorrichtung, die einen Sensor zum Erfassen der Neigung, wie z. B. einen Gyroskop- oder einen Beschleunigungssensor, beinhaltet, innerhalb des tragbaren Endgeräts bereitgestellt ist, kann eine Anzeige auf dem Bildschirm des Anzeigeabschnitts 7402 automatisch durch Bestimmen der Orientierung des tragbaren Endgeräts in ihrer Richtung geändert werden (je nachdem, ob das tragbare Endgerät horizontal oder vertikal gestellt ist).

**[0183]** Die Bildschirmmodi werden durch Berühren des Anzeigeabschnitts 7402 oder durch Bedienen der Bedienknöpfe 7403 des Gehäuses 7401 umgeschaltet. Alternativ können die Bildschirmmodi abhängig von der Art der auf dem Anzeigeabschnitt 7402 angezeigten Bilder umgeschaltet werden. Wenn zum Beispiel ein Signal eines auf dem Anzeigeabschnitt angezeigten Bildes ein Signal von Daten eines bewegten Bildes ist, wird der Bildschirmmodus in den Anzeigemodus umgeschaltet. Wenn das Signal ein Signal von Daten eines Texts ist, wird der Bildschirmmodus in den Eingabemodus umgeschaltet.

**[0184]** Des Weiteren kann dann, wenn bei dem Eingabemodus eine Eingabe durch Berühren des Anzeigeabschnitts 7402 für eine bestimmte Dauer nicht durchgeführt wird, während ein von einem optischen Sensor in dem Anzeigeabschnitt 7402 erfasstes Signal erfasst wird, der Bildschirmmodus derart gesteuert werden, dass er von dem Eingabemodus in den Anzeigemodus umgeschaltet wird.

**[0185]** Der Anzeigeabschnitt 7402 kann auch als Bildsensor dienen. Zum Beispiel wird dann, wenn der Anzeigeabschnitt 7402 mit einer Handfläche oder einem Finger berührt wird, ein Bild des Handabdrucks, des Fingerabdrucks oder dergleichen aufgenommen, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt werden kann. Ferner kann, indem eine Hintergrundbeleuchtung oder eine Abtast-Lichtquelle, die Nah-Infrarotlicht emittiert, in dem Anzeigeabschnitt bereitgestellt wird, ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden.

**[0186]** Es sei angemerkt, dass die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur angemessen mit einer der bei den Ausführungsformen 1 bis 4 beschriebenen Strukturen kombiniert werden kann.

**[0187]** Wie vorstehend beschrieben, ist der Anwendungsbereich der Licht emittierenden Einrichtung mit der bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung umfangreich, so dass diese Licht emittierende Einrichtung auf elektronische Geräte verschiedener Gebiete angewendet werden kann. Indem die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung verwendet wird, kann ein elektronisches Gerät erhalten werden, das eine hohe Zuverlässigkeit aufweist.

**[0188]** **Fig. 8A** ist eine schematische Ansicht, die ein Beispiel für einen Reinigungsroboter darstellt.

**[0189]** Ein Reinigungsroboter 5100 beinhaltet ein Display 5101 auf seiner Oberseite, eine Vielzahl von Kameras 5102 auf seiner Seitenfläche, eine Bürste 5103 und Bedienknöpfe 5104. Obwohl nicht dargestellt, ist die Unterseite des Reinigungsroboters 5100 mit einem Reifen, einer Einlassöffnung und dergleichen bereitgestellt. Der Reinigungsroboter 5100 beinhaltet ferner verschiedene Sensoren, wie z. B. einen Infrarotsensor, einen Ultraschallsensor, einen Beschleunigungssensor, einen piezoelektrischen Sensor, einen optischen Sensor und einen Gyroskopsensor. Der Reinigungsroboter 5100 weist ein drahtloses Kommunikationsmittel auf.

**[0190]** Der Reinigungsroboter 5100 ist selbstfahrend, erfasst Staub 5120 und saugt durch die Einlassöffnung, die auf der Unterseite bereitgestellt ist, den Staub auf.

**[0191]** Der Reinigungsroboter 5100 kann bestimmen, ob ein Hindernis, wie z. B. eine Wand, ein Möbelstück oder eine Stufe, vorhanden ist, indem durch die Kameras 5102 aufgenommene Bilder analysiert werden. Wenn der Reinigungsroboter 5100 einen Gegenstand, der sich in der Bürste 5103 verfangen könnte (z. B. einen Draht), durch Analysieren eines Bildes erfasst, kann die Drehung der Bürste 5103 angehalten werden.

**[0192]** Das Display 5101 kann die verbleibende Batterieleistung, die Menge des gesammelten Staubs und dergleichen anzeigen. Das Display 5101 kann eine Route anzeigen, auf der der Reinigungsroboter 5100 gelaufen ist. Es kann sich bei dem Display 5101 um einen Touchscreen handeln, und die Bedienknöpfe 5104 können auf dem Display 5101 bereitgestellt werden.

**[0193]** Der Reinigungsroboter 5100 kann mit einem tragbaren elektronischen Gerät 5140, wie z. B. einem Smartphone, kommunizieren. Das tragbare elektronische Gerät 5140 kann durch die Kameras 5102 aufgenommene Bilder anzeigen. Demzufolge kann ein Besitzer des Reinigungsroboters 5100 selbst dann, wenn der Besitzer nicht zu Hause ist, sein Zimmer überwachen. Der Besitzer kann die Anzeige des Displays 5101 auch mit dem tragbaren elektronischen Gerät 5140, wie z. B. einem Smartphone, überprüfen.

**[0194]** Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für das Display 5101 verwendet werden.

**[0195]** Ein Roboter 2100, der in **Fig. 8B** dargestellt wird, beinhaltet eine arithmetische Vorrichtung 2110, einen Beleuchtungsstärkesensor 2101, ein Mikrofon 2102, eine obere Kamera 2103, einen Lautsprecher 2104, ein Display 2105, eine untere Kamera 2106, einen Hindernissensor 2107 und einen Bewegungsmechanismus 2108.

**[0196]** Das Mikrofon 2102 weist eine Funktion auf, eine Sprechstimme eines Benutzers, ein Umgebungsgeräusch und dergleichen zu erfassen. Der Lautsprecher 2104 weist auch eine Funktion auf, einen Ton auszugeben. Der Roboter 2100 kann unter Verwendung des Mikrofons 2102 und des Lautsprechers 2104 mit einem Benutzer kommunizieren.

**[0197]** Das Display 2105 weist eine Funktion auf, verschiedene Arten von Informationen anzuzeigen. Der Roboter 2100 kann auf dem Display 2105 Informationen anzeigen, die von einem Benutzer gewünscht werden. Das Display 2105 kann mit einem Touchscreen ausgestattet sein. Außerdem kann das Display 2105 ein abnehmbares Informationsendgerät sein, wobei in diesem Fall ein Aufladen und eine Datenkommunikation durchgeführt werden können, wenn das Display 2105 auf die vorbestimmte Position des Roboters 2100 eingestellt wird.

**[0198]** Die obere Kamera 2103 und die untere Kamera 2106 weisen jeweils eine Funktion zum Aufnehmen eines Bildes der Umgebung des Roboters 2100 auf. Der Hindernissensor 2107 kann ein Hindernis in der Richtung erfassen, in die sich der Roboter 2100 mit dem Bewegungsmechanismus 2108 vorwärtsbewegt. Der Roboter 2100 kann sich sicher bewegen, indem er mit der oberen Kamera 2103, der unteren Kamera 2106 und dem Hindernissensor 2107 die Umgebung erkennt. Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für das Display 2105 verwendet werden.

**[0199]** **Fig. 8C** stellt ein Beispiel für ein brillenartiges Display dar. Das brillenartige Display beinhaltet beispielsweise ein Gehäuse 5000, einen Anzeigeabschnitt 5001, einen Lautsprecher 5003, eine LED-Lampe 5004, einen Verbindungsanschluss 5006, einen Sensor 5007 (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 Energie, Strahlung, Durchflussrate, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahl), ein Mikrofon 5008, einen zweiten Anzeigeabschnitt 5002, eine Stütze 5012 und einen Ohrhörer 5013.

**[0200]** Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigeabschnitt 5001 und den zweiten Anzeigeabschnitt 5002 verwendet werden.

**[0201]** **Fig. 9** stellt ein Beispiel dar, in dem die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung für eine Tischlampe, die eine Beleuchtungsvorrichtung ist, verwendet wird. Die Tisch-

lampe in **Fig. 9** beinhaltet ein Gehäuse 2001 und eine Lichtquelle 2002, und die bei der Ausführungsform 3 beschriebene Beleuchtungsvorrichtung kann für die Lichtquelle 2002 verwendet werden.

**[0202]** **Fig. 10** stellt ein Beispiel dar, in dem die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung für eine Innenbeleuchtungsvorrichtung 3001 verwendet wird. Da die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweist, kann die Beleuchtungsvorrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Da die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung ferner eine große Fläche aufweisen kann, kann die Licht emittierende Vorrichtung für eine Beleuchtungsvorrichtung mit großer Fläche verwendet werden. Da die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung ferner dünn ist, kann die Licht emittierende Vorrichtung für eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer verringerten Dicke verwendet werden.

**[0203]** Die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung kann auch für eine Autowindschutzscheibe oder ein Autoarmaturenbrett verwendet werden. **Fig. 11** stellt eine Ausführungsform dar, bei der die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen für eine Autowindschutzscheibe und ein Autoarmaturenbrett verwendet werden. Anzeigebereiche 5200 bis 5203 beinhalten jeweils die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung.

**[0204]** Die Anzeigebereiche 5200 und 5201 sind Anzeigevorrichtungen, die in der Autowindschutzscheibe bereitgestellt sind und in denen Licht emittierende Vorrichtungen eingebaut sind, jede von denen bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden ist. Die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen können zu einer so genannten durchsichtigen Anzeigevorrichtung, durch die die Gegenseite gesehen werden kann, ausgebildet werden, wenn eine Anode und eine Kathode, die aus Elektroden mit einer Lichtdurchlässigkeitseigenschaft bestehen, enthalten sind. Derartige durchsichtige Anzeigevorrichtungen können sogar in der Autowindschutzscheibe bereitgestellt sein, ohne die Sicht zu behindern. In dem Fall, in dem ein Treibertransistor oder dergleichen bereitgestellt wird, wird vorzugsweise ein Transistor mit einer Lichtdurchlässigkeitseigenschaft verwendet, so beispielsweise ein organischer Transistor, der ein organisches Halbleitermaterial enthält, oder ein Transistor, der einen Oxidhalbleiter enthält.

**[0205]** Eine Anzeigevorrichtung, die die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, ist in dem Anzeigebereich 5202 in einem Säulenabschnitt bereitgestellt. Der Anzeigebereich 5202 kann die von der Säule behinderte Sicht kompensieren, indem ein Bild, das mit einer in der Karosserie bereitgestellten Abbildungseinheit aufgenommen wird, angezeigt wird. Der Anzeigebereich 5203, der in einem Teil des Armaturenbretts bereitgestellt ist, kann ebenfalls die von der Karosserie behinderte Sicht kompensieren, indem ein Bild, das mit einer außerhalb des Autos bereitgestellten Abbildungseinheit aufgenommen wird, angezeigt wird. Daher können tote Winkel beseitigt werden, um die Sicherheit zu erhöhen. Bilder, die die Bereiche kompensieren, die ein Fahrer nicht sehen kann, ermöglichen, dass der Fahrer einfach und komfortabel die Sicherheit bestätigen kann.

**[0206]** Der Anzeigebereich 5203 kann verschiedene Arten von Informationen durch Anzeigen von Navigationsdaten, einem Geschwindigkeitsmesser, einem Drehzahlmesser, einem Kilometerstand, einer Tankanzeige, einer Schaltanzeige, einer Einstellung der Klimaanlage und dergleichen bereitstellen. Der Inhalt oder das Layout der Anzeige kann von einem Benutzer in angemessener Weise frei geändert werden. Es sei angemerkt, dass derartige Informationen auch auf den Anzeigebereichen 5200 bis 5203 angezeigt werden können. Die Anzeigebereiche 5200 bis 5203 können auch als Beleuchtungsvorrichtungen verwendet werden.

**[0207]** **Fig. 12A** und **Fig. 12B** stellen ein klappbares, tragbares Informationsendgerät 5150 dar. Das klappbare, tragbare Informationsendgerät 5150 beinhaltet ein Gehäuse 5151, einen Anzeigebereich 5152 und einen Biegeabschnitt 5153. **Fig. 12A** stellt das tragbare Informationsendgerät 5150 dar, das aufgeklappt ist. **Fig. 12B** stellt das tragbare Informationsendgerät 5150 dar, das zusammengeklappt (gefaltet) ist. Trotz seines großen Anzeigebereichs 5152 ist das tragbare Informationsendgerät 5150 kompakt und weist eine hohe Tragbarkeit auf, wenn es zusammengeklappt ist.

**[0208]** Der Anzeigebereich 5152 kann mit dem Biegeabschnitt 5153 zweifach zusammengeklappt werden. Der Biegeabschnitt 5153 beinhaltet ein flexibles Element und eine Vielzahl von Stützelementen. Wenn der Anzeigebereich zusammengeklappt wird, dehnt sich das flexible Element aus und weist der Biegeabschnitt 5153 einen Krümmungsradius von größer als oder gleich 2 mm, vorzugsweise größer als oder gleich 3 mm auf.

**[0209]** Es sei angemerkt, dass der Anzeigebereich 5152 ein Touchscreen (eine Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung) sein kann, der einen Berührungssensor (eine Eingabe-Vorrichtung) beinhaltet. Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigebereich 5152 verwendet werden.

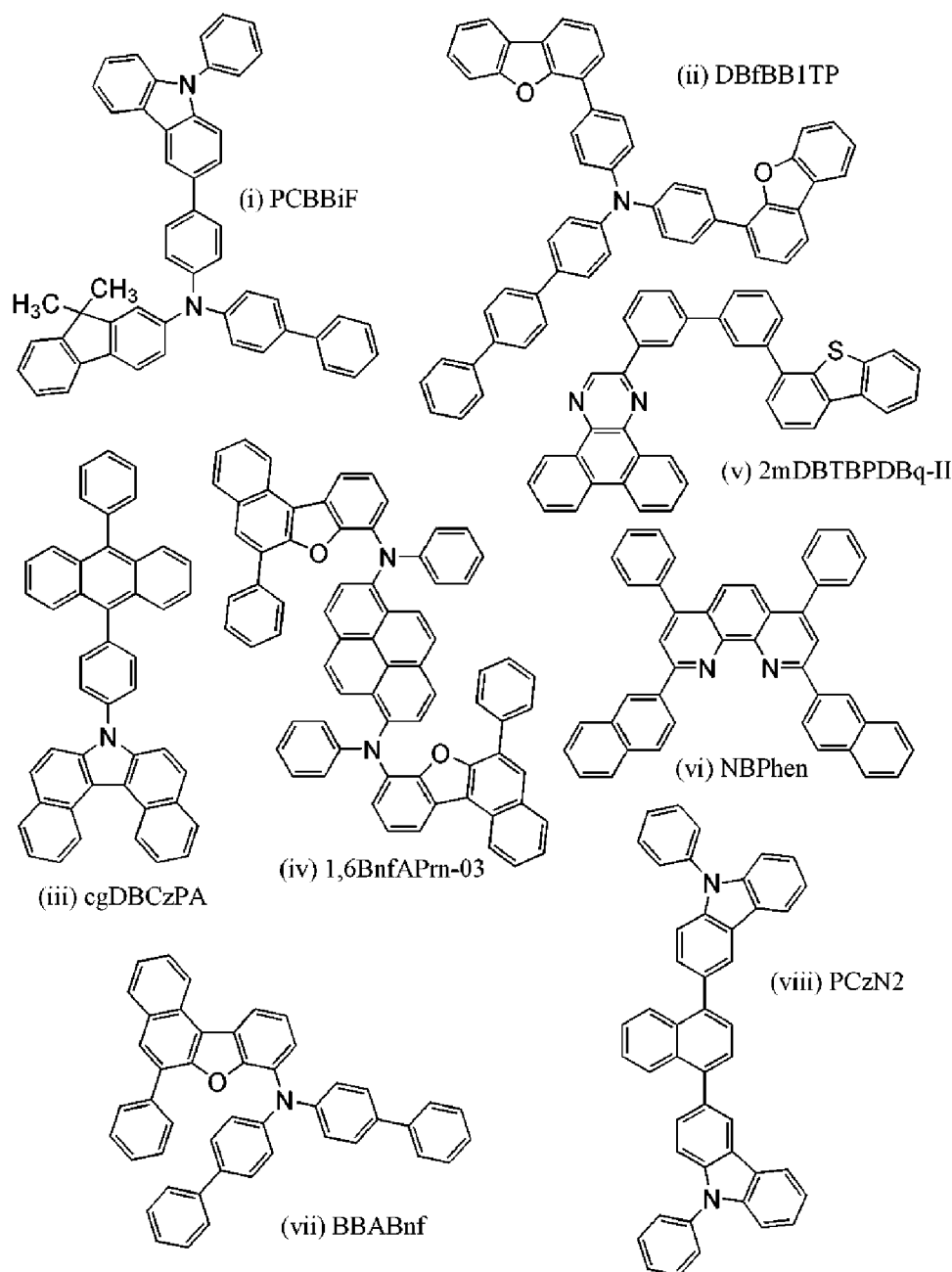
**[0210]** Fig. 13A bis Fig. 13C stellen ein klappbares, tragbares Informationsendgerät 9310 dar. Fig. 13A stellt das tragbare Informationsendgerät 9310 dar, das aufgeklappt ist. Fig. 13B stellt das tragbare Informationsendgerät 9310 während des Aufklappens oder des Zusammenklappens dar. Fig. 13C stellt das tragbare Informationsendgerät 9310 dar, das zusammengeklappt ist. Das tragbare Informationsendgerät 9310 ist im aufgeklappten Zustand aufgrund eines übergangslosen großen Anzeigebereichs sehr gut durchsuchbar.

**[0211]** Ein Anzeigefeld 9311 ist von drei Gehäusen 9315 getragen, die durch Gelenke 9313 miteinander verbunden sind. Es sei angemerkt, dass das Anzeigefeld 9311 ein Touchscreen (eine Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung) sein kann, der einen Berührungssensor (eine Eingabe-Vorrichtung) beinhaltet. Die Form des tragbaren Informationsendgeräts 9310 kann reversibel von dem aufgeklappten Zustand in den zusammengeklappten Zustand verändert werden, indem das Anzeigefeld 9311 an den Gelenken 9313 zwischen zwei Gehäusen 9315 zusammengeklappt wird. Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für das Anzeigefeld 9311 verwendet werden.

[Beispiel 1]

**[0212]** In diesem Beispiel werden Licht emittierende Vorrichtungen 1 bis 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Licht emittierende Vergleichsvorrichtungen 1 und 2 von Vergleichsbeispielen beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und die Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 3]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 1)

**[0213]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0214]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0215]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0216]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), das durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von PCBBiF zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0217]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0218]** Anschließend wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), das durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und N,N'-(Pyren-1,6-diyl)bis[(6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-8-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn-03), das durch die Strukturformel (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6BnfAPrn-03 1: 0,03 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0219]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDQ-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0220]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 1 dieses Beispiels hergestellt.

#### (Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 2)

**[0221]** Die Licht emittierende Vorrichtung 2 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass PCBBiF der Licht emittierenden Vorrichtung 1 durch N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), das durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

#### (Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 3)

**[0222]** Die Licht emittierende Vorrichtung 3 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 2 hergestellt, mit der Ausnahme, dass DBfBB1TP der Licht emittierenden Vorrichtung 2 durch 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

#### (Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1)

**[0223]** Die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass 2mDBTBPDQ-II der Licht emittierenden Vorrichtung 1 durch cgDBCzPA ersetzt wurde.

#### (Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 2)

**[0224]** Die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass DBfBB1TP der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1 durch PCzN2 ersetzt wurde.

**[0225]** Die Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2 werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 1]

	Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjektions-schicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emittierende Vorrichtung 1	PCBBiF: NDP-9 (1:0,1)	PCBBiF	DBfBB1TP	cgDBCzPA: 1, 6BnfAPrn-03 (1:0,03)	2mDBTB-P DBq-II	NBPhen	LiF
Licht emittierende Vorrichtung 2	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	DBfBB1TP				
Licht emittierende Vorrichtung 3			PCzN2				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1	PCBBiF: NDP-9 (1:0,1)	PCBBiF	DBfBB1TP				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2			PCzN2				
					cgDBCzP A		

**[0226]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 2]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
PCBBiF	-5,36	-	-
BBABnf	-5,56	-	-
DBfBB1TP	-5,50	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
cgDBCzPA	-5,69	-2,74	$7,7 \times 10^{-5}$
2mDBTBPDq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0227]** Die Licht emittierenden Vorrichtungen wurden unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtungen umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtungen gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0228]** Fig. 14 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 1 und 2. Fig. 15 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-

Eigenschaften dieser. **Fig. 16** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 17** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 18** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 19** zeigt die Emissionsspektren dieser. Es sei angemerkt, dass die Nummern in Legenden von **Fig. 14** bis **Fig. 20** den Nummern der Licht emittierenden Vorrichtungen entsprechen. Bezüglich der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen wird „Vergleichs-“ vor der Nummer hinzugefügt. Tabelle 3 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 3]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizität x	Chromatizität y	Strom- effizienz (cd/A)	externe Quanten- effizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 1	3,1	0,33	8,3	0,14	0,13	10,2	10,2
Licht emittierende Vorrichtung 2	3,3	0,47	11,7	0,14	0,12	9,5	9,7
Licht emittierende Vorrichtung 3	3,2	0,34	8,4	0,14	0,12	10,7	10,9
Licht emittierende Vergleichsvor- richtung 1	3,0	0,46	11,5	0,14	0,15	10,4	9,3
Licht emittierende Vergleichsvor- richtung 2	3,5	0,40	10,0	0,14	0,13	7,8	7,7

**[0229]** **Fig. 14** bis **Fig. 19** und die Tabelle 3 zeigen, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um blaue Licht emittierende Vorrichtungen mit günstigen Eigenschaften handelt.

**[0230]** **Fig. 20** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in **Fig. 20** gezeigt, wurden bei der Licht emittierenden Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 86 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte nach 300 Stunden gehalten, und bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 2 und 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wurden 90 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, nachdem 300 Stunden vergangen worden waren. Es wurde festgestellt, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 1 bis 3 um Licht emittierende Vorrichtungen mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

**[0231]** Andererseits wiesen die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1 und die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2, welche jeweils cgDBCzPA in der Elektronentransportschicht enthalten, 84 % oder weniger bzw. 80 % oder weniger der anfänglichen Leuchtdichte auf, nachdem 300 Stunden vergangen worden waren. Es sei angemerkt, dass cgDBCzPA ein Material ist, dessen Elektronenbeweglichkeit zu dem Zeitpunkt, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt, hoch ist ( $7,7 \times 10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/Vs). Bei den Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen ist die Elektronenbeweglichkeit in der Elektronentransportschicht in Bezug auf die Lochinjektionsfähigkeit der Lochinjektionsschicht und die Lochtransportfähigkeit der Lochtransportschicht zu hoch, so dass sich ein Licht emittierender Bereich in der Licht emittierenden Schicht verengen und eine Verschlechterung gefördert werden könnte.

**[0232]** Außerdem sind die sechste organische Verbindung und die siebte organische Verbindung der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen jeweils cgDBCzPA, so dass es keine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung gibt. Deshalb werden Elektronen leicht in die Licht emittierende Schicht 113 injiziert, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 mit höherer Wahrscheinlichkeit überschüssige Elektronen aufweist.

**[0233]** Die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2 mit der Elektronentransportschicht mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft weist auch eine Struktur auf, bei der eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau von PCBBiF, das die organische Verbindung ist, die für die erste Lochtransportschicht verwendet

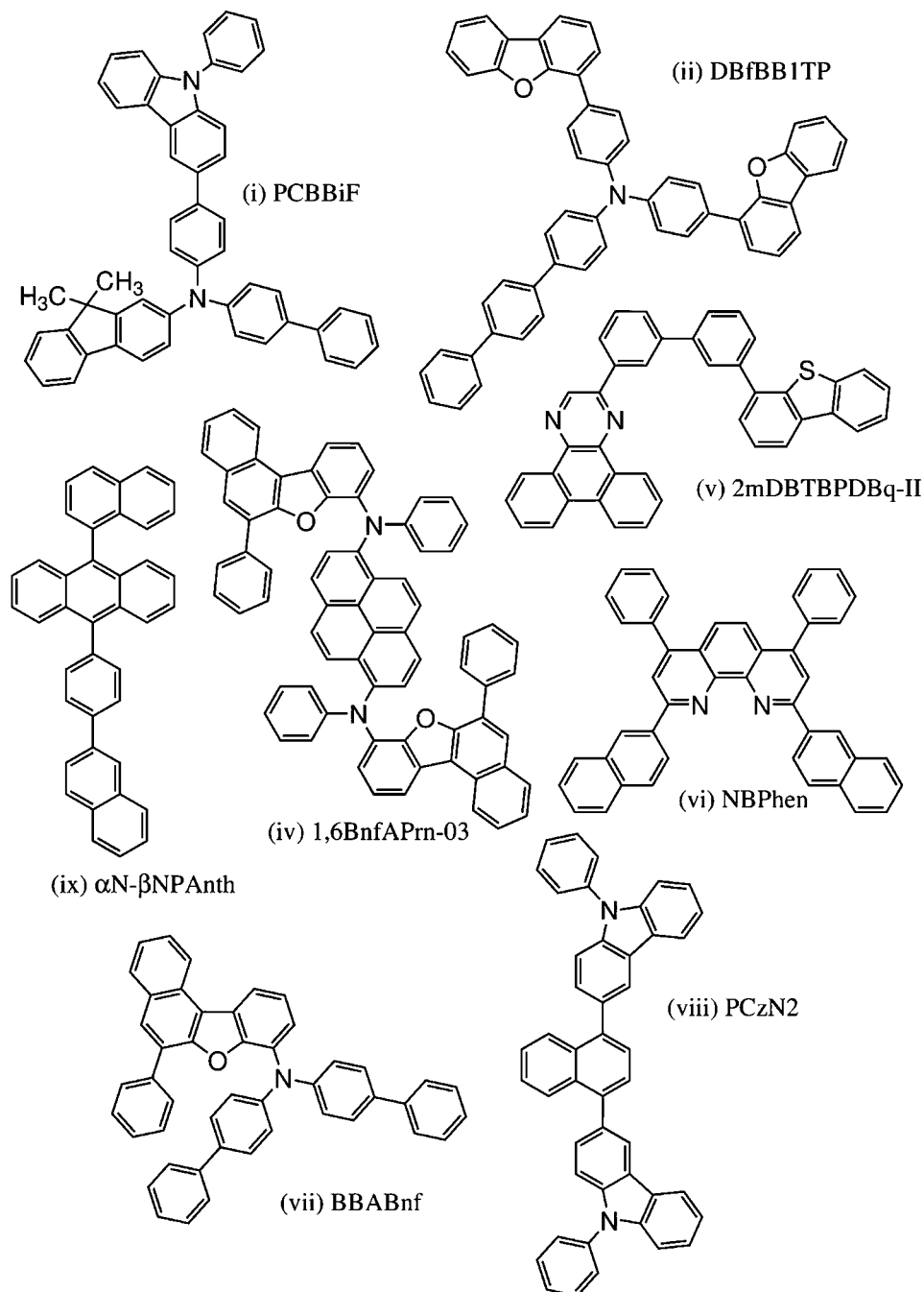


wird, und dem HOMO-Niveau von PCzN2, das die organische Verbindung ist, die für die zweite Lochtransportschicht verwendet wird, 0,36 eV, d. h. über 0,2 V, ist. Demzufolge wird die Lochinjektion von der ersten Lochtransportschicht in die zweite Lochtransportschicht unterdrückt und Löcher und Elektronen sind nicht leicht auszugleichen, so dass unter den Vorrichtungen die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2 die am stärksten verschlechterte Licht emittierende Vorrichtung ist. Ferner sind die Stromeffizienz und die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 2 niedriger als diejenigen der anderen Vorrichtungen, was darauf hindeutet, dass die Anzahl von Elektronen, die ohne Rekombination die Licht emittierende Schicht passieren, aufgrund von überschüssigen Elektronen erhöht wird.

[Beispiel 2]

**[0234]** In diesem Beispiel werden Licht emittierende Vorrichtungen 4 bis 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 3, die eine Licht emittierende Vergleichsvorrichtung ist, beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 3 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 4]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 4)

**[0235]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0236]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0237]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0238]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), das durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von PCBBiF zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0239]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0240]** Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, und N,N'-(Pyren-1,6-diyl)bis[(6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-8-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn-03), das durch die Strukturformel (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth zu 1,6BnfAPrn-03 1: 0,03 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0241]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDQ-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0242]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 4 dieses Beispiels hergestellt.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 5)

**[0243]** Die Licht emittierende Vorrichtung 5 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 4 hergestellt, mit der Ausnahme, dass PCBBiF der Licht emittierenden Vorrichtung 4 durch N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), das durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 6)

**[0244]** Die Licht emittierende Vorrichtung 6 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 5 hergestellt, mit der Ausnahme, dass DBfBB1TP der Licht emittierenden Vorrichtung 5 durch 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3)

**[0245]** Die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 3 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 4 hergestellt, mit der Ausnahme, dass 2mDBTBPDQ-II der Licht emittierenden Vorrichtung 4 durch  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth ersetzt wurde.

**[0246]** Die Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3 werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 4]

	Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransport-schicht		Elektro-neninjekti-onsschicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emit-tierende Vorrich-tung 4	PCBBiF: NDP-9 (10,1)	PCBBiF	DBfBB1TP	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 1, 6BnfAPrn-03 (1:0, 03)	2mDBTB-P DBq-II	NBPhe-n	LiF
Licht emit-tierende Vorrich-tung 5	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	DBfBB1TP				
Licht emit-tierende Vorrich-tung 6			PCzN2				
Licht emit-tierende Ver-gleichsvor-richtung 3	PCBBiF: NDP-9 (1:0,1)	PCBBiF	DBfBB1TP		$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth		

**[0247]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 5]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
PCBBiF	-5,36	-	-
BBABnf	-5,56	-	-
DBfBB1TP	-5,50	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth	-5,85	-2,74	-
2mDBTBPDq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0248]** Die Licht emittierenden Vorrichtungen wurden unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtungen umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtungen gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0249]** Fig. 21 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3. Fig. 22 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 23 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 24 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 25 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 26 zeigt die Emissionsspektren dieser. Es sei angemerkt, dass die Nummern in Legenden von Fig. 16 bis Fig. 27 den Nummern der Licht emittierenden Vorrichtungen entsprechen. Bezüglich der Licht

emittierenden Vergleichsvorrichtung wird „Vergleichs“ vor der Nummer hinzugefügt. Tabelle 6 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 6]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizi- tät x	Chromatizi- tät y	Strom- effizienz (cd/A)	externe Quanteneffi- zienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 4	3,9	0,46	11,4	0,14	0,10	9,3	10,5
Licht emittierende Vorrichtung 5	4,0	0,50	12,4	0,14	0,10	8,3	9,7
Licht emittierende Vorrichtung 6	4,0	0,41	10,2	0,14	0,11	10,0	11,1
Licht emittierende Vergleichsvorrich- tung 3	3,9	0,52	12,9	0,14	0,13	9,5	9,2

**[0250]** Fig. 21 bis Fig. 26 und die Tabelle 6 zeigen, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um blaue Licht emittierende Vorrichtungen mit günstigen Eigenschaften handelt.

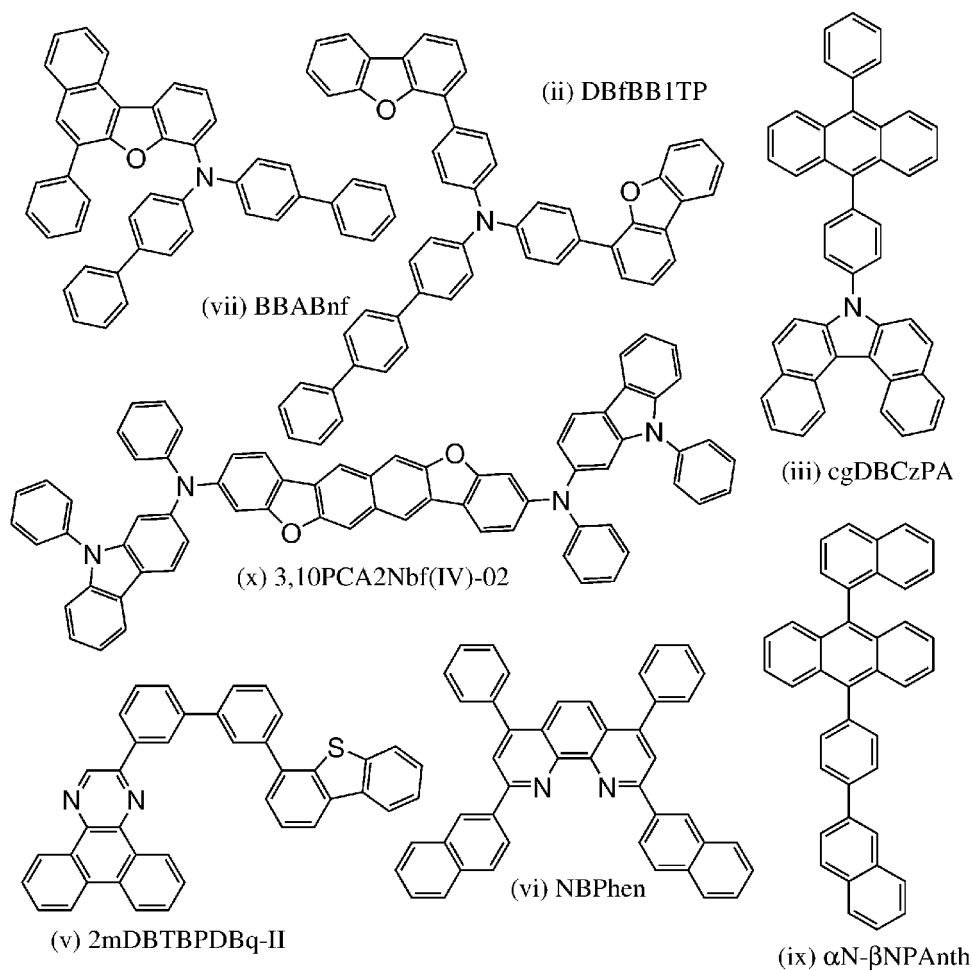
**[0251]** Fig. 27 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 27 gezeigt, wurde bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 4 bis 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ungefähr 94 % der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, selbst nachdem 300 Stunden vergangen worden waren; somit wurde festgestellt, dass es sich dabei um Licht emittierende Vorrichtungen mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

**[0252]** Außerdem sind die sechste organische Verbindung und die siebte organische Verbindung der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3 jeweils  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth, so dass es keine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung gibt. Deshalb weist, da Elektronen leicht in die Licht emittierende Schicht 113 injiziert werden, die Licht emittierende Schicht 113 mit höherer Wahrscheinlichkeit überschüssige Elektronen auf, so dass eine Verschlechterung gefördert werden könnte.

[Beispiel 3]

**[0253]** In diesem Beispiel werden Licht emittierende Vorrichtungen 7 und 8 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 5]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 7)

**[0254]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0255]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0256]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0257]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), das durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0258]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird,

durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0259]** Anschließend wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), das durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0260]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDq-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0261]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 7 dieses Beispiels hergestellt.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 8)

**[0262]** Die Licht emittierende Vorrichtung 8 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 7 hergestellt, mit der Ausnahme, dass cgDBCzPA der Licht emittierenden Vorrichtung 7 durch 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, ersetzt wurde.

**[0263]** Die Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8 werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 7]

	Lochinjektions- schicht	Lochtransport- schicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentrans- portschicht		Elektronen- injektions- schicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emit- tierende Vorrichtung 7	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBAB- nf	DBfBB1T- P	cgDBCzPA: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	2mDBT- B PDBq- II	NBPhen	LiF
Licht emit- tierende Vorrichtung 8				$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)			

**[0264]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 8]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
DBfBB1TP	-5,50	-	-
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth	-5,85	-2,74	-
cgDBCzPA	-5,69	-2,74	$7,7 \times 10^{-5}$
2mDBTBPDBq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0265]** Die Licht emittierenden Vorrichtungen wurden unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtungen umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtungen gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0266]** Fig. 28 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8. Fig. 29 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 30 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 31 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 32 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 33 zeigt die Emissionsspektren dieser. Es sei angemerkt, dass die Nummern in Legenden von Fig. 28 bis Fig. 34 den Nummern der Licht emittierenden Vorrichtungen entsprechen. Tabelle 9 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 9]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanten- effizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 7	3,2	0,39	9,7	0,14	0,13	10,6	10,2
Licht emittierende Vorrichtung 8	3,9	0,42	10,4	0,14	0,11	9,7	10,4

**[0267]** Fig. 28 bis Fig. 33 und die Tabelle 9 zeigen, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um blaue Licht emittierende Vorrichtungen mit günstigen Eigenschaften handelt.

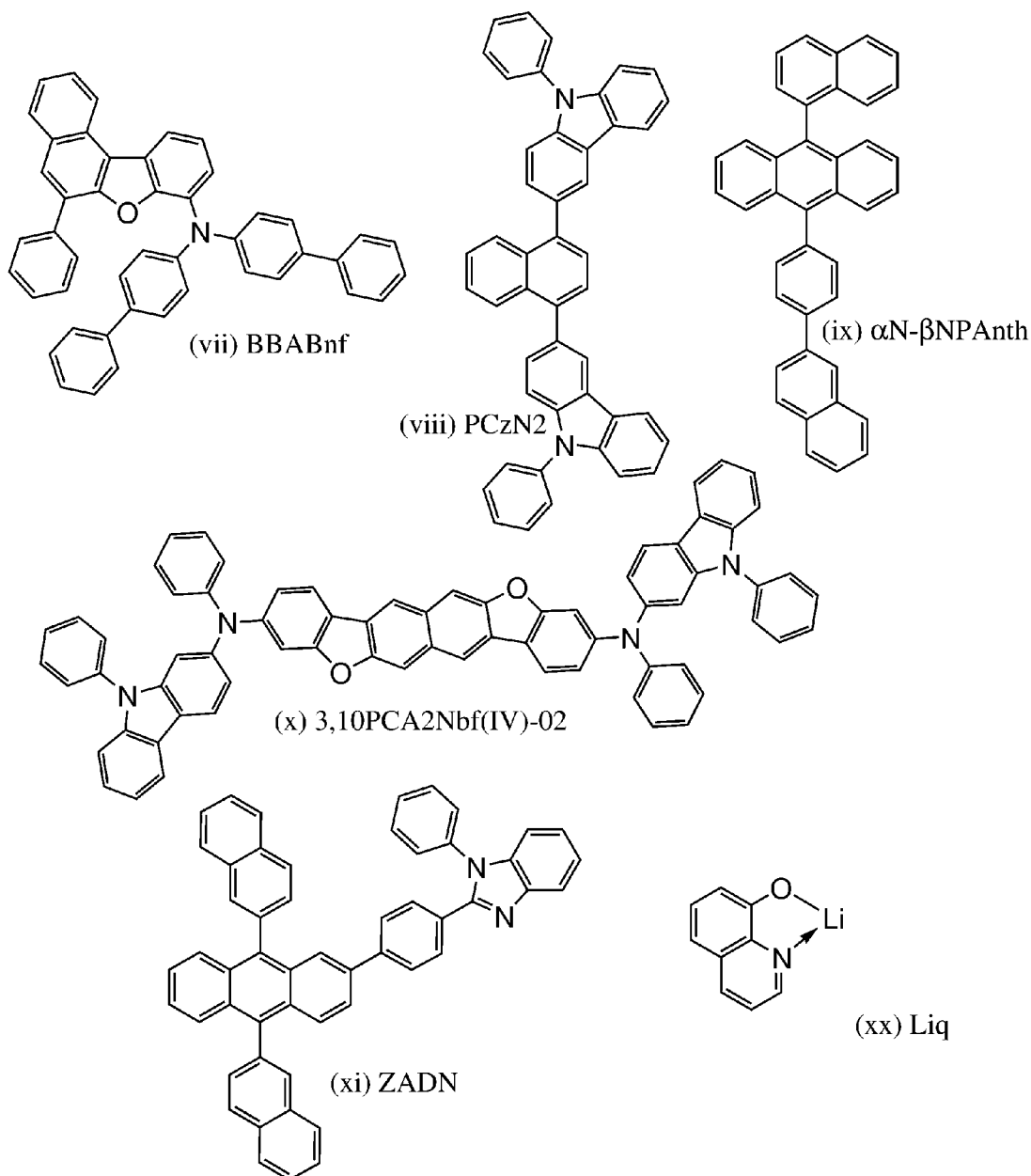
**[0268]** Fig. 34 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 34 gezeigt, wurde bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 7 und 8 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 90 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, selbst nachdem 300 Stunden vergangen waren; somit wurde festgestellt, dass es sich dabei um Licht emittierende Vorrichtungen mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

[Beispiel 4]

**[0269]** In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 9 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.



[Chemische Formel 6]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 9)

**[0270]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm  $\times$  2 mm.

**[0271]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0272]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0273]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode

101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), das durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0274]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0275]** Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, und 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0276]** Danach wurden über der Licht emittierenden Schicht 113 2-{4-[9,10-Di(naphthalen-2-yl)-2-anthryl]phenyl}-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: ZADN), das durch die Strukturformel (xi) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (xx) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:0,9 war, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0277]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 9 dieses Beispiels hergestellt.

**[0278]** Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 9 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 10]

	Lochinjektions-schicht	Lochtransport-schicht		Licht emittierende Schicht	Elektronen-transport-schicht	Elektroneninjektions-schicht
		1	2			
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	25 nm	1 nm
Licht emittierende Vorrichtung 9	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 3, 10PCANbf(IV)-02 (1:0,015)	ZADN:Liq (1:0,9)	Liq

**[0279]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 11]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth	-5,85	-2,74	-

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
ZADN	-	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,5 \times 10^{-6}$

**[0280]** Die Licht emittierende Vorrichtung wurde unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurde (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtung umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung 9 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0281]** Fig. 35 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 9. Fig. 36 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 37 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 38 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 39 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 40 zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 12 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 12]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffi- zienz (cd/A)	externe Quanteneffi- zienz (%)
Licht emittie- rende Vorrich- tung 9	4,2	0,42	10,4	0,14	0,12	10,8	11,1

**[0282]** Fig. 35 bis Fig. 40 und die Tabelle 12 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

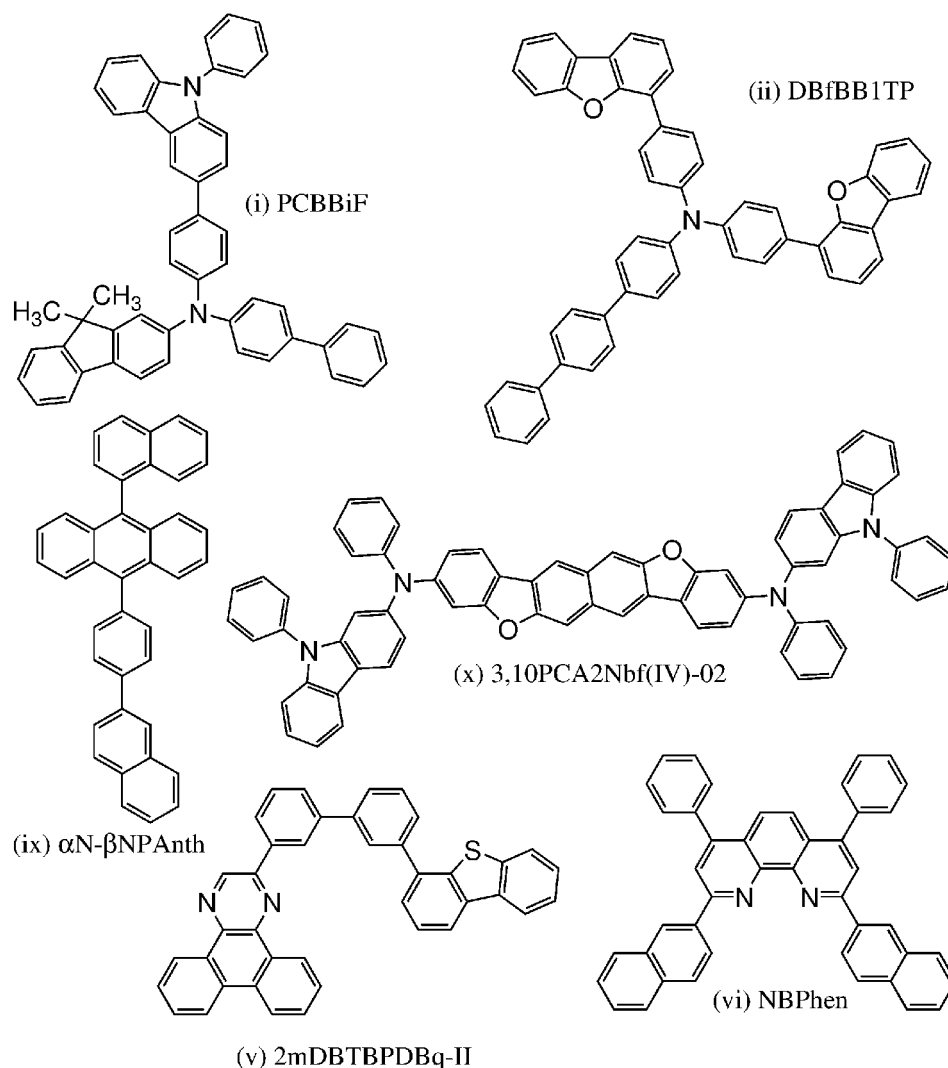
**[0283]** Fig. 41 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 41 gezeigt, wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ungefähr 90 % der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, selbst nachdem 600 Stunden vergangen worden waren; somit wurde festgestellt, dass es sich dabei um eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

**[0284]** Es sei angemerkt, dass die Leuchtdichteabklingkurve der Licht emittierenden Vorrichtung 9 einmal abfällt und dann erhöht wird. Die Licht emittierende Vorrichtung 9, die ein derartiges Verschlechterungsverhalten zeigt, weist eine sehr lange Lebensdauer auf.

[Beispiel 5]

**[0285]** In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 10 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 10 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

## [Chemische Formel 7]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 10)

**[0286]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0287]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0288]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0289]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), das durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von PCBBiF zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0290]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0291]** Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnt), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, und 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnt zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0292]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDq-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0293]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 10 dieses Beispiels hergestellt.

**[0294]** Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 10 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 13]

	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjectionsschicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emittierende Vorrichtung 10	PCBBiF: NDP-9 (1:0,1)	PCB-BiF	DBfBB1-TP	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnt: 3, 10PCA2Nbf (IV)-02 (1:0,015)	2mDBTBPDq-II	NBPhen	LiF

**[0295]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 14]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
PCBBiF	-5,36	-	-
DBfBB1TP	-5,50	-	-
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnt	-5,85	-2,74	-
2mDBTBPDq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0296]** Die Licht emittierende Vorrichtung wurde unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt

wurde (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtung umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung 10 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0297]** Fig. 47 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 10. Fig. 48 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 49 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 50 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 51 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 52 zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 15 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 15]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizi- enz (cd/A)	externe Quantenef- fizienz (%)
Licht emittie- rende Vor- richtung 10	3,9	0,41	10,3	0,14	0,11	10,9	11,7

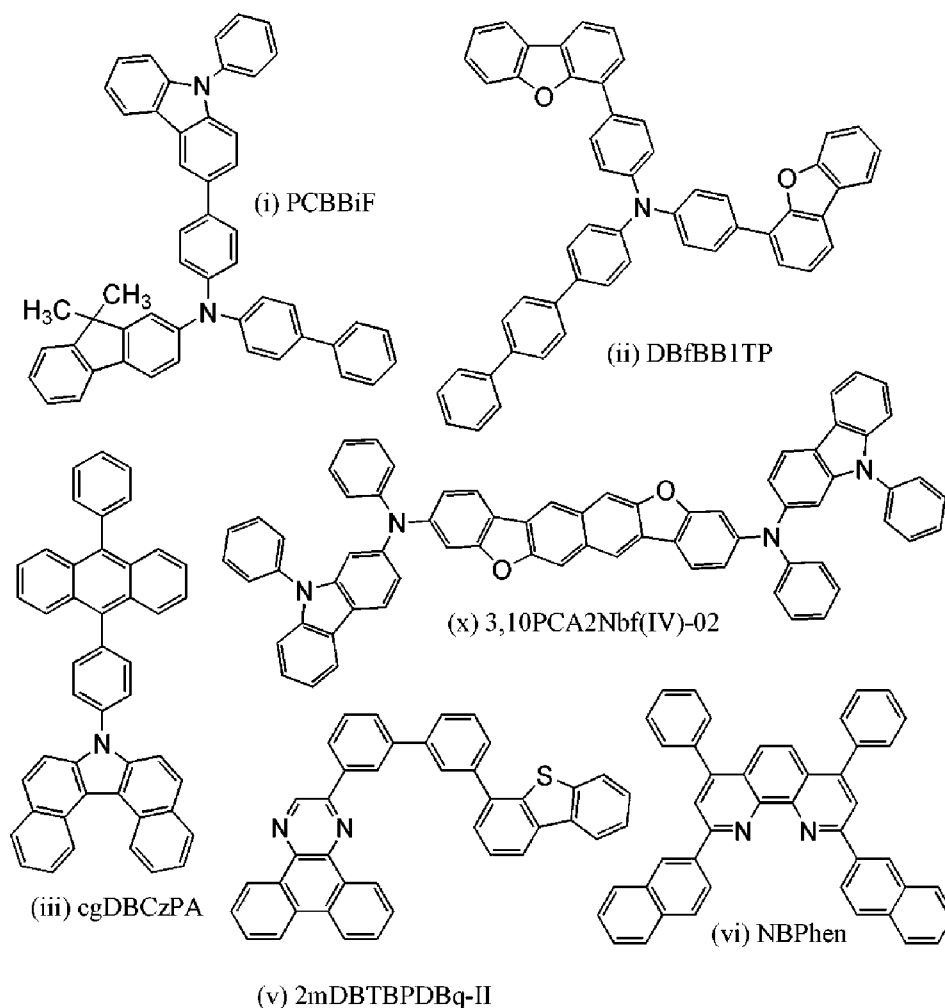
**[0298]** Fig. 47 bis Fig. 52 und die Tabelle 15 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 10 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

**[0299]** Fig. 53 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 53 gezeigt, wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 10 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ungefähr 90 % der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, nachdem 600 Stunden vergangen worden waren; somit wurde festgestellt, dass es sich dabei um eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

[Beispiel 6]

**[0300]** In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 11 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 11 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

## [Chemische Formel 8]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 11)

**[0301]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0302]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0303]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0304]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), das durch die Strukturformel (i) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von PCBBiF zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0305]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 PCBBiF durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0306]** Anschließend wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), das durch die Strukturformel (iii) dargestellt wird, und 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0307]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDq-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0308]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 11 dieses Beispiels hergestellt.

**[0309]** Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 11 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 16]

	Lochinjektions-schicht	Lochtransport-schicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransport-schicht		Elektronen-injektions-schicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emittierende Vorrichtung 11	PCBBiF: NDP-9 (1:0,1)	PCBBiF	DBfBB1TP	cgDBCzPA: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	2mDBTBPDq-II	NBPhen	LiF

**[0310]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 17]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
PCBBiF	-5,36	-	-
DBfBB1TP	-5,50	-	-
cgDBCzPA	-5,69	-2,74	$7,7 \times 10^{-5}$
2mDBTBPDq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0311]** Die Licht emittierende Vorrichtung wurde unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt



wurde (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtung umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung 11 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0312]** Fig. 54 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 11. Fig. 55 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 56 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 57 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 58 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 59 zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 18 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 18]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffi- zienz (cd/A)	externe Quanteneffi- zienz (%)
Licht emittie- rende Vor- richtung 11	3,1	0,29	7,1	0,14	0,14	11,8	11,0

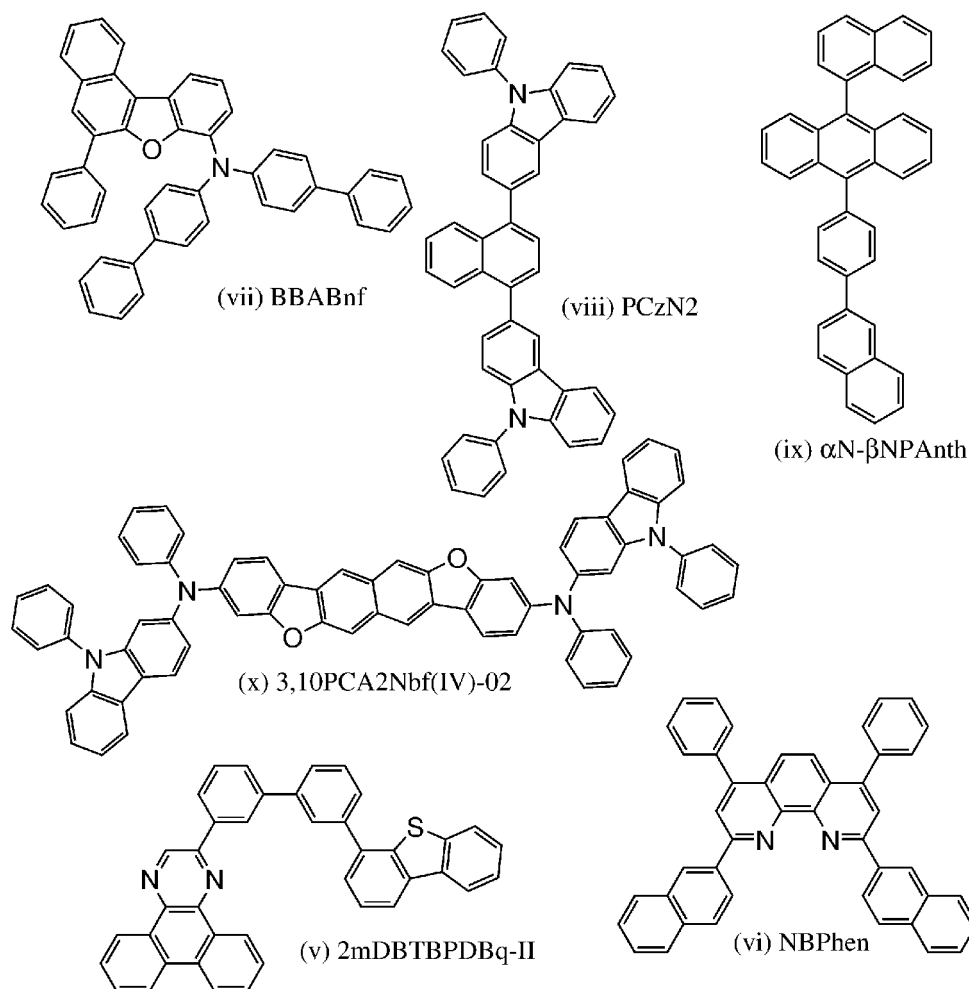
**[0313]** Fig. 54 bis Fig. 59 und die Tabelle 18 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 11 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

**[0314]** Fig. 60 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 60 gezeigt, wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 11 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 80 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, nachdem 600 Stunden vergangen worden waren; somit wurde festgestellt, dass es sich dabei um eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

[Beispiel 7]

**[0315]** In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 12 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 12 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

## [Chemische Formel 9]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 12)

**[0316]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0317]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0318]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0319]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), das durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1 S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0320]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis

(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0321]** Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, und 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0322]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0323]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde LiF durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 12 dieses Beispiels hergestellt.

**[0324]** Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 12 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 19]

	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjectionsschicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emittierende Vorrichtung 12	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBA-Bnf	PCz-N2	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	2mDBTBPDBq-II	NBPhen	LiF

**[0325]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 20]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth	-5,85	-2,74	-
2mDBTBPDBq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0326]** Die Licht emittierende Vorrichtung wurde unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurde (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtung umschließt, und beim Abdich-

ten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung 12 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0327]** Fig. 61 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 12. Fig. 62 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 63 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 64 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 65 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 66 zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 21 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>.

[Tabelle 21]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffi- zienz (cd/A)	externe Quanteneffi- zienz (%)
Licht emittie- rende Vor- richtung 12	3,9	0,35	8,6	0,14	0,11	11,2	12,1

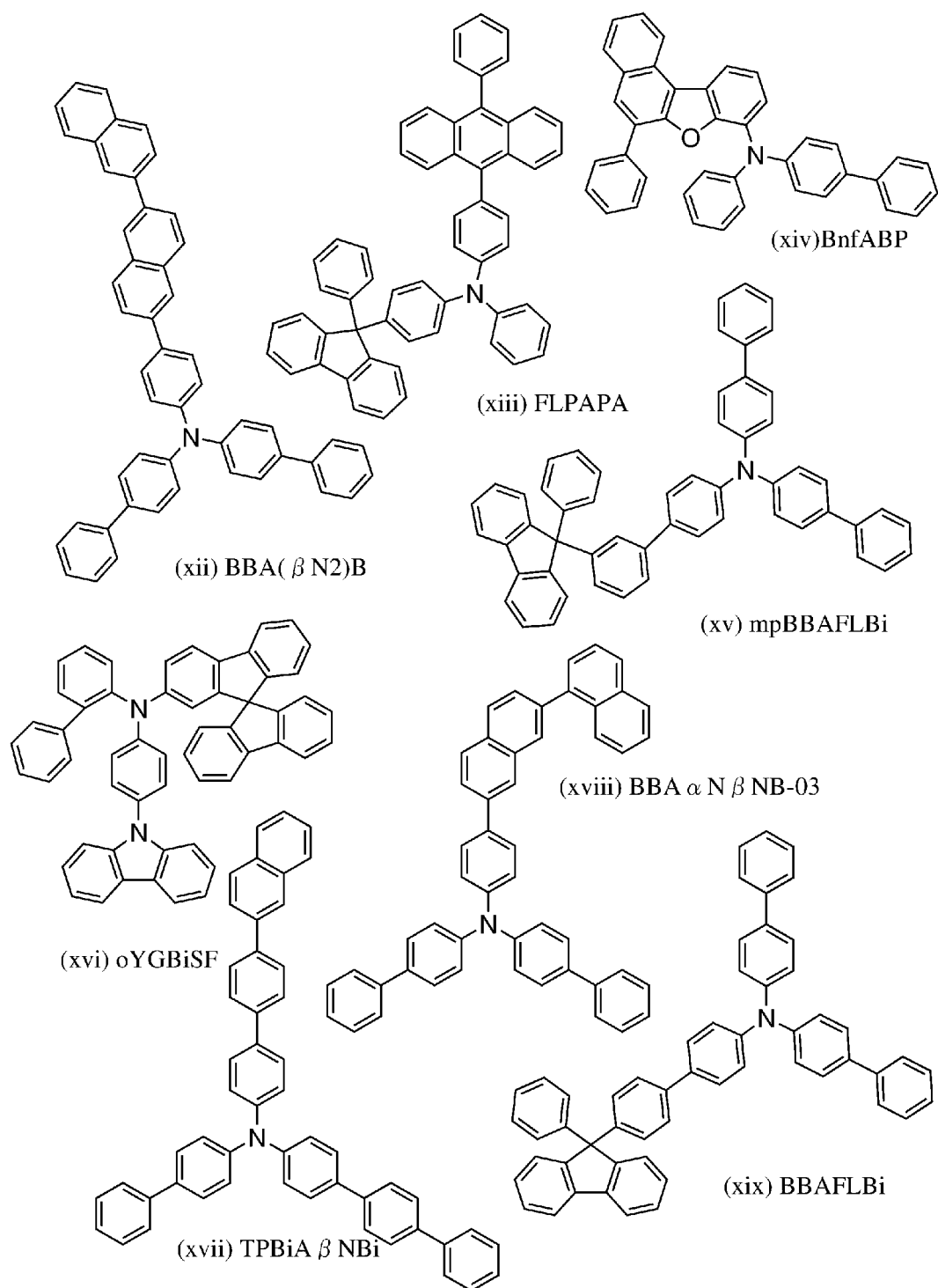
**[0328]** Fig. 61 bis Fig. 66 und die Tabelle 21 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 12 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

**[0329]** Fig. 67 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 67 gezeigt, wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 12 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 90 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, selbst nachdem 600 Stunden vergangen worden waren; somit wurde festgestellt, dass es sich dabei um eine Licht emittierende Vorrichtung mit sehr langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit insbesondere geringfügig verringert.

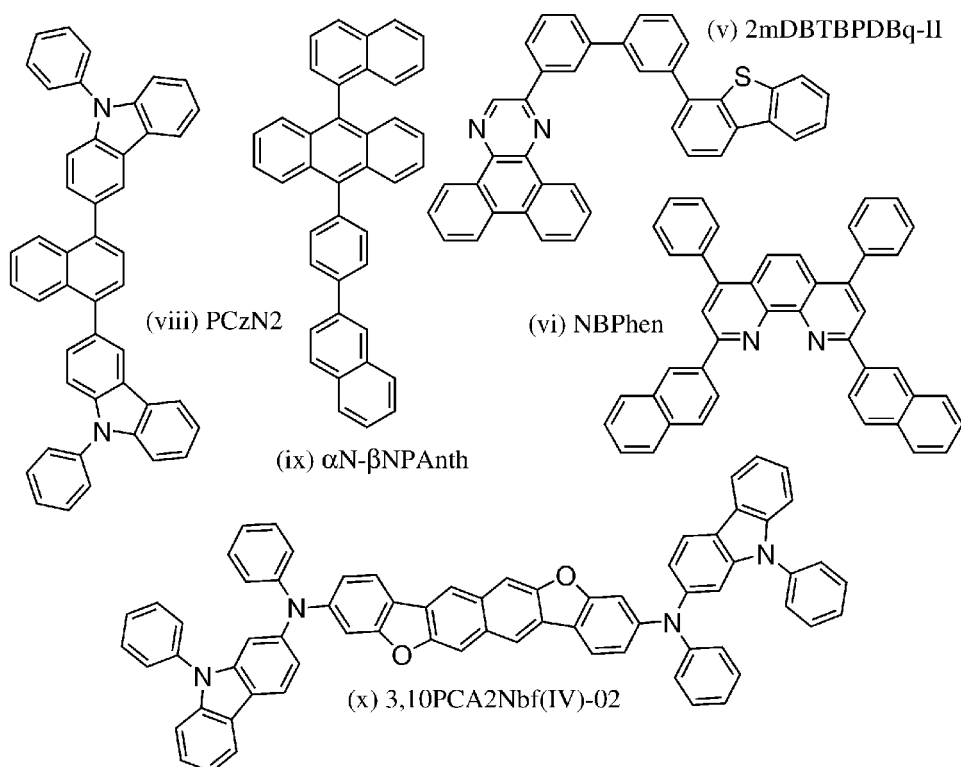
[Beispiel 8]

**[0330]** In diesem Beispiel werden Licht emittierende Vorrichtungen 13 bis 20 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 10]



## [Chemische Formel 11]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 13)

**[0331]** Zuerst wurde Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat abgeschieden, um die Anode 101 auszubilden. Die Dicke der Anode 101 war 70 nm, und die Elektrodenfläche war 2 mm × 2 mm.

**[0332]** Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und 1 Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-OzonBehandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

**[0333]** Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, ein Vakuumbacken wurde 30 Minuten lang bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung durchgeführt, und dann wurde das Substrat ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

**[0334]** Als Nächstes wurde das Substrat, das mit der Anode 101 versehen war, an einem Substrathalter, der in der Vakuumverdampfungseinrichtung bereitgestellt war, derart befestigt, dass die Seite, auf der die Anode 101 ausgebildet war, nach unten gerichtet war. Dann wurden 4-(6;2'-Binaphthyl-2-yl)-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA( $\beta$ N2)B), das durch die Strukturformel (xii) dargestellt wird, und NDP-9 (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20170124) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode 101 derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von BBA( $\beta$ N2)B zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht 111 ausgebildet wurde.

**[0335]** Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht 111 BBA( $\beta$ N2)B durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm als erste Lochtransportschicht 112-1 abgeschieden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm als zweite Lochtransportschicht 112-2 abgeschieden, wodurch die Lochtransportschicht 112 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht 112-2 auch als Elektronenblockierschicht dient.

**[0336]** Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, und 3,10-Bis[N-(9-phenyl-9H-carbazol-2-yl)-N-phenylamino]naphtho[2,3-b;6,7-b']bisbenzofuran (Abkürzung: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht 113 ausgebildet wurde.

**[0337]** Danach wurde über der Licht emittierenden Schicht 113 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDq-II), das durch die Strukturformel (v) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, und dann wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, wodurch die Elektronentransportschicht 114 ausgebildet wurde.

**[0338]** Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht 114 wurde Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht 115 auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode 102 auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 13 dieses Beispiels hergestellt.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 14)

**[0339]** Die Licht emittierende Vorrichtung 14 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: FLPAPA), das durch die Strukturformel (xiii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 15)

**[0340]** Die Licht emittierende Vorrichtung 15 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch N-(4-Biphenyl)-6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BnfABP), das durch die Strukturformel (xiv) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 16)

**[0341]** Die Licht emittierende Vorrichtung 16 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch 4-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: mpBBAFLBi), das durch die Strukturformel (xv) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 17)

**[0342]** Die Licht emittierende Vorrichtung 17 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch N-[4-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-N-(1,1'-biphenyl-2-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: oYGBiSF), das durch die Strukturformel (xvi) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 18)

**[0343]** Die Licht emittierende Vorrichtung 18 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch 4-(4-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiA $\beta$ NBi), das durch die Strukturformel (xvii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 19)

**[0344]** Die Licht emittierende Vorrichtung 19 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch 4,4'-Diphenyl-4''-(7,1'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBA $\alpha$ N $\beta$ NB-03), das durch die Strukturformel (xviii) dargestellt wird, ersetzt wurde.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 20)

**[0345]** Die Licht emittierende Vorrichtung 20 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 13 hergestellt, mit der Ausnahme, dass BBA( $\beta$ N2)B der Licht emittierenden Vorrichtung 13 durch 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAFLBi), das durch die Strukturformel (xix) dargestellt wird, ersetzt wurde.

**[0346]** Die Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20 werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 22]

	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjektionsschicht
		1	2				
	10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
Licht emittierende Vorrichtungen 13 bis 20	*1:NDP-9 (1:0,1)	*1	PCz-N2	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	2mDBTBPDq-II	NBP-hen	LiF
*1 Licht emittierende Vorrichtung 13: BBA( $\beta$ N2)B Licht emittierende Vorrichtung 14: FLPAPA Licht emittierende Vorrichtung 15: BnfABP Licht emittierende Vorrichtung 16: mpBBAFLBi Licht emittierende Vorrichtung 17: oYGBiSF Licht emittierende Vorrichtung 18: TPBiA $\beta$ NBi Licht emittierende Vorrichtung 19: BBA $\alpha$ N $\beta$ NB-03 Licht emittierende Vorrichtung 20: BBAFLBi							

**[0347]** Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenbeweglichkeiten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenbeweglichkeiten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 23]

	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBA( $\beta$ N2)B	-5,47	-	-
FLPAPA	-5,54	-	-
BnfABP	-5,59	-	-
mpBBAFLBi	-5,49	-	-
oYGBiSF	-5,48	-	-
TPBiA $\beta$ NBi	-5,47	-	-
BBA $\alpha$ N $\beta$ NB-03	-5,47	-	-
BBAFLBi	-5,50	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth	-5,85	-2,74	-



	HOMO-Niveau (eV)	LUMO-Niveau (eV)	Elektronenbeweglichkeit (cm <sup>2</sup> /Vs)
2mDBTBPDq-II	-	-2,94	$2,2 \times 10^{-5}$

**[0348]** Die Licht emittierenden Vorrichtungen wurden unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtungen umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung bei 80 °C 1 Stunde lang durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtungen gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

**[0349]** Fig. 68 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20. Fig. 69 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 70 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 71 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. Fig. 72 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. Fig. 73 zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 24 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m<sup>2</sup>. Es sei angemerkt, dass die Nummern von Legenden in Diagrammen den Nummern der Licht emittierenden Vorrichtungen entsprechen.

[Tabelle 24]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Strom- dichte (mA/cm <sup>2</sup> )	Chromatizi- tät x	Chromatizi- tät y	Stromeffi- zienz (cd/A)	externe Quanten- effizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 13	4,0	0,24	6,0	0,14	0,13	11,9	11,6
Licht emittierende Vorrichtung 14	3,9	0,29	7,3	0,14	0,13	11,8	11,8
Licht emittierende Vorrichtung 15	4,4	0,33	8,3	0,14	0,10	10,8	12,3
Licht emittierende Vorrichtung 16	3,9	0,36	9,0	0,14	0,11	11,4	12,5
Licht emittierende Vorrichtung 17	3,9	0,33	8,2	0,14	0,10	12,2	13,8
Licht emittierende Vorrichtung 18	4,0	0,37	9,2	0,14	0,13	12,0	12,0
Licht emittierende Vorrichtung 19	3,9	0,35	8,7	0,14	0,11	11,2	12,3
Licht emittierende Vorrichtung 20	3,9	0,29	7,3	0,14	0,12	12,1	12,5

**[0350]** Fig. 68 bis Fig. 73 und die Tabelle 24 zeigen, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um blaue Licht emittierende Vorrichtungen mit günstigen Eigenschaften handelt.

**[0351]** Fig. 74 ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei der Stromdichte von 50 mA/cm<sup>2</sup> zeigt. Wie in Fig. 74 gezeigt, wurde bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 90 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte nach 300 Stunden gehalten. Insbesondere wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 14 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 95 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, nachdem 300 Stunden vergangen worden waren. Es wurde festgestellt, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 13 bis 20 um Licht emittierende Vorrichtungen mit langer Lebensdauer handelt, deren Leuchtdichte sich über die Betriebszeit geringfügig verringert.

## &lt;Referenzbeispiel 1&gt;

**[0352]** In diesem Referenzbeispiel werden Verfahren zur Berechnung der HOMO-Niveaus, der LUMO-Niveaus und der Elektronenbeweglichkeiten der in den Beispielen verwendeten organischen Verbindungen beschrieben.

**[0353]** Das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau können durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet werden.

**[0354]** Ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Messeinrichtung verwendet. Eine Lösung für die CV-Messung wurde auf die folgende Weise hergestellt: Tetra-n-butylammoniumperchlorat ( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ , hergestellt von Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., Katalognr. T0836) als Trägerelektrolyt wurde in wasserfreiem Dimethylformamid (DMF, hergestellt von Sigma-Aldrich Co. LLC., 99,8 %, Katalognr. 22705-6) als Lösungsmittel bei einer Konzentration von 100 mmol/l aufgelöst, und das zu messende Objekt wurde bei einer Konzentration von 2 mmol/l darin aufgelöst. Eine Platinelektrode (PTE-Platinelektrode, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Arbeitselektrode verwendet, eine weitere Platinelektrode (Pt-Gegenelektrode für VC-3 (5 cm), hergestellt von BAS Inc.) wurde als Hilfselektrode verwendet, und eine Ag/Ag<sup>+</sup>-Elektrode (RE7-Referenzelektrode für ein nichtwässriges Lösungsmittel, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Referenzelektrode verwendet. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (20 °C bis 25 °C) durchgeführt wurde. Zusätzlich wurde die Abtastgeschwindigkeit bei der CV-Messung auf 0,1 V/s eingestellt, und ein Oxidationspotential  $E_a$  [V] und ein Reduktionspotential  $E_c$  [V] in Bezug auf die Referenzelektrode wurden gemessen. Das Potential  $E_a$  ist ein Zwischenpotential einer Oxidations-Reduktions-Welle und das Potential  $E_c$  ist ein Zwischenpotential einer Reduktions-Oxidations-Welle. Da hier die Potentialenergie der Referenzelektrode, die in diesem Beispiel verwendet wird, in Bezug auf das Vakuumniveau bekanntermaßen -4,94 [eV] ist, können das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau durch die folgenden Formeln berechnet werden: HOMO-Niveau [eV] = -4,94 -  $E_a$  und LUMO-Niveau [eV] = -4,94 -  $E_c$ .

**[0355]** Die Elektronenbeweglichkeit kann mit einer Impedanzspektroskopie (IS) gemessen werden.

**[0356]** Als Verfahren zur Messung der Ladungsträgerbeweglichkeit eines EL-Materials ist seit langem ein Flugzeit- (time-of-flight, TOF-) Verfahren, ein Verfahren, das I-V-Eigenschaften eines raumladungsbegrenzten Stroms (space-charge-limited current, SCLC) verwendet, oder dergleichen bekannt. Das TOF-Verfahren benötigt eine Probe mit einer viel größeren Dicke als diejenige eines tatsächlichen organischen EL-Elements. Das SCLC-Verfahren hat den Nachteil, dass z. B. eine Abhängigkeit der Ladungsträgerbeweglichkeit von der elektrischen Feldstärke nicht erzielt werden kann. Da ein organischer Film, der für die Messung mit dem IS-Verfahren benötigt wird, dünn ist (ungefähr einige zehn Nanometer), kann der organische Film aus einer relativ kleinen Menge von EL-Materialien ausgebildet werden, wodurch die Beweglichkeit mit einer Dicke nahe der Dicke eines Films in einem tatsächlichen EL-Element gemessen werden kann. Bei diesem Verfahren kann auch die Abhängigkeit der Ladungsträgerbeweglichkeit von der elektrischen Feldstärke gemessen werden.

**[0357]** Bei dem IS-Verfahren wird ein mikrosinusförmiges Spannungssignal ( $V = V_o[\exp(j\omega t)]$ ) an ein EL-Element angelegt, und die Impedanz des EL-Elements wird aus einer Phasendifferenz zwischen der Stromamplitude eines Ansprechstromsignals ( $I = I_o \exp[j(\omega t + \phi)]$ ) und dem Eingangssignal erhalten. Durch Anlegen der Spannung an das EL-Element, während ihre Frequenz von einem hohen Pegel auf einen niedrigen Pegel geändert wird, können Komponenten mit verschiedenen Relaxationszeiten, die zur Impedanz beitragen, getrennt und gemessen werden.

**[0358]** Hier kann die Admittanz  $Y$  ( $= 1/Z$ ), die die reziproke Zahl der Impedanz ist, durch den Leitwert  $G$  und die Suszeptanz  $B$  wie in der folgenden Formel (1) dargestellt werden.

[Formel 1]

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB \quad (1)$$

**[0359]** Darüber hinaus kann mit einem einzigen Injektionsmodell die Berechnung der folgenden Formeln (2) und (3) durchgeführt werden. Dabei ist  $g$  in der Formel (4) der differentielle Leitwert. In der Formel steht  $C$  für die Kapazität,  $\theta$  steht für einen Durchgangswinkel ( $\omega t$ ),  $\omega$  steht für die Kreisfrequenz und  $t$  steht für die Durchgangszeit. Für die Analyse werden die Stromgleichung, die Poisson-Gleichung und die Stromkontinuitätsglei-

chung verwendet, und ein Diffusionsstrom und ein Einfangzustand werden ignoriert.

[Formel 2]

$$G = \frac{g\theta^3}{6} \frac{\theta - \sin \theta}{(\theta - \sin \theta)^2 + \left(\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1\right)^2} \quad (2)$$

$$B = \omega C = \frac{g\theta^3}{6} \frac{\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1}{(\theta - \sin \theta)^2 + \left(\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1\right)^2} \quad (3)$$

$$g = \frac{9}{4} \varepsilon \mu \frac{V_0}{d^3} \quad (4)$$

**[0360]** Ein Verfahren zur Berechnung der Ladungsträgerbeweglichkeit aus den Frequenzeigenschaften der Kapazität ist ein  $-\Delta B$ -Verfahren. Ein Verfahren zur Berechnung der Ladungsträgerbeweglichkeit aus den Frequenzeigenschaften des Leitwerts ist ein  $\omega \Delta G$ -Verfahren.

**[0361]** In der Praxis wird zuerst ein Nur-Elektronen-Element unter Verwendung eines Materials hergestellt, dessen Elektronenbeweglichkeit berechnet werden soll. Das Nur-Elektronen-Element ist derart konstruiert, dass darin nur Elektronen als Ladungsträger fließen. In dieser Beschreibung wird ein Verfahren zur Berechnung der Elektronenbeweglichkeit aus den Frequenzeigenschaften der Kapazität (das  $-\Delta B$ -Verfahren) beschrieben. **Fig. 42** ist ein schematisches Diagramm eines Nur-Elektronen-Elements, das für die Messung verwendet wurde.

**[0362]** Wie in **Fig. 42** dargestellt, beinhaltet das in diesem Beispiel für die Messung hergestellte Nur-Elektronen-Element eine erste Schicht 210, eine zweite Schicht 211 und eine dritte Schicht 212 zwischen einer Anode 201 und einer Kathode 202. Das Material, dessen Elektronenbeweglichkeit erhalten werden soll, wird als Material für die zweite Schicht 211 verwendet. Zur Erläuterung wird ein Beispiel gegeben, in dem die Elektronenbeweglichkeit eines Films gemessen wird, der durch Co-Verdampfung von ZADN und Liq in einem Gewichtsverhältnis von 1:1 ausgebildet wird. Ein spezifisches Strukturbeispiel wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 25]

Anode			Erste Schicht	Zweite Schicht	Dritte Schicht	Kathode
100 nm	50 nm	100 nm	1 nm	200 nm	1 nm	100 nm
APC	NITO	Al	Liq	ZADN:Liq (1:1)	Liq	Al

**[0363]** **Fig. 43** zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften des Nur-Elektronen-Elements, bei dem der durch Co-Verdampfung von ZADN und Liq ausgebildete Film als zweite Schicht 211 verwendet wird.

**[0364]** Die Impedanz wurde unter den Bedingungen gemessen, dass die Frequenz 1 Hz bis 3 MHz betrug, die Wechselspannung 70 mV betrug und die angelegte Gleichspannung 5,0 V bis 9,0 V betrug. Hier wird die Kapazität aus der Admittanz berechnet, die der Kehrwert der erhaltenen Impedanz ist (die vorstehende Formel (1)). **Fig. 44** zeigt die Frequenzeigenschaften der berechneten Kapazität C bei einer angelegten Spannung von 7,0 V.

**[0365]** Die Frequenzeigenschaften der Kapazität C ergeben sich aus einer Phasendifferenz des Stroms, die erzeugt wird, da eine Raumladung, die durch Ladungsträger erzeugt wird, die durch das Mikrospannungssignal injiziert werden, der Mikro-Wechselspannung nicht vollständig folgen kann. Die Durchgangszeit (Laufzeit) der injizierten Ladungsträger in dem Film wird durch die Zeit T definiert, bis die Ladungsträger eine Gegenelektrode erreichen, und wird durch die folgende Formel (5) dargestellt.

[Formel 3]

$$T = \frac{4}{3} \frac{L^2}{\mu V_0} \quad (5)$$

**[0366]** Eine Änderung einer negativen Suszeptanz ( $-\Delta B$ ) entspricht einem Wert ( $-\omega\Delta C$ ), der durch Multiplikation einer Änderung einer Kapazität  $-\Delta C$  mit einer Kreisfrequenz  $\omega$  erhalten wird. Die Formel (3) zeigt, dass es eine Beziehung zwischen der Peakfrequenz auf der Seite der niedrigsten Frequenz  $f_{\max}$  ( $= \omega_{\max}/2\pi$ ) und der Durchgangszeit  $T$  besteht, wie in der folgenden Formel (6) gezeigt.

[Formel 4]

$$T = \frac{4.5}{2\pi f_{\max}} \quad (6)$$

**[0367]** Fig. 45 zeigt die aus der vorstehenden Messung berechneten Frequenzeigenschaften von  $-\Delta B$  (d. h.  $-\Delta B$  bei der Gleichspannung von 7,0 V). Die Peakfrequenz auf der Seite der niedrigsten Frequenz  $f_{\max}$  wird in Fig. 45 durch einen Pfeil gekennzeichnet.

**[0368]** Die Durchgangszeit  $T$  ergibt sich aus  $f_{\max}$ , die aus der vorstehenden Messung und Analyse erhalten wird (siehe die vorstehende Formel (6)); so kann in diesem Beispiel die Elektronenbeweglichkeit bei der Gleichspannung von 7,0 V aus der vorstehenden Formel (5) erhalten werden. Indem die vorstehende Messung durchgeführt wird, während die Gleichspannung von 5,0 V auf 9,0 V geändert wird, kann die Elektronenbeweglichkeit bei jeder Spannung (elektrischer Feldstärke) berechnet werden, so dass auch die Abhängigkeit der Beweglichkeit von der elektrischen Feldstärke gemessen werden kann.

**[0369]** Fig. 46 zeigt die endgültige Abhängigkeit der Elektronenbeweglichkeit von der elektrischen Feldstärke der organischen Verbindungen, die mit dem vorstehenden Berechnungsverfahren erhalten wurde, und Tabelle 26 zeigt die Werte der Elektronenbeweglichkeit in dem Fall, in dem die Quadratwurzel der aus Fig. 46 abgelesenen elektrischen Feldstärke  $[V/cm]^{1/2}$  war.

[Tabelle 26]

	Elektronenbeweglichkeit ( $cm^2/Vs$ )
cgDBCzPA	$7,7 \times 10^{-5}$
2mDBTBPDq-II	$2,2 \times 10^{-5}$
ZADN:Liq (1:1)	$3,5 \times 10^{-6}$

**[0370]** Die Elektronenbeweglichkeit kann wie vorstehend beschrieben berechnet werden. Bezüglich der Details über das Messverfahren kann auf die folgende Referenz Bezug genommen werden: T. Okachi et al., Japanese Journal of Applied Physics, Bd. 47, Nr. 12, S. 8965-8972, 2008.

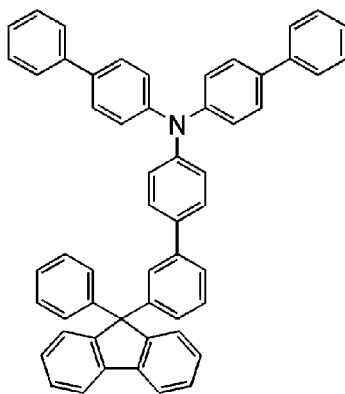
## &lt;Referenzbeispiel 2&gt;

**[0371]** In diesem Referenzbeispiel werden Syntheseverfahren der in den Beispielen verwendeten organischen Verbindungen beschrieben.

<<Synthesebeispiel 1: Syntheseverfahren von 4-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: mpBBAFLBi)>>

**[0372]** Die Strukturformel von mpBBAFLBi wird nachstehend gezeigt.

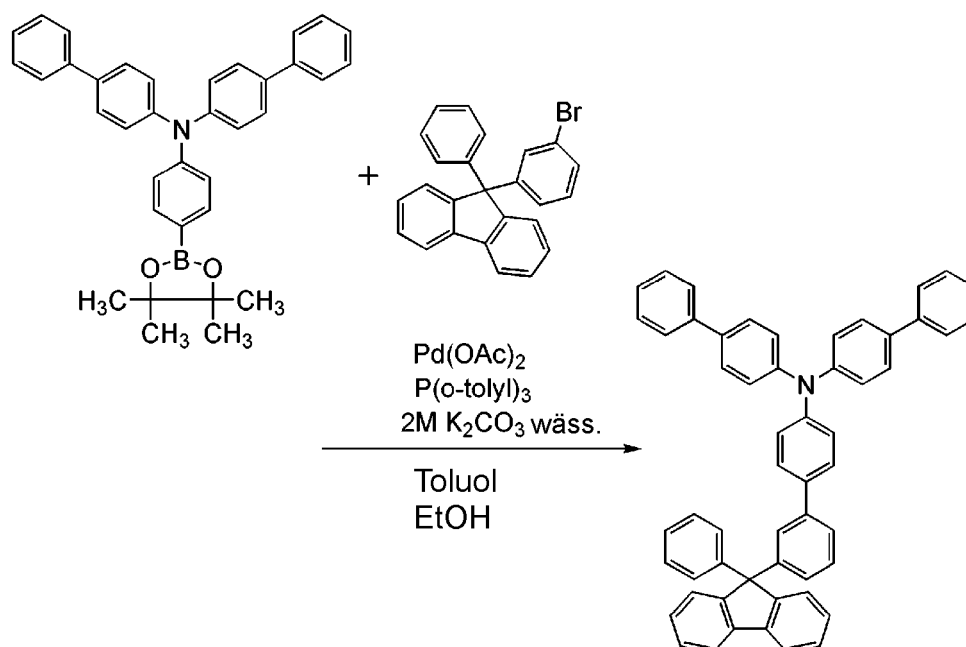
[Chemische Formel 12]



**[0373]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 2,0 g (5,0 mmol) 9-(3-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-fluoren, 2,6 g (5,0 mmol) 2-{4-[Di(4-biphenyl)amino]phenyl}-4,4,5,5-tetramethyl-1,3,2-dioxaborolan, 30 mg (0,10 mmol) Tri (ortho-tolyl)phosphin und 2,8 g (20 mmol) Kaliumcarbonat gegeben, und die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Der Mischung wurden 15 ml Toluol, 10 ml Ethanol und 10 ml Wasser hinzugefügt, und die Mischung wurde unter Rühren entgast, während der Druck verringert wurde. Dieser Mischung wurden 11 mg (0,050 mmol) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und ein Rühren wurde 2 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 80 °C durchgeführt.

**[0374]** Danach wurde die Mischung einer Saugfiltration unterzogen, wodurch ein Feststoff gesammelt wurde. Der Feststoff wurde in erwärmtem Toluol aufgelöst, und diese Mischung wurde einer Saugfiltration durch Celite, Aluminiumoxid und Florisil unterzogen. Der Feststoff, der durch Konzentrieren des Filtrats erhalten wurde, wurde mit Toluol umkristallisiert, so dass 2,7 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 74 % erhalten wurden. Das Syntheschema des vorstehenden Syntheseverfahrens wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 13]



**[0375]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 2,6 g des erhaltenen weißen Feststoffs gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der weiße Feststoff unter einem Druck von 3,5 Pa bei einer Durchflussrate von Argon von 5,0 ml/min bei 280 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 2,3 g eines blassgelben Feststoffs mit einer Sammelquote von 88 % erhalten.

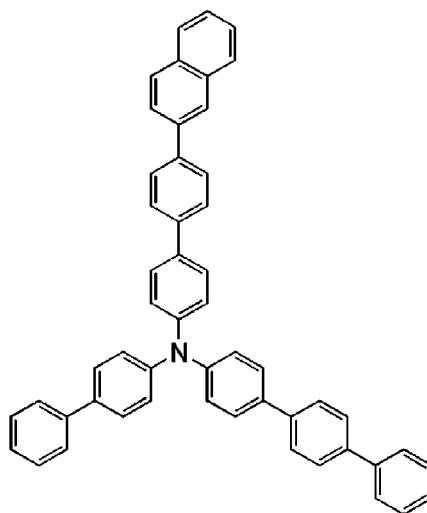
**[0376]** Analyseergebnisse durch Kernspinresonanz- ( $^1\text{H}$ -NMR-) Spektroskopie des erhaltenen blassgelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass mpBBAFLBi erhalten wurde.

$^1\text{H}$ -NMR (DMSO, 300 MHz):  $\delta$  = 7,06-7,49 (m, 29H), 7,59-7,64 (m, 8H), 7,90 (d,  $J$  = 7,8 Hz, 2H)

<<Synthesebeispiel 2: Syntheseverfahren von 4-(4-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4''-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiAßNBi)>>

**[0377]** Die Strukturformel von TPBiAßNBi wird nachstehend gezeigt.

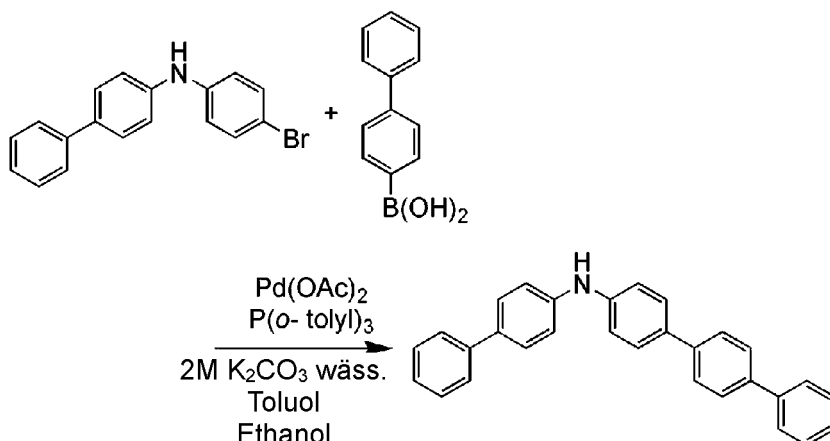
[Chemische Formel 14]



<Schritt 1: Synthese von N-(1,1'-Biphenyl)-4-yl-(1,1':4',1''-terphenyl)-4-4-amin>

**[0378]** In einen 200 ml Dreihalskolben, der mit einem Rücklaufrohr ausgestattet war, wurden 2,4 g (7,4 mmol) N-(4-Bromphenyl)-4-biphenylamin, 1,5 g (7,4 mmol) 4-Biphenylboronsäure, 47 mg (0,15 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 7 ml (2,0 mol/l) einer wässrigen Kaliumcarbonatlösung, 60 ml Toluol und 20 ml Ethanol gegeben, die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast, und dann wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt. Der erhaltenen Mischung wurden dann 16 mg (74  $\mu\text{mol}$ ) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und die Mischung wurde 3 Stunden lang refluxiert. Nach dem Rühren wurde der ausgefällte Feststoff durch Saugfiltration gesammelt und mit Toluol, Ethanol und Wasser gewaschen, so dass 2,94 g eines grauen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 99 % oder höher erhalten wurden. Das Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend gezeigt.

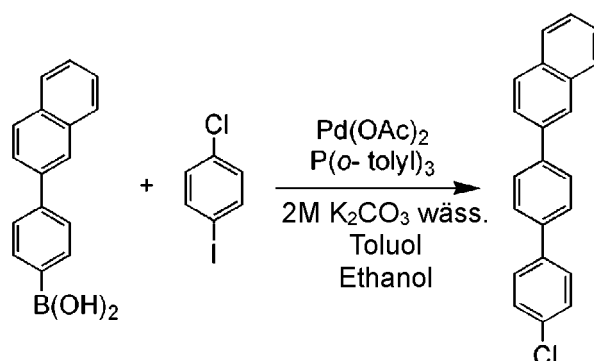
[Chemische Formel 15]



## &lt;Schritt 2: Synthese von 2-(4-Chlor-biphenyl-4-yl)naphthalen&gt;

**[0379]** In einen 200 ml Dreihalskolben, der mit einem Rücklaufrohr ausgestattet war, wurden 2,4 g (10 mmol) 1-Chlor-4-iodbenzol, 2,5 g (10 mmol) 4-(2-Naphthyl)phenylboronsäure, 61 mg (0,20 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 20 ml (2,0 mol/l) einer wässrigen Kaliumcarbonatlösung, 70 ml Toluol und 30 ml Ethanol gegeben, die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast, und dann wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt. Die Mischung wurde bei 60 °C erwärmt, und dann wurden 22 mg (0,10 mmol) Palladium(II)-acetat dazu hinzugefügt. Die Mischung wurde zur Reaktion gebracht, indem sie 3 Stunden lang bei 50 °C gerührt wurde. Nach dem Rühren wurde der ausgefällte Feststoff durch Saugfiltration gesammelt und mit Toluol, Wasser und Ethanol gewaschen, so dass 2,7 g eines braunen Feststoffs in einer Ausbeute von 86 % erhalten wurden. Das Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend gezeigt.

## [Chemische Formel 16]

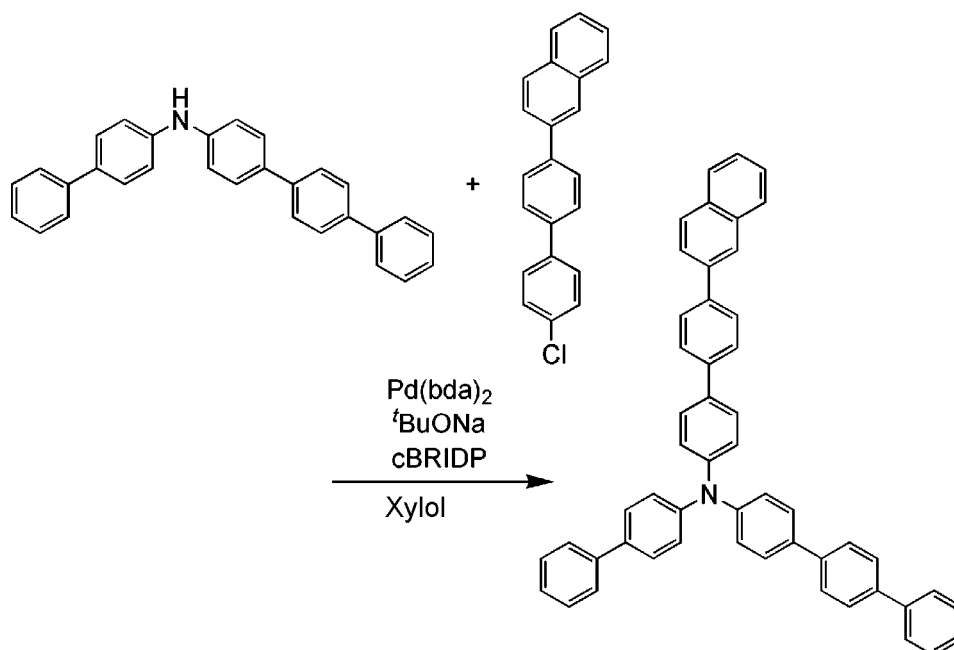


**[0380]** Analyseergebnisse durch  $^1\text{H}$ -NMR-Spektroskopie des erhaltenen braunen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 2-(4-Chlorbiphenyl-4-yl)naphthalen erhalten wurde.  $^1\text{H}$ -NMR (Dichlormethan- $\text{d}_2$ , 500 MHz):  $\delta$  = 8,13 (s, 1H), 7,96 (d,  $J$  = 9,5 Hz, 1H), 7,94 (d,  $J$  = 9,5 Hz, 1H), 7,89 (d,  $J$  = 7,0 Hz, 1H), 7,85-7,81 (m, 3H), 7,72 (d,  $J$  = 8,0 Hz, 2H), 7,64 (d,  $J$  = 8,5 Hz, 2H), 7,55-7,49 (m, 2H), 7,46 (d,  $J$  = 8,0 Hz, 2H)

## &lt;Schritt 3: Synthese von 4-(4-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4''phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiAßNbi)&gt;

**[0381]** In einen 200 ml Dreihalskolben, der mit einem Rücklaufrohr ausgestattet war, wurden 2,94 g (7,4 mmol) N-(1,1'-Biphenyl)-4-yl-(1,1':4',1''-terphenyl)-4-amin, das in dem Schritt 1 erhalten worden war, 2,32 g (7,4 mmol) 2-(4-Chlor-biphenyl-4-yl)naphthalen, das in dem Schritt 2 erhalten worden war, 52 mg (0,15 mmol) Di-tert-butyl(1-methyl-2,2-diphenylcyclopropyl)phosphin (Produktname: cBRIDP (eingetragenes Markenzeichen)), 1,4 g (15 mmol) Natrium-tert-butoxid und 140 ml Xylol gegeben, die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast, und dann wurde die Atmosphäre in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt. Der erhaltenen Mischung wurden dann 43 mg (74  $\mu\text{mol}$ ) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 5 Stunden lang refluxiert. Nach dem Rühren wurde der ausgefällte Feststoff durch Saugfiltration gesammelt und mit Toluol, Wasser und Ethanol gewaschen, so dass 3,8 g eines grauen Feststoffs erhalten wurden. Das Syntheschema von Schritt 3 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 17]



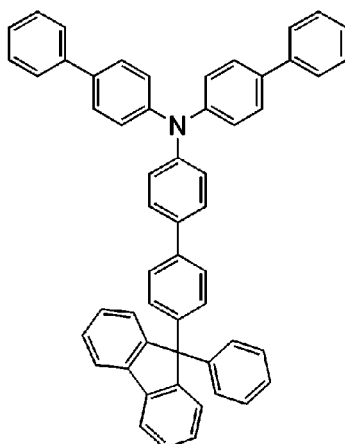
**[0382]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 3,8 g des erhaltenen Feststoffs gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der Feststoff unter einem Druck von 3,8 Pa bei einer Durchflussrate von Argon von 15 ml/min 15 Stunden lang bei 335 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 2,8 g eines blassgelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 74 % erhalten.

**[0383]** Analyseergebnisse durch <sup>1</sup>H-NMR-Spektroskopie des erhaltenen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass TPBiA<sub>3</sub>Nbi in diesem Synthesebeispiel erhalten wurde. <sup>1</sup>H-NMR (Chloroform-d, 500 MHz): δ = 8,10 (d, J = 1,5 Hz, 1H), 7,94 (d, J = 9,0 Hz, 1H), 7,92 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 7,88 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 7,82-7,80 (m, 3H), 7,73 (d, J = 8,5 Hz, 2H), 7,68 (s, 4H), 7,66 (d, J = 7,0 Hz, 2H), 7,62-7,58 (m, 6H), 7,55 (d, J = 8,5 Hz, 2H), 7,52-7,43 (m, 6H), 7,36 (t, J = 7,0 Hz, 1H), 7,33 (t, J = 7,0 Hz, 1H), 7,29-7,27 (m, 6H)

<<Synthesebeispiel 3: Syntheseverfahren von 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-4',4''-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAFLBi)>>

**[0384]** Die Strukturformel von BBAFLBi wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 18]

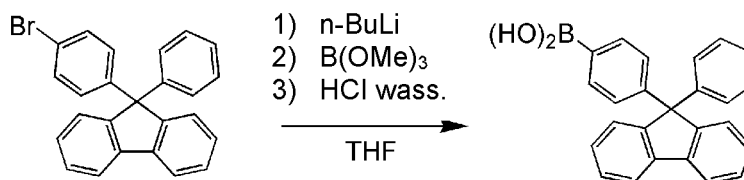




## &lt;Schritt 1: Synthese von 4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenylboronsäure&gt;

**[0385]** In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 15,89 g (40 mmol) 9-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-fluoren gegeben, die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast, und die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. In den Kolben wurden dann 200 ml wasserfreies Tetrahydrofuran (Abkürzung: THF) gegeben. Die Mischung wurde unter Rühren auf ungefähr -78 °C abgekühlt. Danach wurden 30 ml (48 mmol) einer n-Butyllithium-Hexanlösung (1,59 mol/l) in die Mischung getropft, und dann wurde die Temperatur der Mischung auf -40 °C erhöht und die Mischung wurde 1 Stunde lang gerührt. Danach wurden der Mischung 50 ml wasserfreies THF hinzugefügt, und die Mischung wurde auf ungefähr -78 °C wieder abgekühlt. Anschließend wurden 6,4 ml (57 mmol) Trimethylborat in die Mischung getropft. Die Temperatur der Mischung wurde auf Raumtemperatur erhöht, und die Mischung wurde 16 Stunden lang gerührt. Der Lösung wurden dann 25 ml Wasser und 30 ml Chlorwasserstoffsäure (1 N) hinzugefügt, die Lösung wurde gerührt, und die organische Schicht und die wässrige Schicht der Lösung wurden getrennt. Die erhaltene organische Schicht wurde einmal mit 100 ml einer gesättigten Natriumbicarbonatlösung und einmal mit 100 ml einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde die Lösung mit Magnesiumsulfat getrocknet, konzentriert, und mit Toluol umkristallisiert, so dass 10,1 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 70 % erhalten wurden. Das Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend gezeigt.

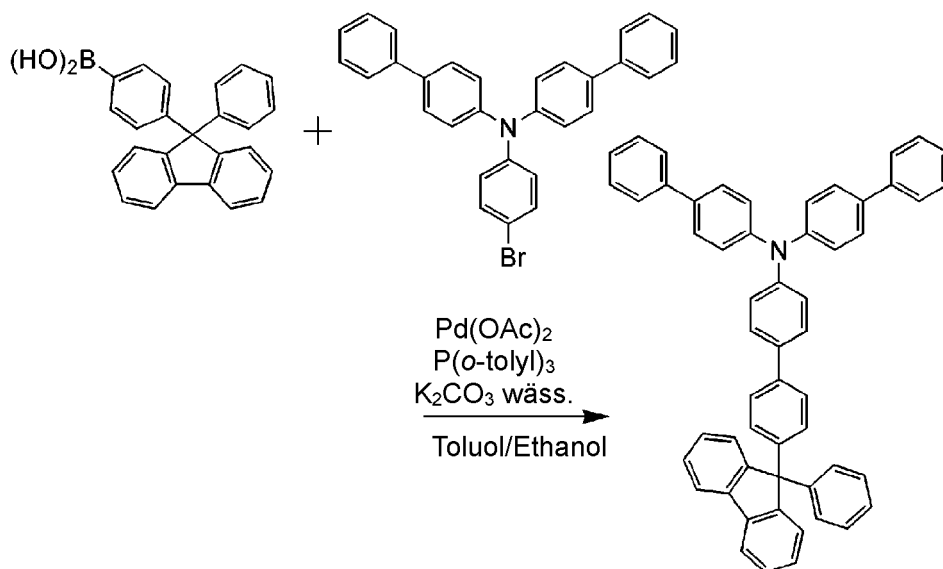
## [Chemische Formel 19]



## &lt;Schritt 2: Synthese von BBAFLBi&gt;

**[0386]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 2,53 g (7 mmol) 4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenylboronsäure, 3,34 g (7 mmol) 4-Brom-4',4''-diphenyltriphenylamin, 2,90 g (7 mmol) Kaliumcarbonat, 70 ml Toluol, 12,5 ml Ethanol und 10,5 ml Wasser gegeben, die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast, und die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 15,7 mg (0,07 mmol) Palladium(II)-acetat und 42,2 mg (0,07 mmol) Tris(o-tolyl)phosphin hinzugefügt, und ein Rühren wurde 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 85 °C durchgeführt. Die Mischung wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Danach wurde der ausgefällte Feststoff durch Filtration getrennt, und die erhaltene Lösung (Filtrat) wurde zweimal mit 100 ml Wasser und einmal mit 50 ml einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Dann wurde Feuchtigkeit mit Magnesiumsulfat entfernt. Der hier erhaltene Feststoff und der Feststoff, der nach der Reaktion ausgefällt und durch Filtration getrennt wurde, wurden kombiniert, der Mischung wurden 300 ml Toluol hinzugefügt, und das Erwärmen wurde durchgeführt, so dass der Feststoff aufgelöst wurde. Dann wurde die Lösung mit Celite, Aluminiumoxid, Florisil und Celite gereinigt. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und mit Ethanol umkristallisiert, so dass 4,54 g eines weißen Feststoffs in einer Ausbeute von 89 % erhalten wurden. Das Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 20]



**[0387]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 4,39 g des erhaltenen weißen Feststoffs gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der weiße Feststoff unter einem Druck von 3,5 Pa bei einer Durchflussrate von Argon von 15 ml/min bei 320 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 2,73 g eines weißen Feststoffs von BBAFLP mit einer Sammelquote von 62 % erhalten.

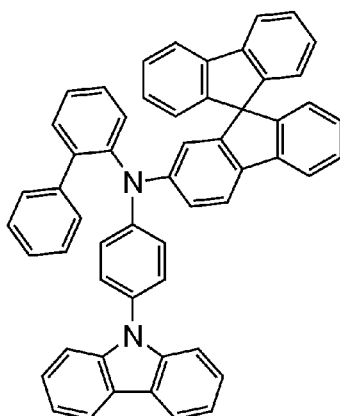
**[0388]** Analyseergebnisse durch <sup>1</sup>H-NMR-Spektroskopie des erhaltenen weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass BBAFLP erhalten wurde.

<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): δ = 7,17-7,28 (m, 13H), δ = 7,31 (dd, J = 12,6 Hz, 7,4 Hz, 4H), δ = 7,37 (dd, J = 7,5 Hz, 1,1 Hz, 4H), δ = 7,40-7,47 (m, 10H), δ = 7,51 (d, J = 8,6 Hz, 4H), δ = 7,58 (d, J = 8,1 Hz, 4H), δ = 7,78 (d, J = 7,4 Hz, 2H)

<<Synthesebeispiel 4: Syntheseverfahren von N-[4-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-N-(1,1'-biphenyl-2-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: oYGBiSF)>>

**[0389]** Die Strukturformel von oYGBiSF wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 21]

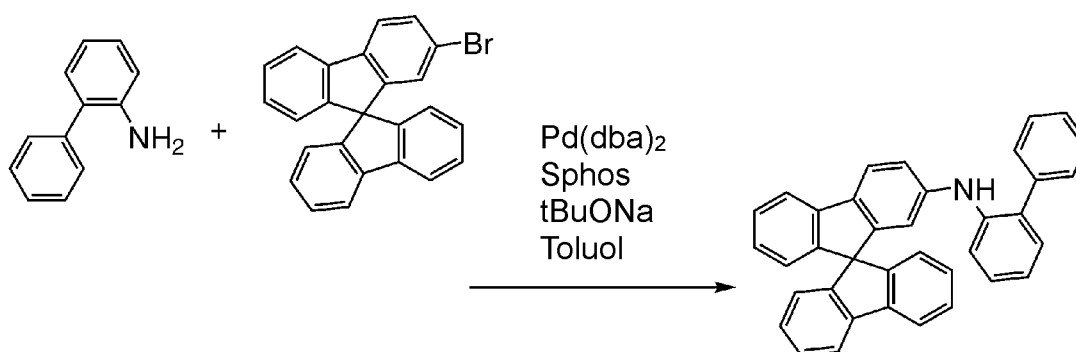


<Schritt 1: Synthese von N-(1,1'-Biphenyl-2-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin>

**[0390]** In einen verschlossenen 200 ml Dreihalskolben, der mit einem Kühlrohr und einem Dreiwegeventil ausgestattet war, wurden 1,8 g (10 mmol) 2-Aminobiphenyl, 4,1 g (10 mmol) 2-Brom-9,9'-spirobi[9H-fluoren], 0,34 g (0,80 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: S-Phos) und 2,0 g (20 mmol) t-Butoxynatrium gegeben, die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt, und der

Mischung wurden 52 ml Toluol hinzugefügt. Die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast. Danach wurde ein Stickstoffstrom in den Kolben zum Fließen gebracht, und die Mischung wurde bei 60 °C erwärmt und gerührt. Nachdem die Temperatur in dem Kolben zu 60 °C geworden war, wurden der Mischung 0,24 g (0,40 mmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 2,5 Stunden lang bei 80 °C erwärmt und gerührt. Nach dem Erwärmen und Rühren der Mischung wurde der ausgefällte Feststoff durch Saugfiltration entfernt, und das erhaltene Filtrat wurde dreimal mit Wasser und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und die organische Schicht wurde mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde schwerkraftfiltriert, und dann wurde das Filtrat konzentriert, so dass 3,4 g eines braunen Feststoffs erhalten wurden. Der erhaltene braune Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (das Verhältnis von Hexan zu Toluol wurde von 10:1 bis 2:1 geändert, um einen Gradienten zu bilden), so dass ein weißer Zielfeststoff erhalten wurde. Der erhaltene Feststoff wurde mit Toluol und Hexan umkristallisiert, so dass 3,7 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 74 % erhalten wurden. Das Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 22]

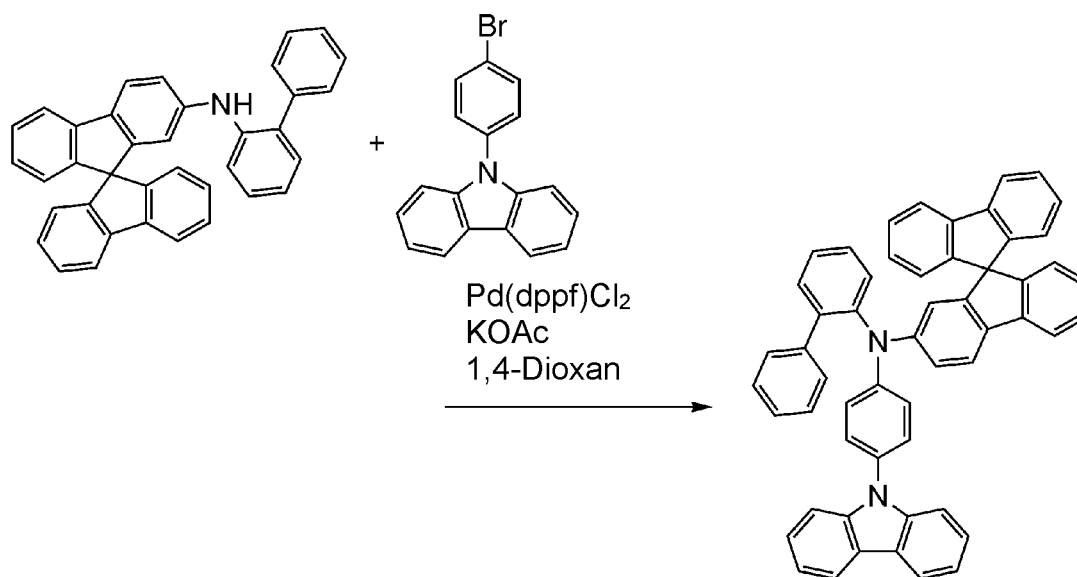


<Schritt 2: Synthese von N-[4-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-N-(1,1'-biphenyl-2-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: oYGBiSF)>

**[0391]** In einen verschlossenen 200 ml Dreihalskolben, der mit einem Kühlrohr und einem Dreiwegeventil ausgestattet war, wurden 2,7 g (5,5 mmol) N-(1,1'-Biphenyl-2-yl)-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin, das in dem Schritt 1 erhalten worden war, 1,8 g (5,5 mmol) 9-(4-Bromphenyl)-9H-carbazol, 0,18 g (0,40 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: S-Phos) und 1,1 g (11 mmol) t-Butoxynatrium gegeben, die Atmosphäre in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt und der Mischung wurden 52 ml Toluol hinzugefügt. Die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast. Danach wurde ein Stickstoffstrom in den Kolben zum Fließen gebracht, der Mischung wurden 0,13 g (0,22 mmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde bei 80 °C erwärmt und gerührt. Nach dem Erwärmen und Rühren der Mischung wurde der ausgefällte Feststoff durch Saugfiltration entfernt, und das erhaltene Filtrat wurde dreimal mit Wasser und dann mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und die organische Schicht wurde mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde schwerkraftfiltriert, und dann wurde das Filtrat konzentriert, so dass ein brauner Feststoff erhalten wurde. Der erhaltene braune Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (das Verhältnis von Hexan zu Toluol wurde von 10:1 bis 2:1 geändert, um einen Gradienten zu bilden), so dass ein weißer Zielfeststoff erhalten wurde. Der erhaltene Feststoff wurde mit Toluol und Hexan umkristallisiert, so dass 3,2 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 79 % erhalten wurden.

**[0392]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurde der erhaltene weiße Feststoff gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurden 3,2 g des weißen Feststoffs unter einem Druck von 2,9 Pa bei einer Durchflussrate von Argon von 15 ml/min 15 Stunden lang bei 310 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 2,9 g eines farblosen durchsichtigen kubischen Ziel-Kristalls mit einer Sammelquote von 91 % erhalten. Das Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 23]



**[0393]** Analyseergebnisse durch <sup>1</sup>H-NMR-Spektroskopie des erhaltenen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass oYGBiSF erhalten wurde. <sup>1</sup>H-NMR (Dichlormethan-d<sub>2</sub>, 500 MHz): δ = 6,29 (sd, J<sub>2</sub> = 2,0 Hz, 1H), 6,56 (d, J = 7,5 Hz, 1H), 6,67 (d, J = 7,5 Hz, 2H), 6,86 (dt, J<sub>1</sub> = 9,0 Hz, J<sub>2</sub> = 2,0 Hz, 2H), 6,93 (dd, J<sub>1</sub> = 8,3 Hz, J<sub>2</sub> = 2,0 Hz, 1H), 7,00 (td, J<sub>1</sub> = 7,5 Hz, J<sub>2</sub> = 1,0 Hz, 1H), 7,04-7,08 (m, 5H), 7,08-7,11 (m, 2H), 7,14 (td, J<sub>1</sub> = 7,5 Hz, J<sub>2</sub> = 1,0 Hz, 2H), 7,21-7,31 (m, 9H), 7,34 (td, J<sub>1</sub> = 7,0 Hz, J<sub>2</sub> = 1,5 Hz, 2H), 7,38 (td, J<sub>1</sub> = 7,5 Hz, J<sub>2</sub> = 1,0 Hz, 2H), 7,59 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 7,70 (d, J = 8,0 Hz, 1H), 7,79 (d, J = 8,0 Hz, 2H), 8,09 (d, J = 8,0 Hz, 2H)

## Erläuterung der Bezugszeichen

**[0394]** 101: Anode, 102: Kathode, 103: EL-Schicht, 111: Lochinjektionsschicht, 112: Lochtransportschicht, 112-1: erste Lochtransportschicht, 112-2: zweite Lochtransportschicht, 113: Licht emittierende Schicht, 114: Elektroneninjectionsschicht, 115: Elektroneninjectionsschicht, 116: Ladungserzeugungsschicht, 117: p-Typ-Schicht, 118: Elektronenweiterleitungsschicht, 119: Elektroneninjektionspufferschicht, 201: Anode, 202: Kathode, 210: erste Schicht, 211: zweite Schicht, 212: dritte Schicht, 400: Substrat, 401: Anode, 403: EL-Schicht, 404: Kathode, 405: Dichtungsmaterial, 406: Dichtungsmaterial, 407: Dichtungssubstrat, 412: Kontaktstelle, 420: IC-Chip, 501: Anode, 502: Kathode, 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: flexible gedruckte Schaltung (FPC), 610: Elementsubstrat, 611: Schalt-FET, 612: Strom steuernder FET, 613: Anode, 614: Isolator, 616: EL-Schicht, 617: Kathode, 618: Licht emittierende Vorrichtung, 951: Substrat, 952: Elektrode, 953: Isolierschicht, 954: Trennschicht, 955: EL-Schicht, 956: Elektrode, 1001: Substrat, 1002: Basis-Isolierfilm, 1003: Gate-Isolierfilm, 1006: Gate-Elektrode, 1007: Gate-Elektrode, 1008: Gate-Elektrode, 1020: erster Zwischenschicht-Isolierfilm, 1021: zweiter Zwischenschicht-Isolierfilm, 1022: Elektrode, 1024W: Anode, 1024R: Anode, 1024G: Anode, 1024B: Anode, 1025: Trennwand, 1028: EL-Schicht, 1029: Kathode, 1031: Dichtungssubstrat, 1032: Dichtungsmaterial, 1033: durchsichtiges Basismaterial, 1034R: rote Farbschicht, 1034G: grüne Farbschicht, 1034B: blaue Farbschicht, 1035: Schwarzmatrix, 1036: Abdeckungsschicht, 1037: dritter Zwischenschicht-Isolierfilm, 1040: Pixelabschnitt, 1041: Treiberschaltungsabschnitt, 1042: Peripherieabschnitt, 2001: Gehäuse, 2002: Lichtquelle, 2100: Roboter, 2110: arithmetische Vorrichtung, 2101: Beleuchtungsstärkesensor, 2102: Mikrofon, 2103: obere Kamera, 2104: Lautsprecher, 2105: Display, 2106: untere Kamera, 2107: Hindernissensor, 2108: Bewegungsmechanismus, 3001: Beleuchtungsvorrichtung, 5000: Gehäuse, 5001: Anzeigeabschnitt, 5002: zweiter Anzeigeabschnitt, 5003: Lautsprecher, 5004: LED-Lampe, 5006: Verbindungsanschluss, 5007: Sensor, 5008: Mikrofon, 5012: Stütze, 5013: Ohrhörer, 5100: Reinigungsroboter, 5101: Display, 5102: Kamera, 5103: Bürste, 5104: Bedienknopf, 5150: tragbares Informationsendgerät, 5151: Gehäuse, 5152: Anzeigebereich, 5153: Biegeabschnitt, 5120: Staub, 5200: Anzeigebereich, 5201: Anzeigebereich, 5202: Anzeigebereich, 5203: Anzeigebereich, 7101: Gehäuse, 7103: Anzeigeabschnitt, 7105: Ständer, 7107: Anzeigeabschnitt, 7109: Bedientaste, 7110: Fernbedienung, 7201: Hauptteil,

7202: Gehäuse, 7203: Anzeigeabschnitt, 7204: Tastatur, 7205: externer Verbindungsanschluss, 7206: Zeigevorrichtung, 7210: zweiter Anzeigeabschnitt, 7401: Gehäuse, 7402: Anzeigeabschnitt, 7403: Bedienknopf, 7404: externer Verbindungsanschluss, 7405: Lautsprecher, 7406: Mikrofon, 9310: tragbares Informationsendgerät, 9311: Anzeigefeld, 9313: Gelenk, 9315: Gehäuse.

### Patentansprüche

#### 1. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und  
 wobei eine Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ist, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt.

#### 2. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine Cyano-Gruppe umfasst,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau

der zweiten organischen Verbindung ist, und

wobei eine Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ist, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt.

### 3. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei die erste organische Verbindung eine Halogen-Gruppe umfasst,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich  $-5,7 \text{ eV}$  und niedriger als oder gleich  $-5,2 \text{ eV}$  ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich  $0,2 \text{ eV}$  ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und

wobei eine Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ist, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt.

### 4. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst, die an einen kondensierten aromatischen Ring mit einer Vielzahl von Heteroatomen gebunden ist,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich  $-5,7 \text{ eV}$  und niedriger als oder gleich  $-5,2 \text{ eV}$  ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich  $0,2 \text{ eV}$  ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und

wobei eine Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ist, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt.

5. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die erste organische Verbindung ein [3]Radialen-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ist,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich  $-5,7 \text{ eV}$  und niedriger als oder gleich  $-5,2 \text{ eV}$  ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich  $0,2 \text{ eV}$  ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und

wobei eine Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung höher als oder gleich  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  und niedriger als oder gleich  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ist, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke  $[\text{V}/\text{cm}]$  600 beträgt.

6. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich  $-5,7 \text{ eV}$  und niedriger als oder gleich  $-5,2 \text{ eV}$  ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich  $0,2 \text{ eV}$  ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist,

wobei das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung flacher als das LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist, und

wobei eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV ist.

7. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine Cyano-Gruppe umfasst,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist,  
 wobei das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung flacher als das LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist, und  
 wobei eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV ist.

8. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine Halogen-Gruppe umfasst,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist,  
 wobei das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung flacher als das LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist, und



wobei eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV ist.

9. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst, die an einen kondensierten aromatischen Ring mit einer Vielzahl von Heteroatomen gebunden ist,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist,  
 wobei das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung flacher als das LUMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist, und  
 wobei eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV ist.

10. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung ein [3]Radialen-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ist,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist,  
 wobei das LUMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung flacher als das LUMO-Niveau der siebten

organischen Verbindung ist, und

wobei eine Differenz zwischen den LUMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,1 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV ist.

11. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und

wobei die siebte organische Verbindung eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ist.

12. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und

eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,

wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,

wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,

wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,

wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,

wobei die erste organische Verbindung eine Cyano-Gruppe umfasst,

wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,

wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,

wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,

wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und

wobei die siebte organische Verbindung eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ist.

13. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode (101);

eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2),  
 eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite  
 aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung  
 enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische  
 Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine Halogen-Gruppe umfasst,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die glei-  
 che Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger  
 als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-  
 Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau  
 der zweiten organischen Verbindung ist, und  
 wobei die siebte organische Verbindung eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ist.

14. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3, 8 und 13, wobei die Halogen-Gruppe  
 eine Fluor-Gruppe ist.

15. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:  
 eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),  
 wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2),  
 eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite  
 aus umfasst,  
 wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
 wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung  
 enthält,  
 wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
 wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
 wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische  
 Verbindung enthält,  
 wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
 wobei die erste organische Verbindung eine elektronenziehende Gruppe umfasst, die an einen kondensier-  
 ten aromatischen Ring mit einer Vielzahl von Heteroatomen gebunden ist,  
 wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die glei-  
 che Substanz handelt,  
 wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger  
 als oder gleich -5,2 eV ist,  
 wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-  
 Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
 wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau  
 der zweiten organischen Verbindung ist, und  
 wobei die siebte organische Verbindung eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ist.

16. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:  
 eine Anode (101);  
 eine Kathode (102); und  
 eine EL-Schicht (103) zwischen der Anode (101) und der Kathode (102),

wobei die EL-Schicht (103) eine erste Schicht (111), eine zweite Schicht (112-1), eine dritte Schicht (112-2), eine Licht emittierende Schicht (113) und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,  
wobei die erste Schicht (111) in Kontakt mit der Anode (101) ist,  
wobei die erste Schicht (111) eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung enthält,  
wobei die zweite Schicht (112-1) eine dritte organische Verbindung enthält,  
wobei die dritte Schicht (112-2) eine vierte organische Verbindung enthält,  
wobei die Licht emittierende Schicht (113) eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung enthält,  
wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung enthält,  
wobei die erste organische Verbindung ein [3]Radialen-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ist,  
wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt,  
wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums-substanz ist,  
wobei das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,2 eV ist,  
wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist,  
wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich dem oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist, und  
wobei die siebte organische Verbindung eine  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ist.

17. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4, 5, 9, 10, 15 und 16, wobei die elektronenziehende Gruppe eine Fluor-Gruppe oder eine Cyano-Gruppe ist.

18. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, 15 und 16, wobei die  $\pi$ -elektronenarme heteroaromatische Verbindung ein Chinoxalin-Gerüst, ein Benzimidazol-Gerüst oder ein Triazin-Gerüst aufweist.

19. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die zweite organische Verbindung ein erstes Lochtransport-Gerüst aufweist, wobei die dritte organische Verbindung ein zweites Lochtransport-Gerüst aufweist, wobei die vierte organische Verbindung ein drittes Lochtransport-Gerüst aufweist, und wobei das erste Lochtransport-Gerüst, das zweite Lochtransport-Gerüst und das dritte Lochtransport-Gerüst jeweils unabhängig voneinander ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothiophen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst sind.

20. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die sechste organische Verbindung aus Kohlenwasserstoff besteht, wobei das HOMO-Niveau der sechsten organischen Verbindung tiefer als das HOMO-Niveau der vierten organischen Verbindung ist, und wobei eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der vierten organischen Verbindung und der sechsten organischen Verbindung größer als oder gleich 0,2 eV und kleiner als oder gleich 0,4 eV ist.

21. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst umfasst, und wobei eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der vierten organischen Verbindung und der sechsten organischen Verbindung kleiner als 0,2 eV ist.

22. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst umfasst, und wobei die vierte organische Verbindung zwei Carbazol-Ringe umfasst, die an einen Naphthalen-Ring gebunden sind.

23. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 22, wobei die vierte organische Verbindung 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) ist.

24. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die sechste organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst aufweist.
25. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung niedriger ist als die Elektronenbeweglichkeit der sechsten organischen Verbindung.
26. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der dritten organischen Verbindung und der vierten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist.
27. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei das HOMO-Niveau der vierten organischen Verbindung tiefer als das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist.
28. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die zweite organische Verbindung ein Dibenzofuran-Gerüst aufweist.
29. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei die siebte organische Verbindung ein Chinoxalin-Gerüst aufweist.
30. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei diese erste Schicht (111) eine Mischmaterialschiicht ist, die sowohl die erste als auch die zweite organische Verbindung umfasst.
31. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16, wobei es sich bei der fünften organischen Verbindung um ein blaues fluoreszierendes Material handelt.
32. Elektronisches Gerät, das die Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16 und einen Sensor, einen Bedienknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon umfasst.
33. Licht emittierende Einrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16 und einen Transistor oder ein Substrat umfasst.
34. Beleuchtungsvorrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 15 und 16 und ein Gehäuse umfasst.

Es folgen 50 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1A

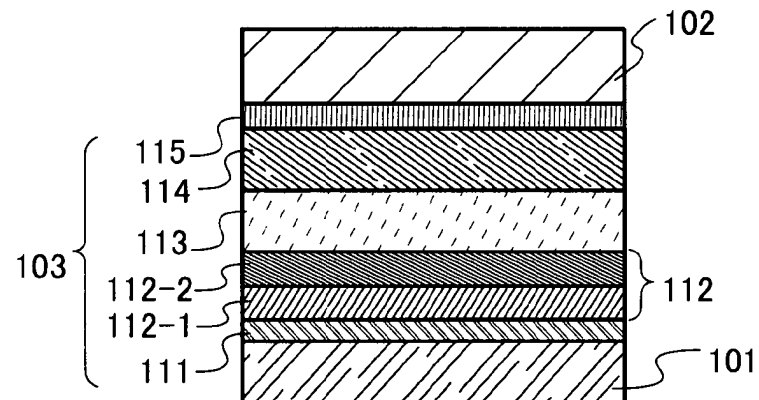


Fig. 1B

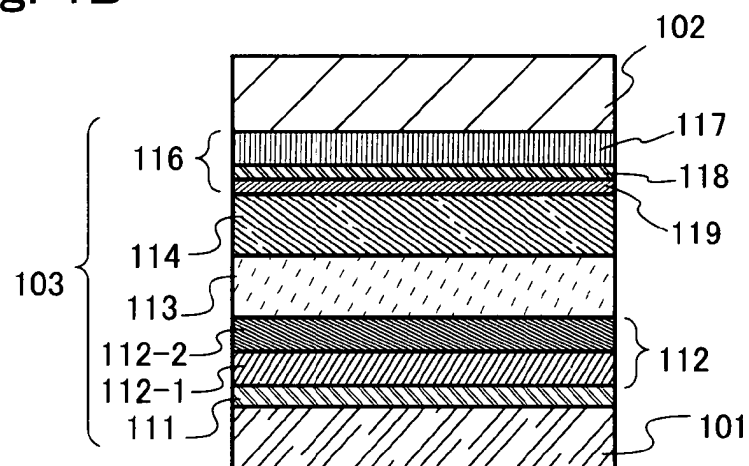
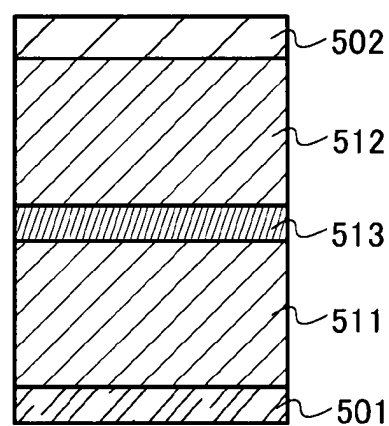
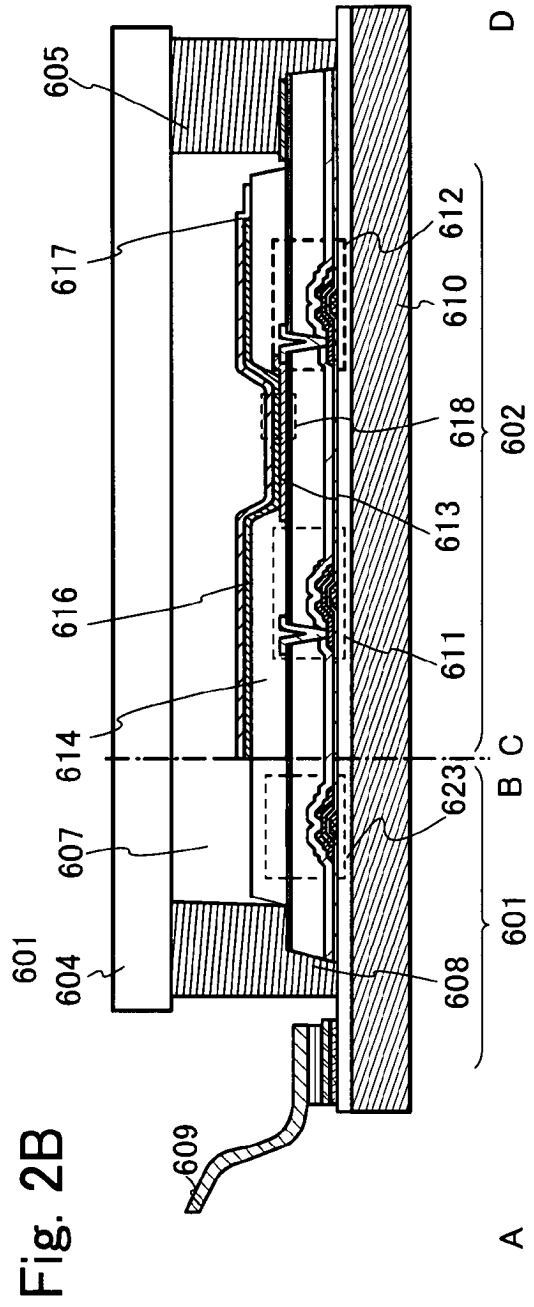
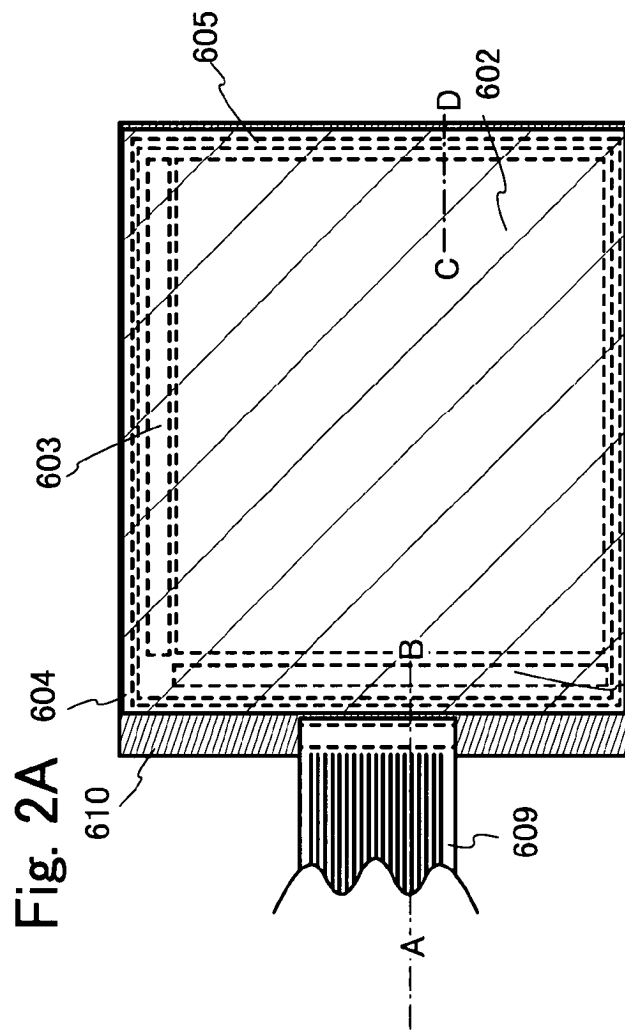


Fig. 1C





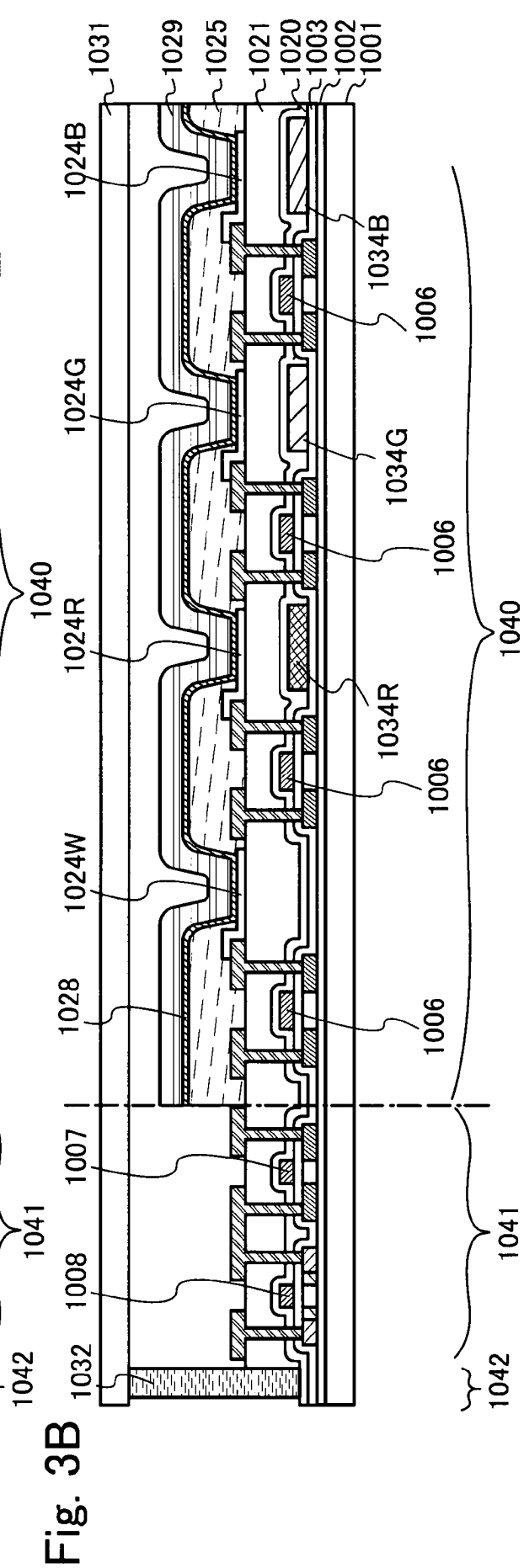
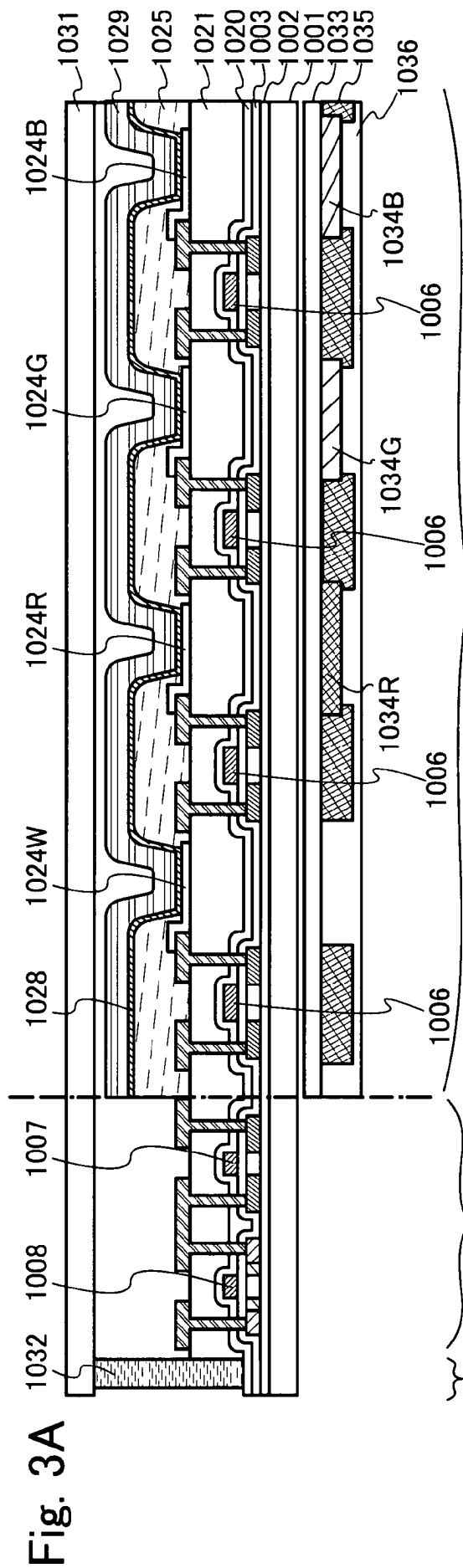




Fig. 4

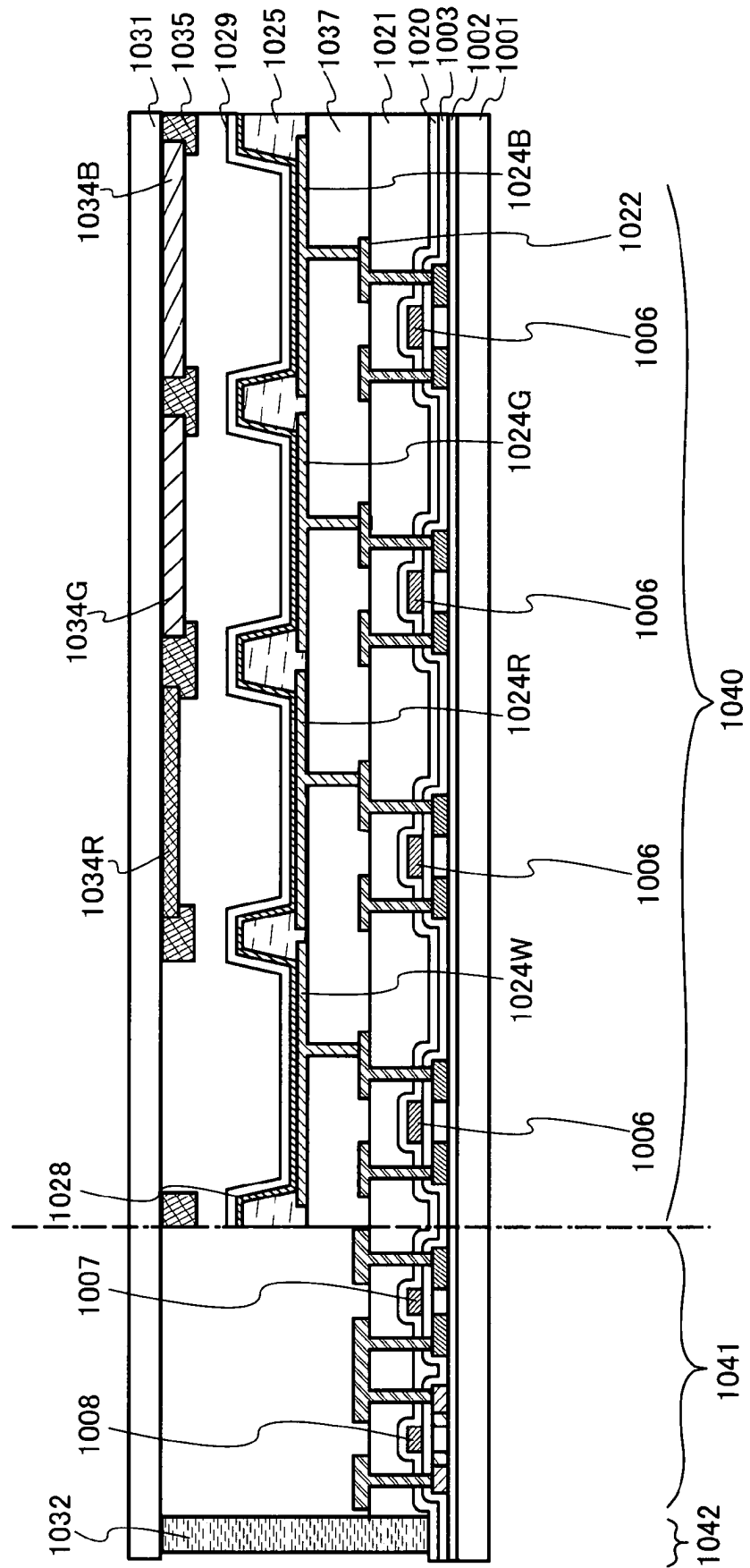


Fig. 5A

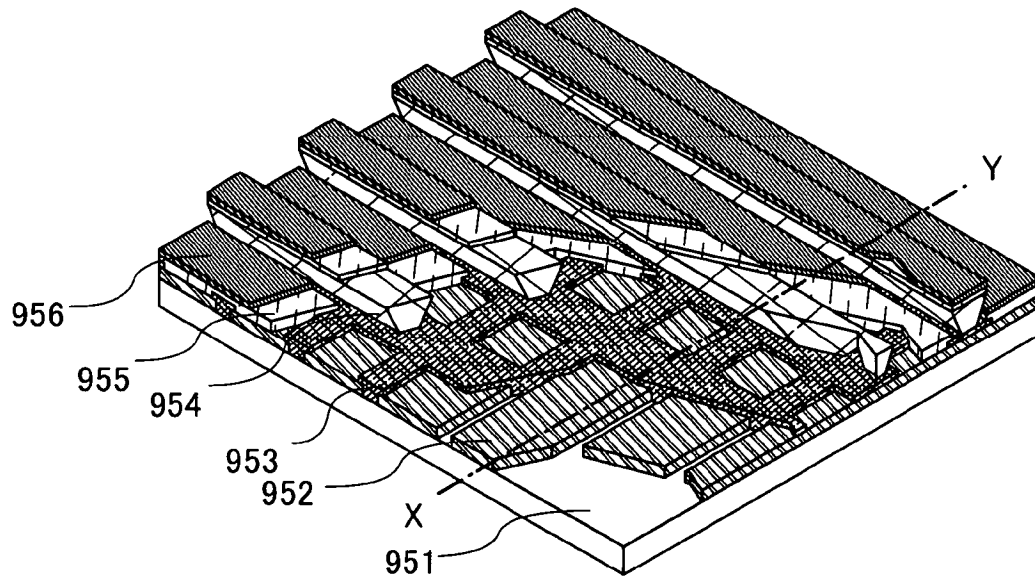


Fig. 5B

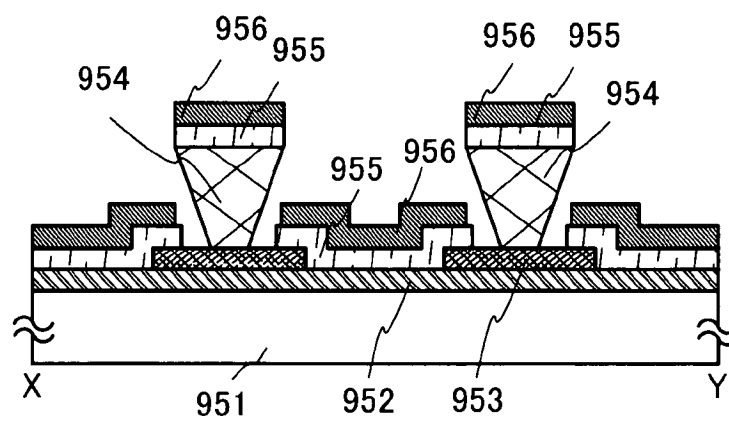


Fig. 6A

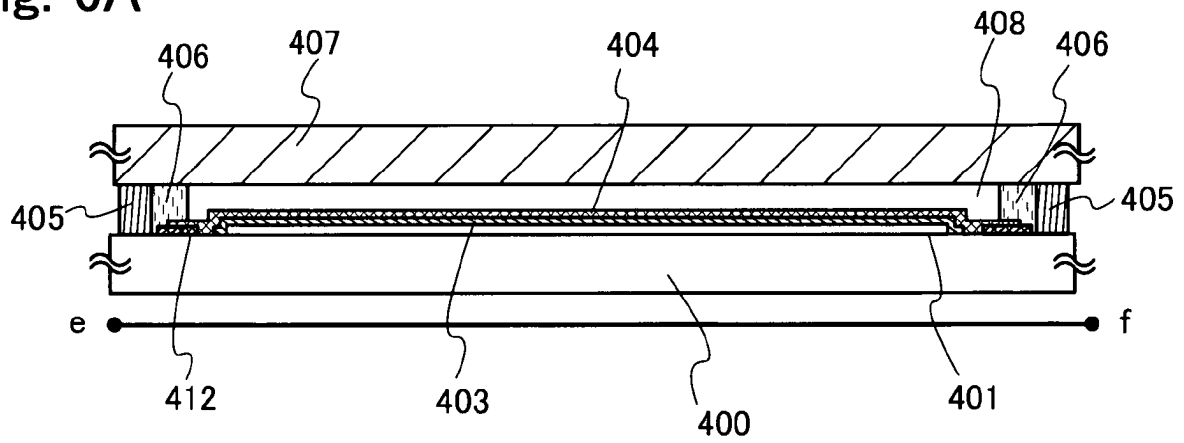


Fig. 6B

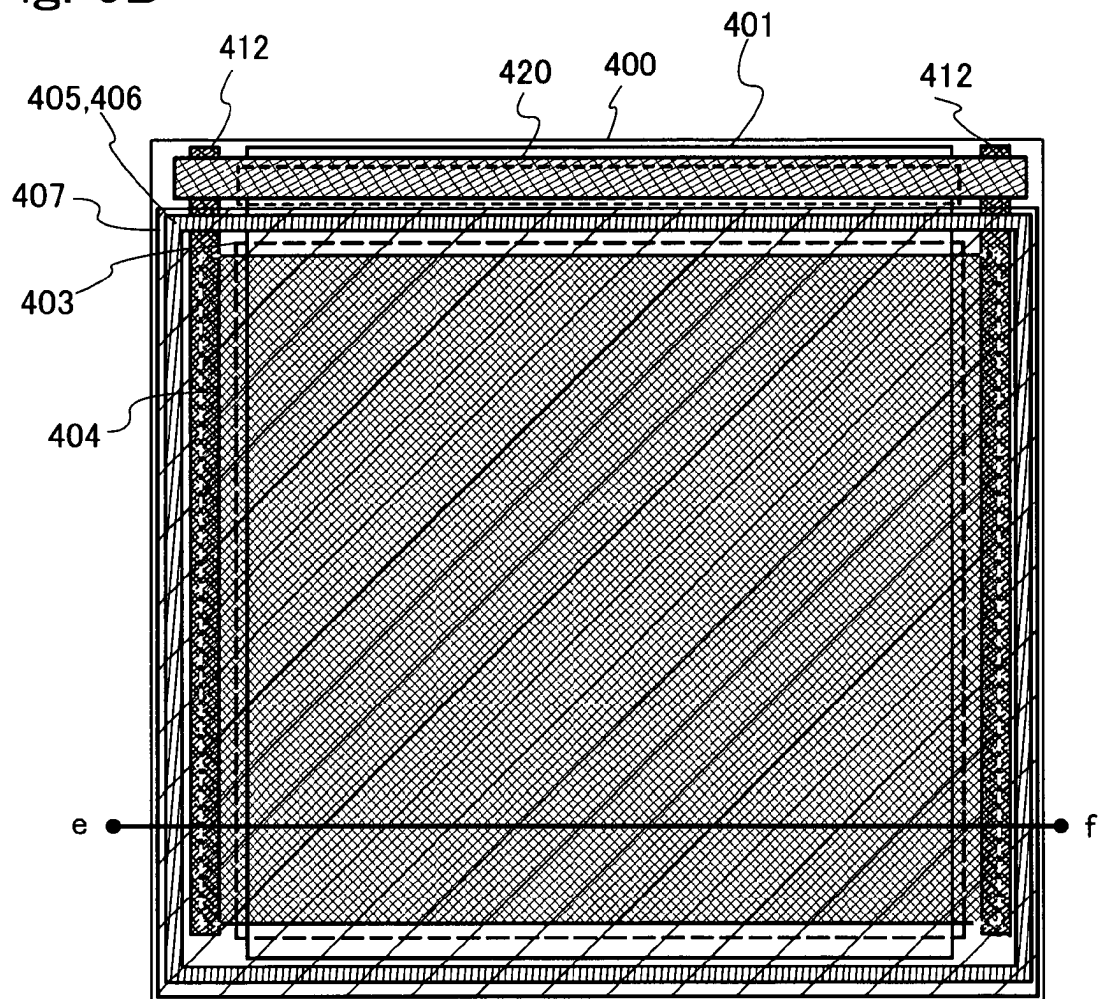


Fig. 7A

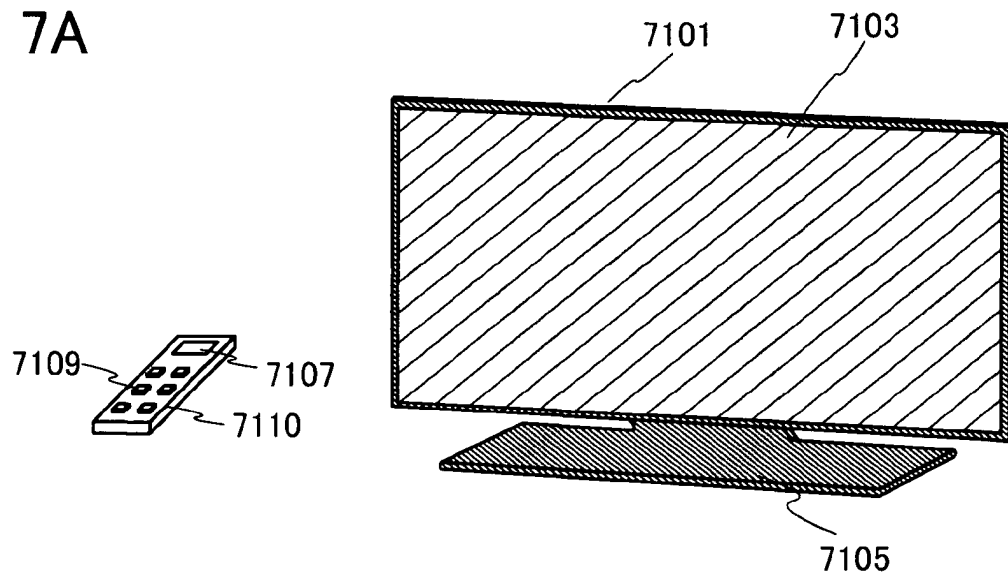


Fig. 7B1

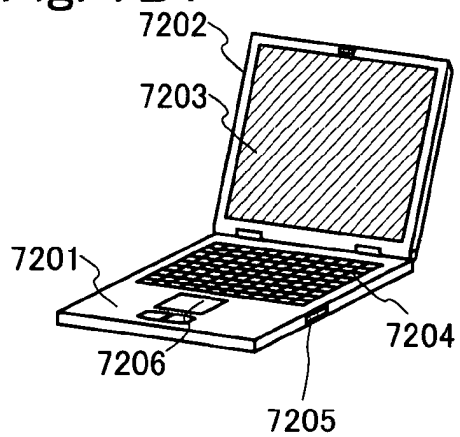


Fig. 7B2

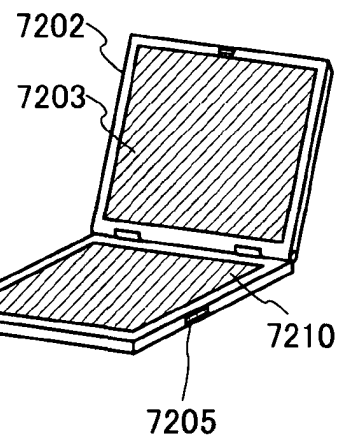


Fig. 7C

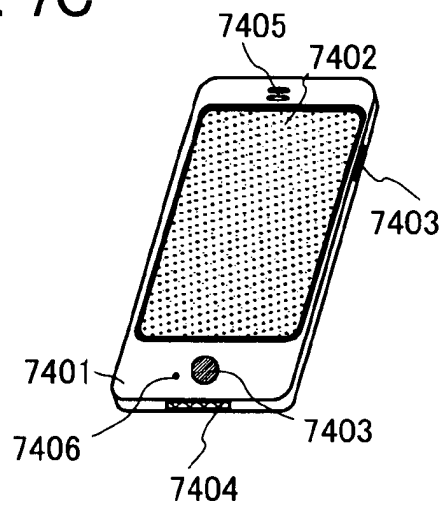


Fig. 8A

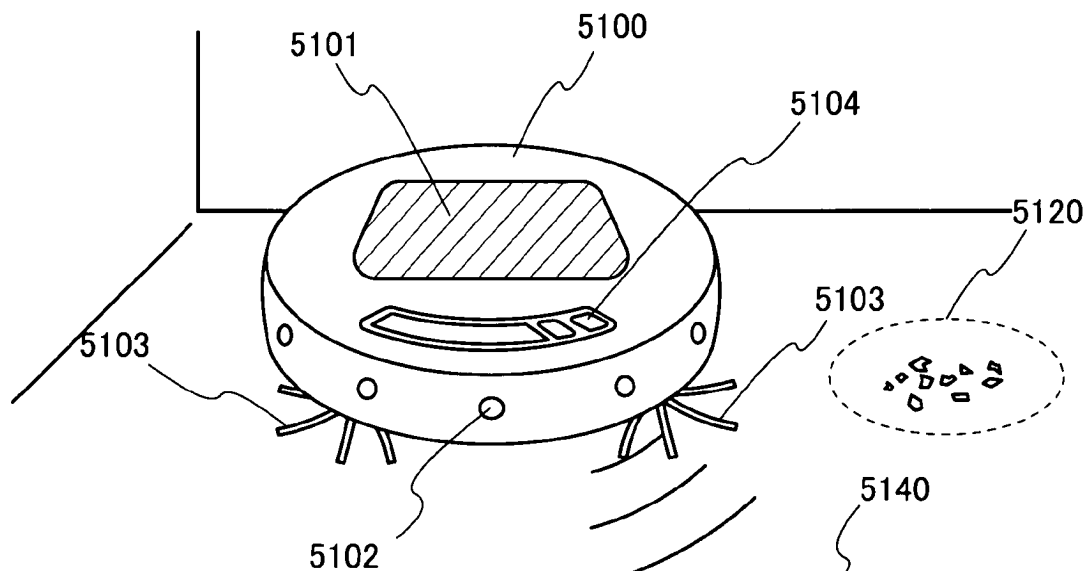


Fig. 8B

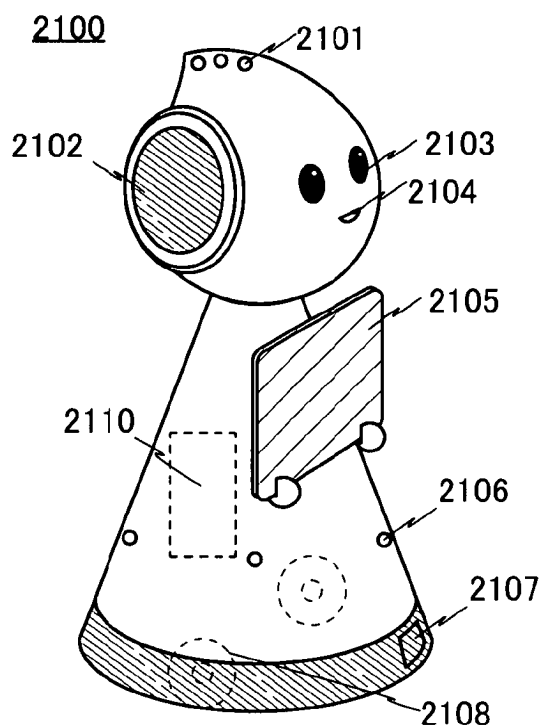


Fig. 8C

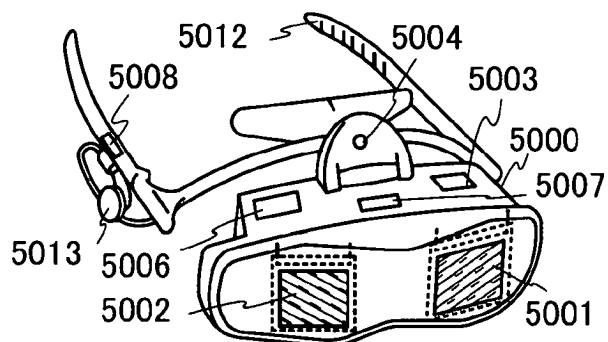


Fig. 9

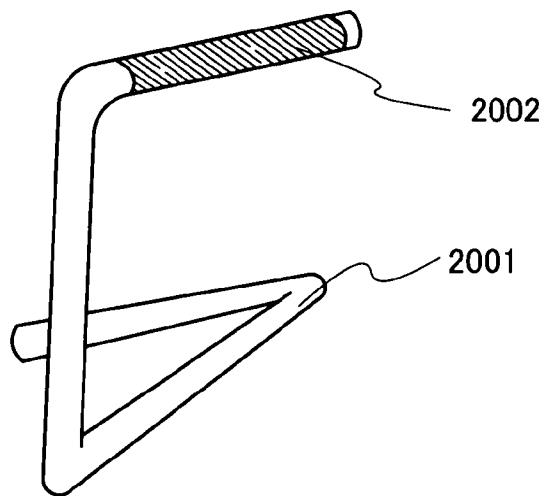


Fig. 10

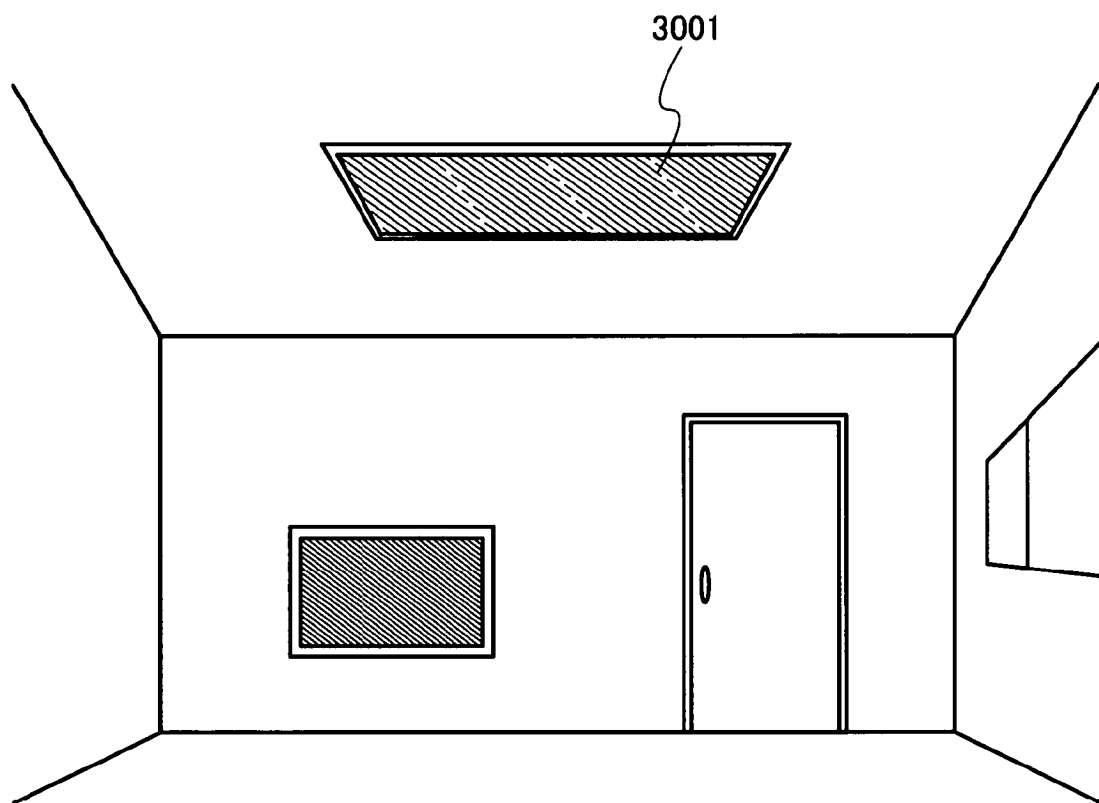


Fig. 11

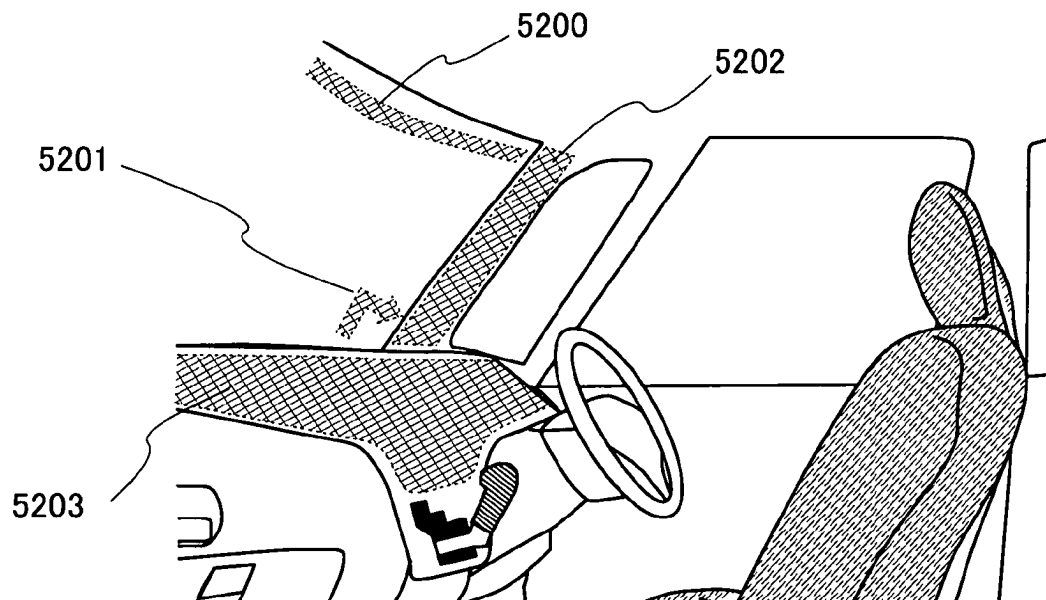




Fig. 12A

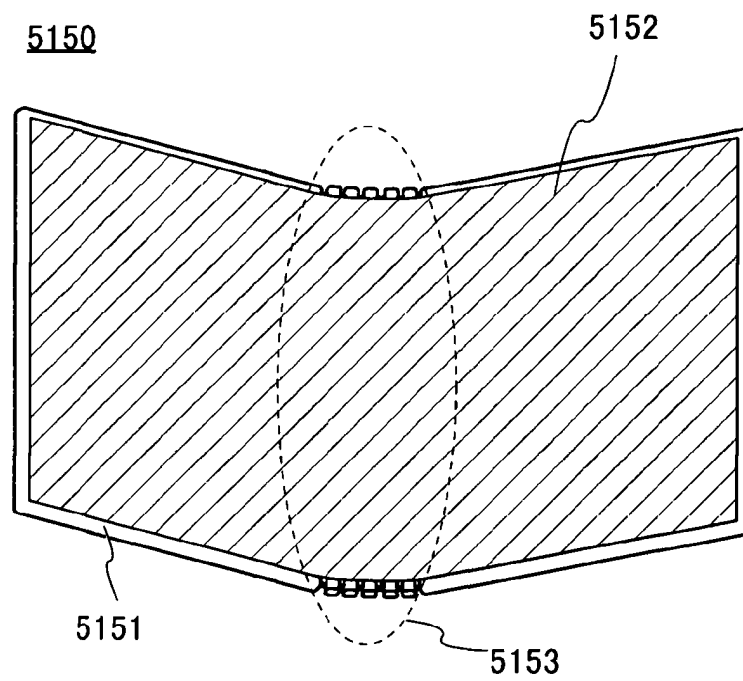
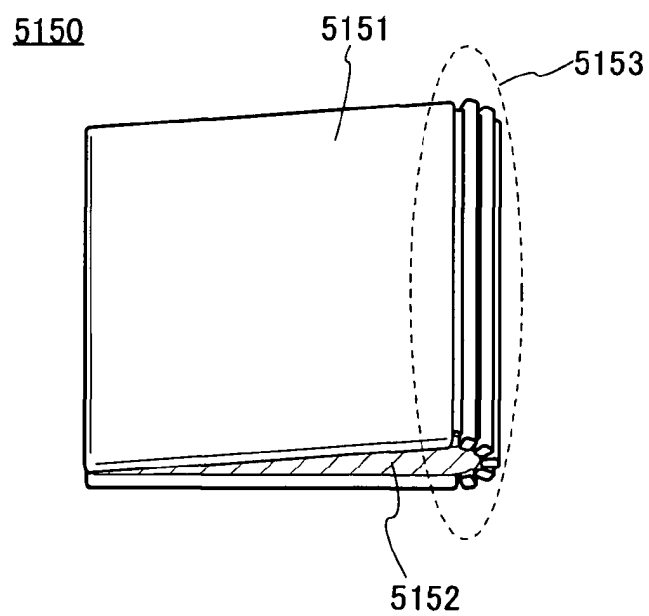
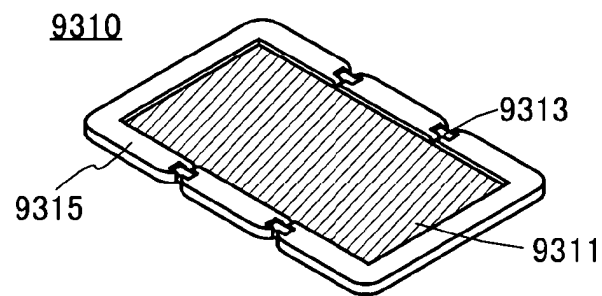


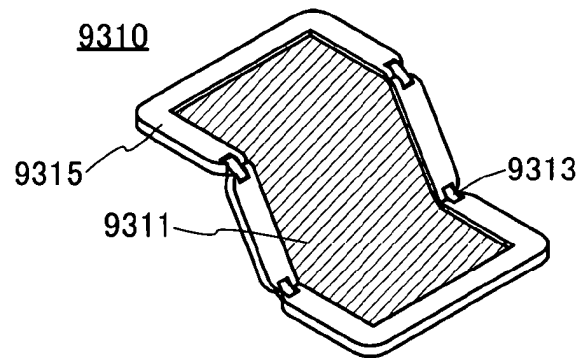
Fig. 12B



**Fig. 13A**



**Fig. 13B**



**Fig. 13C**

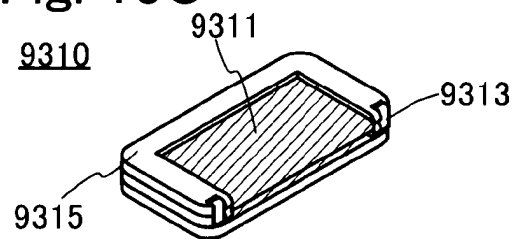


Fig. 14

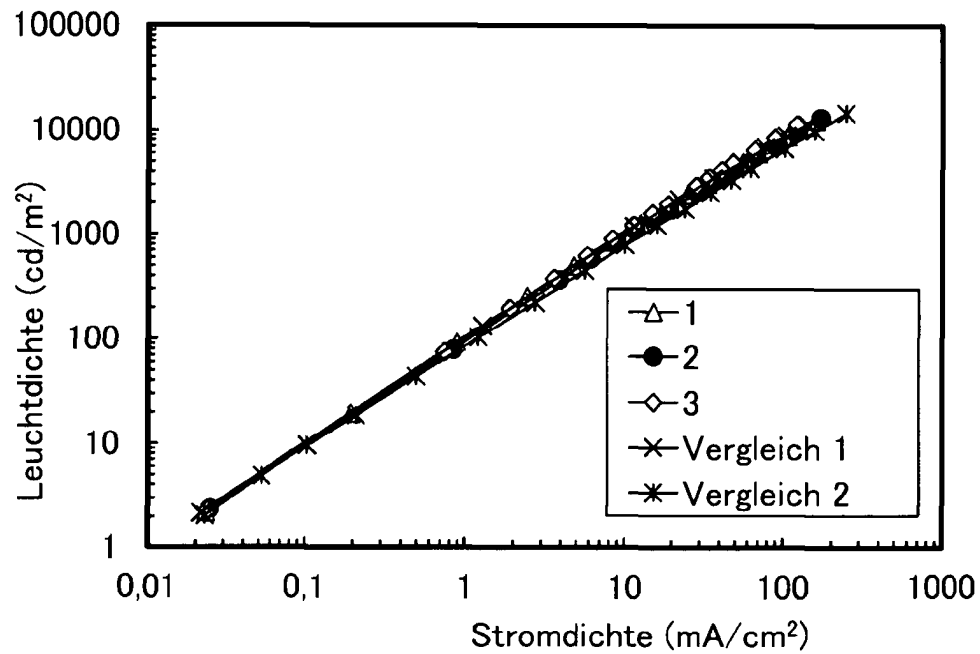


Fig. 15

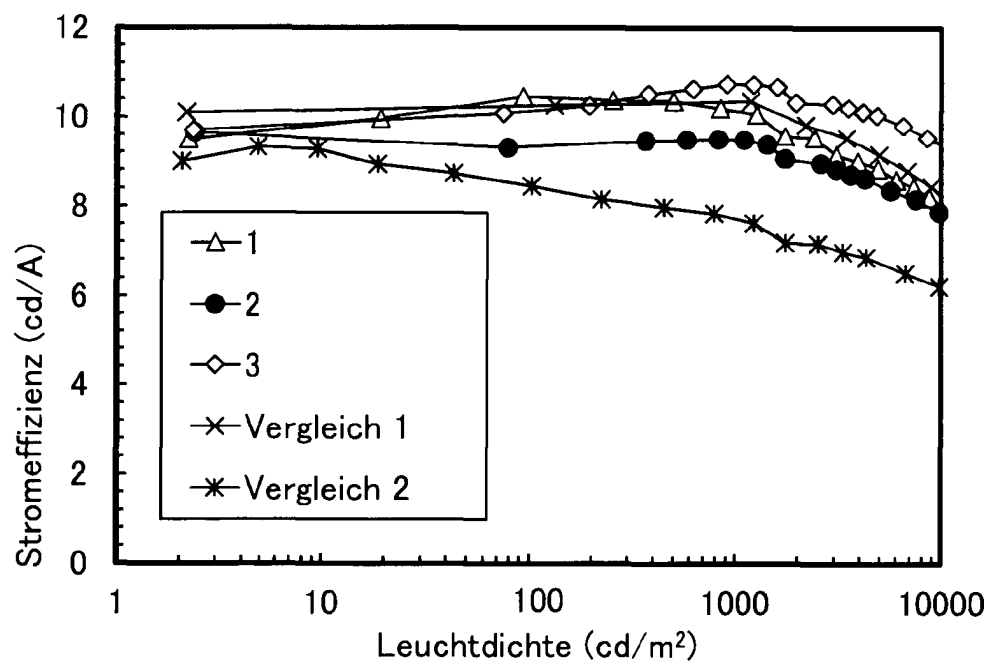


Fig. 16

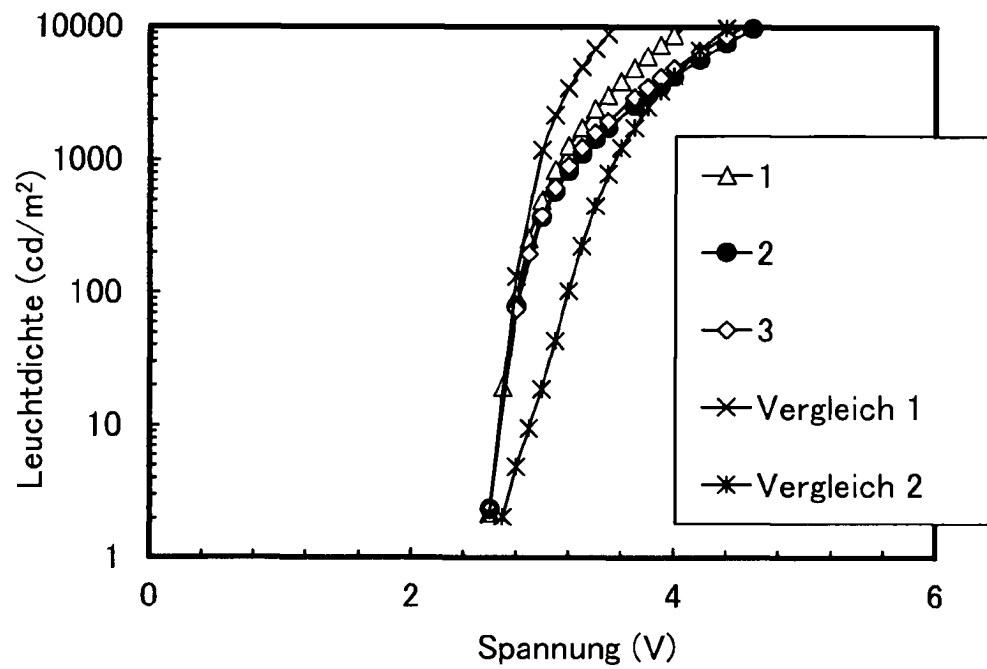


Fig. 17

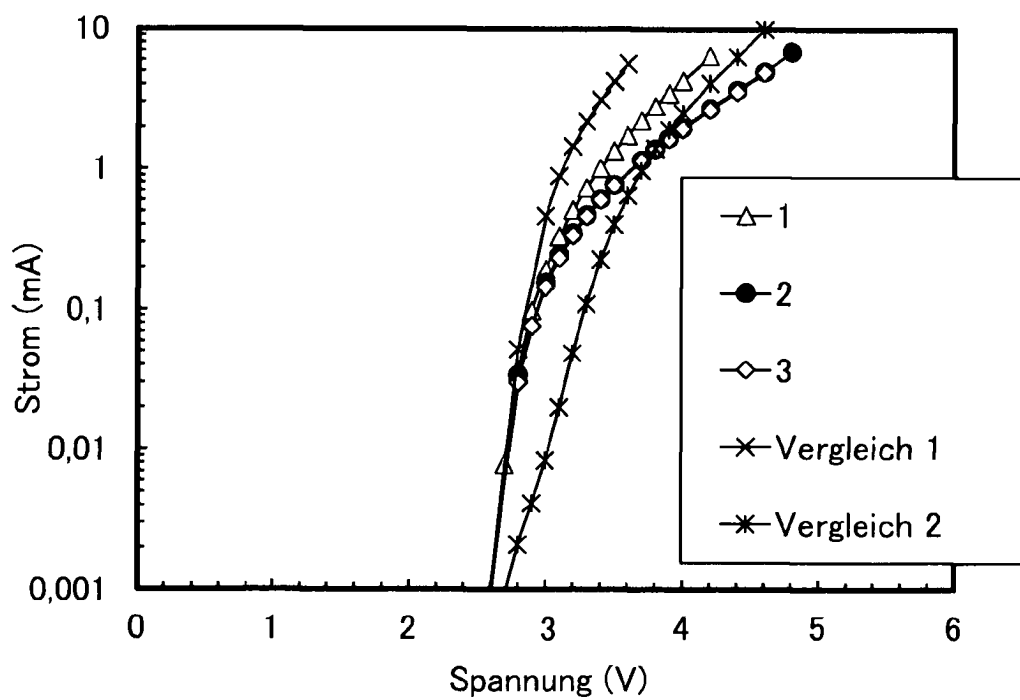


Fig. 18

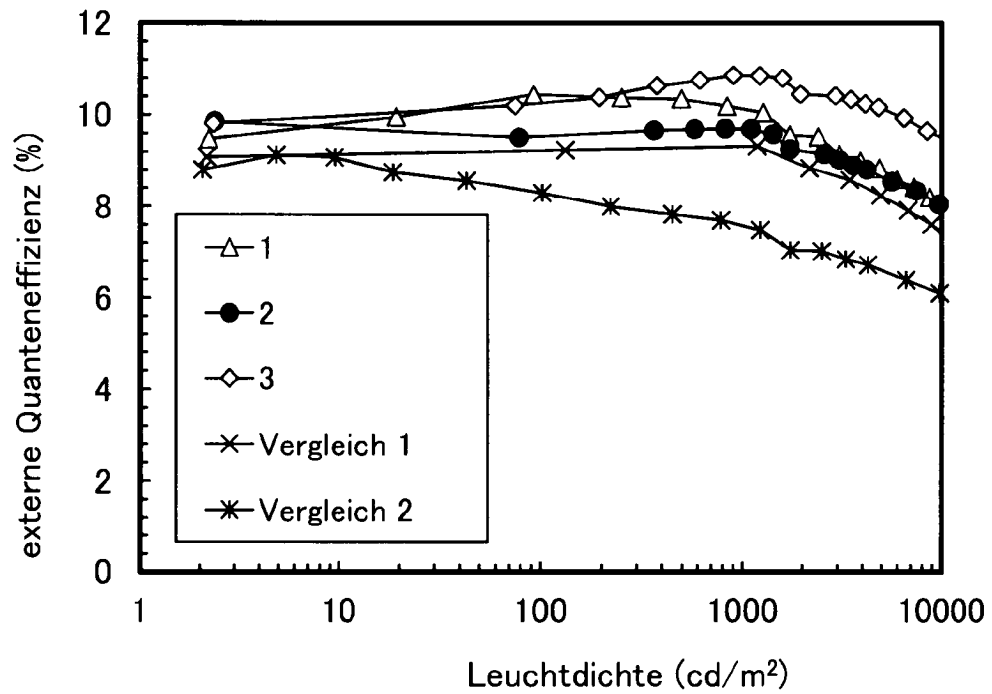


Fig. 19

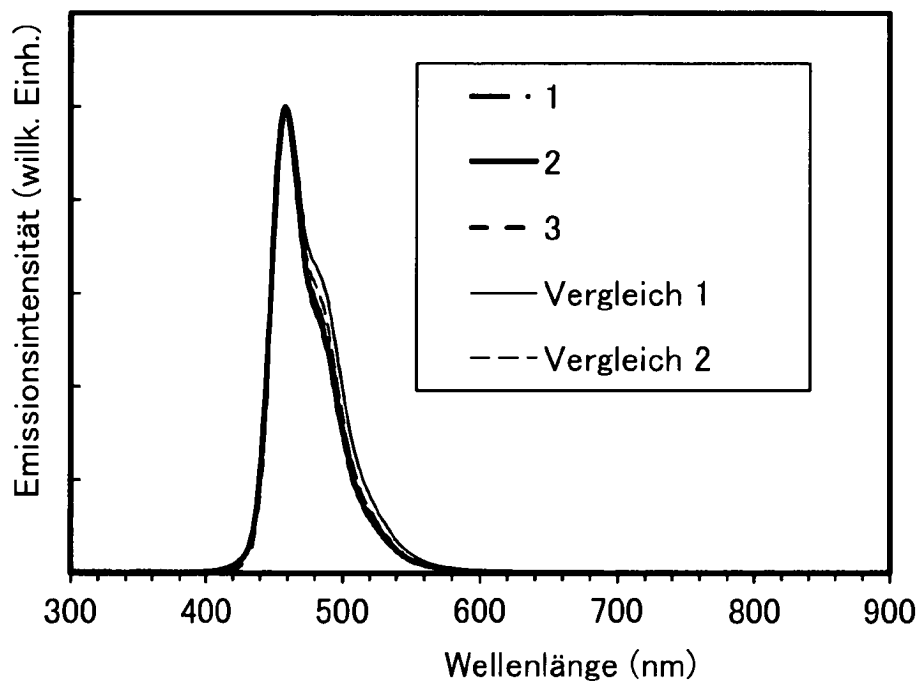


Fig. 20

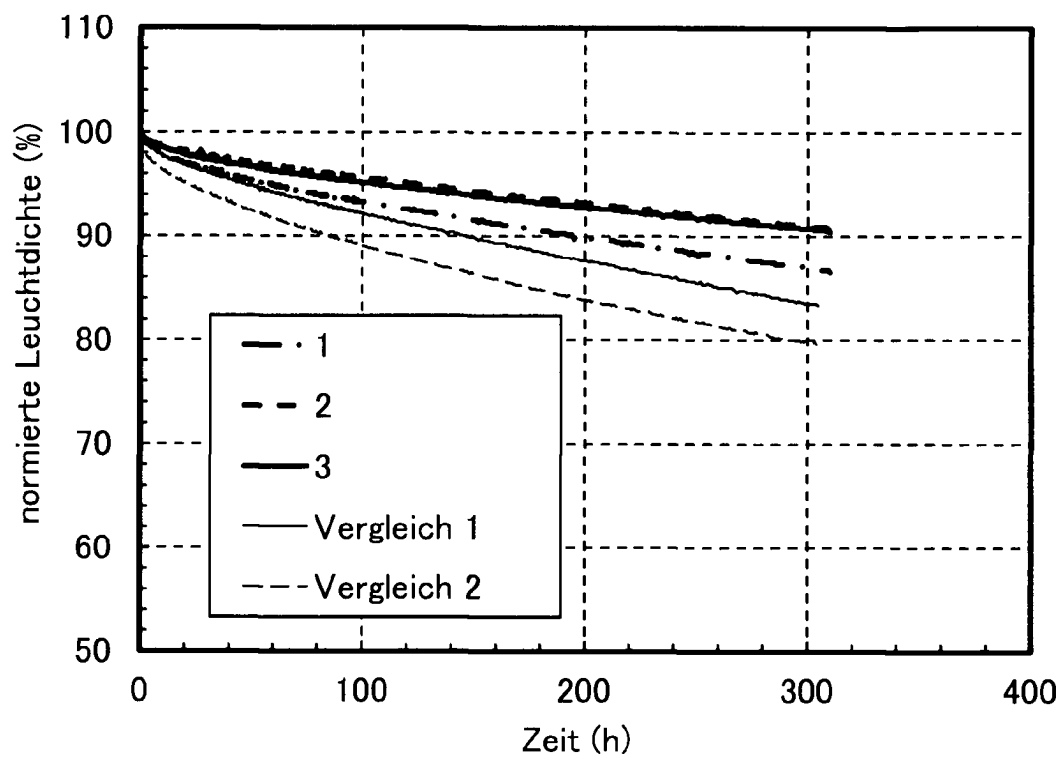


Fig. 21

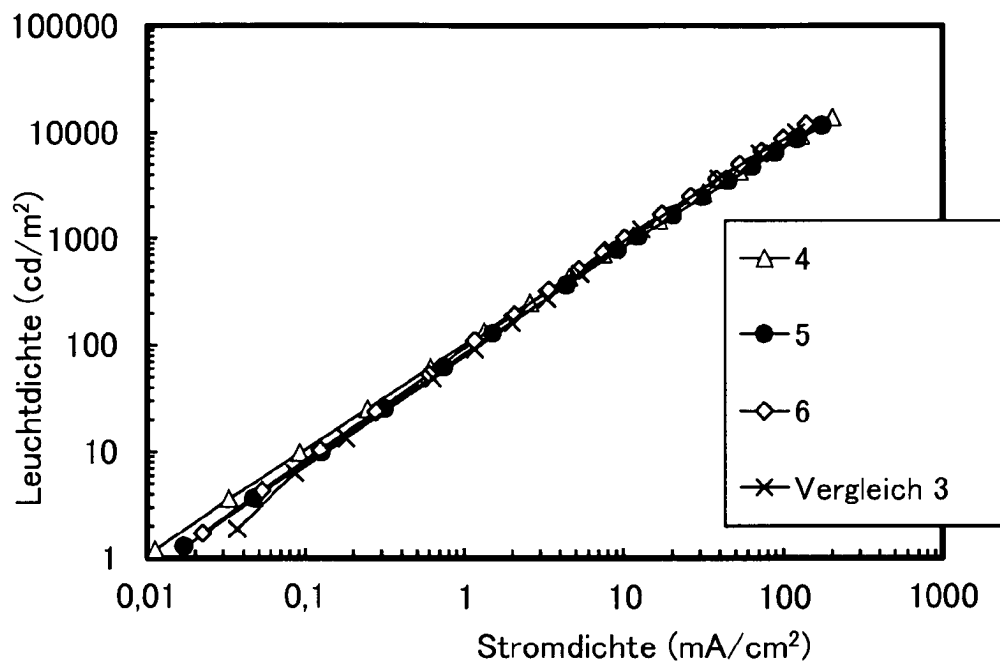


Fig. 22

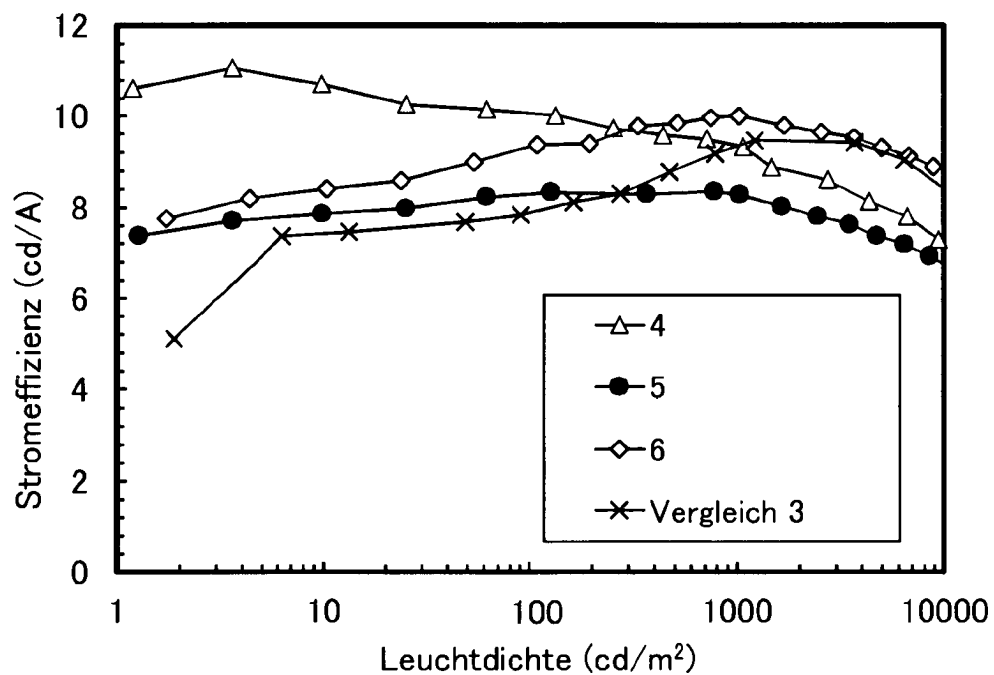


Fig. 23

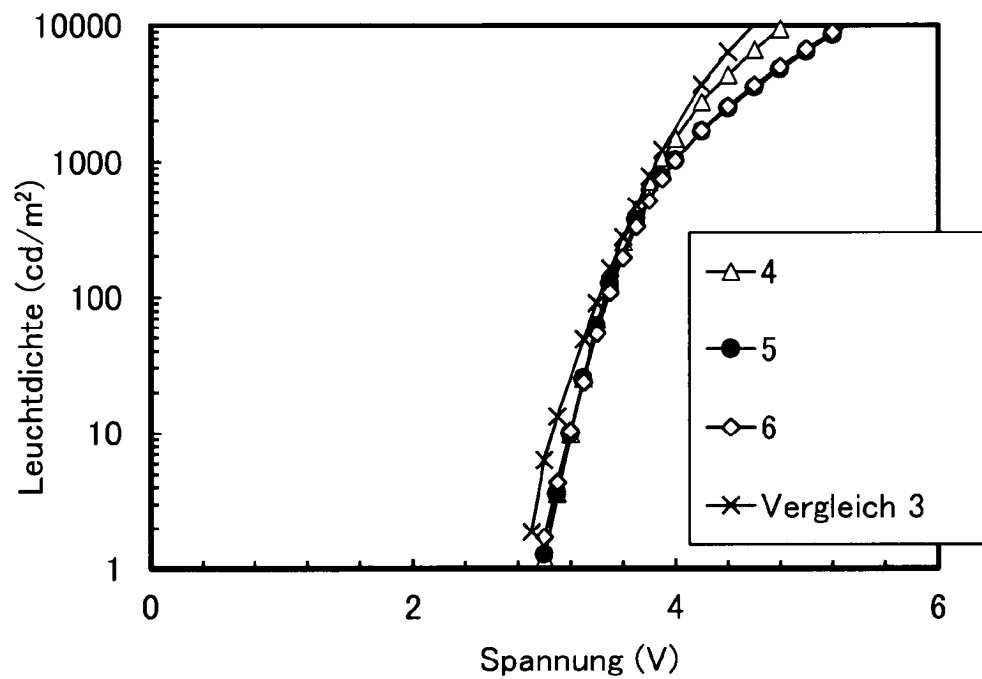


Fig. 24

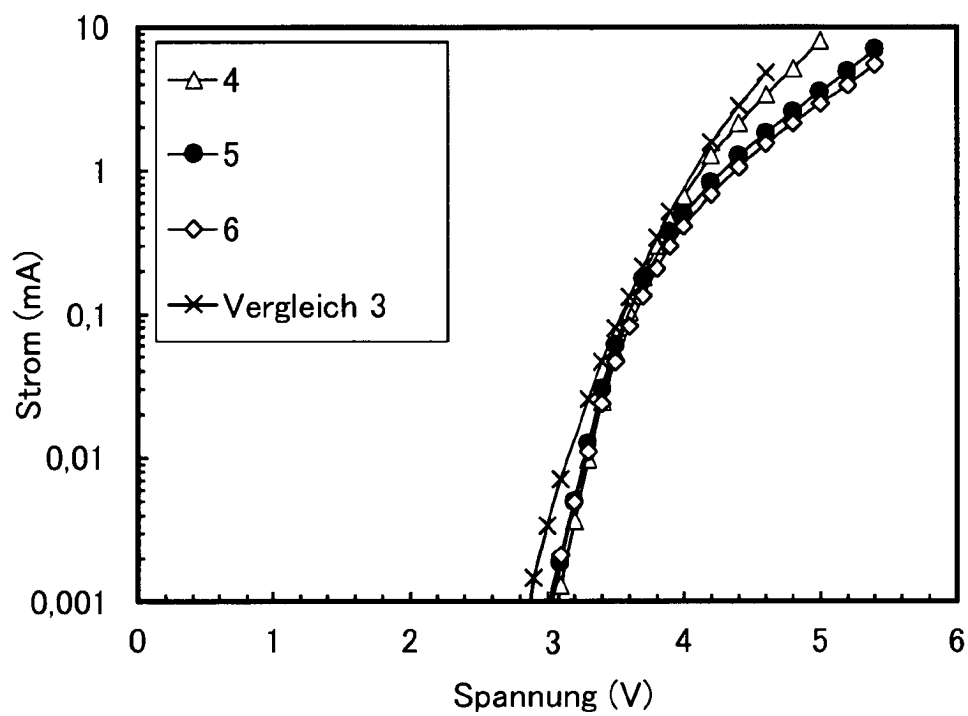




Fig. 25

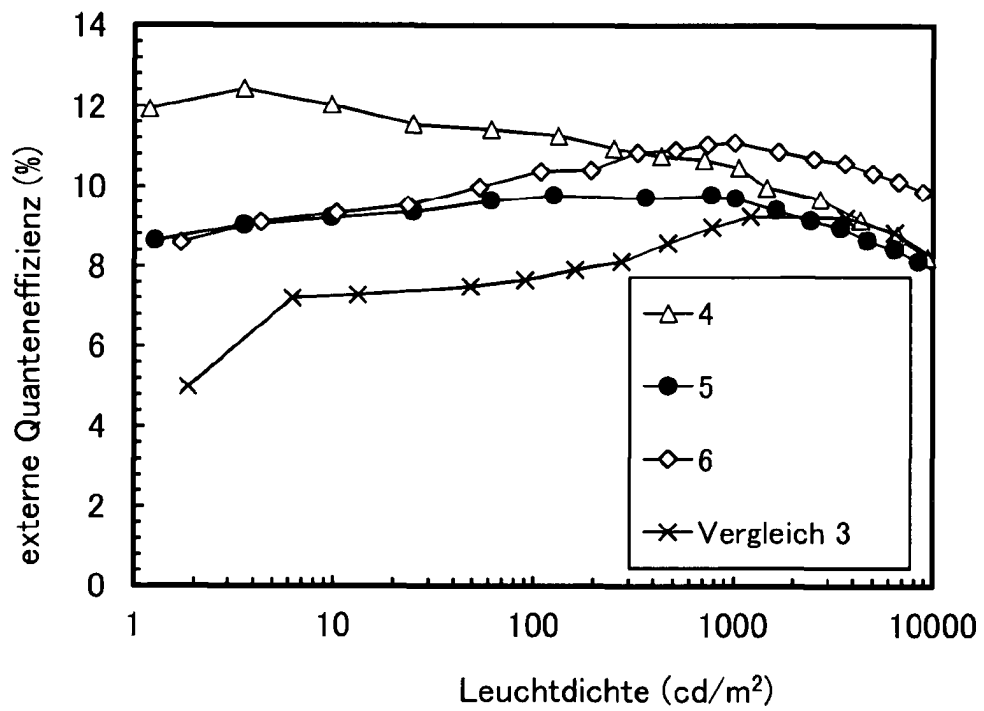


Fig. 26

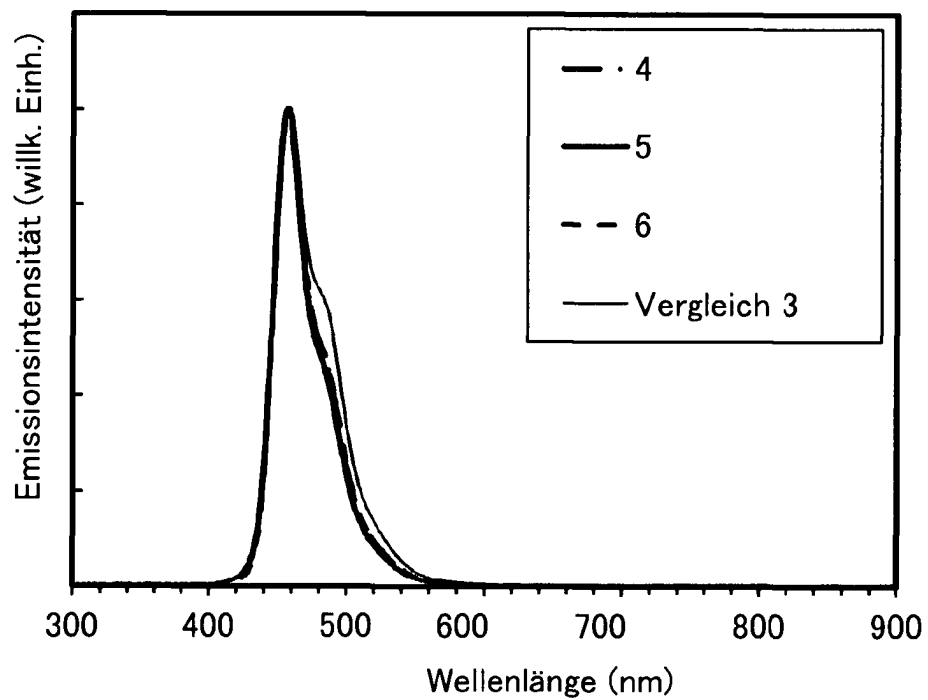


Fig. 27

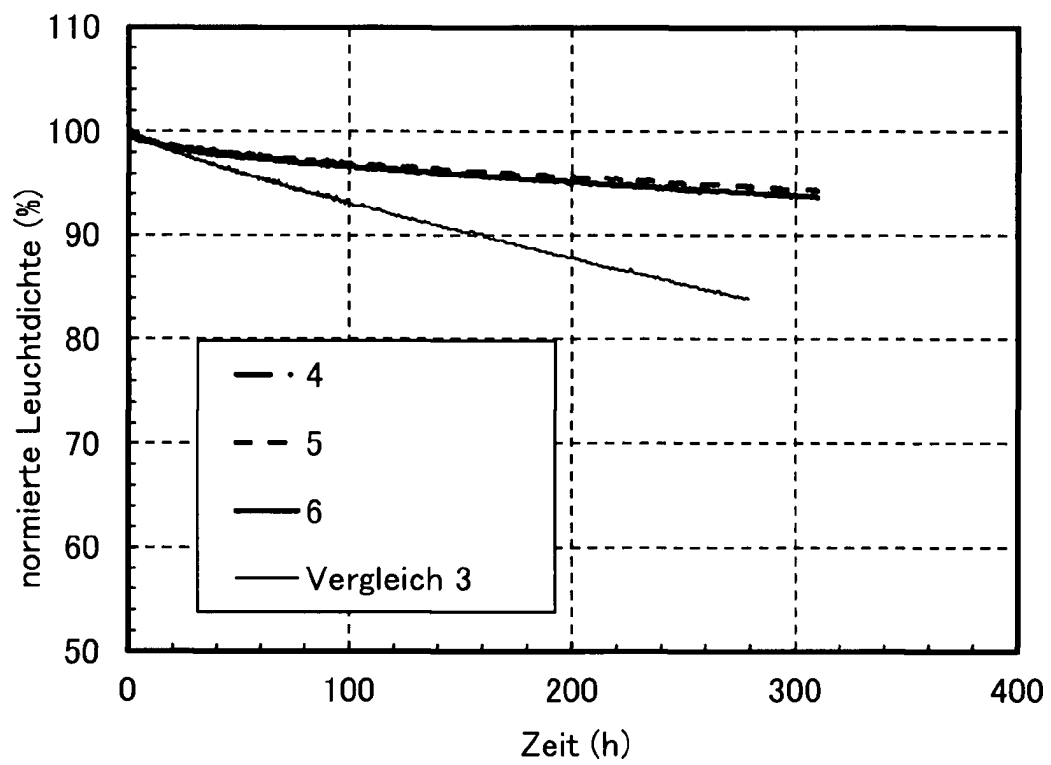


Fig. 28

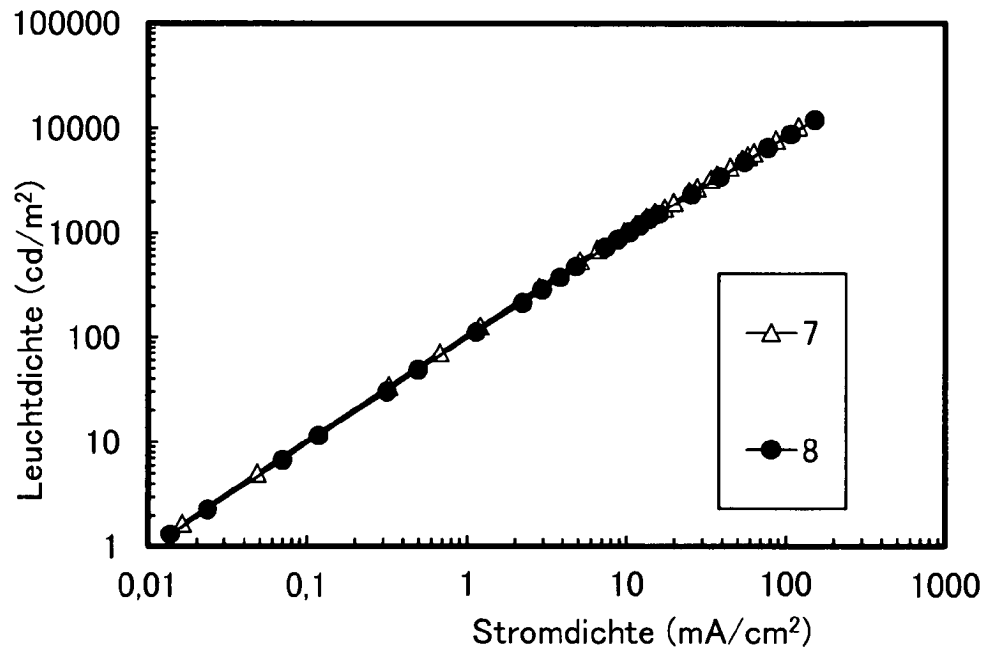


Fig. 29

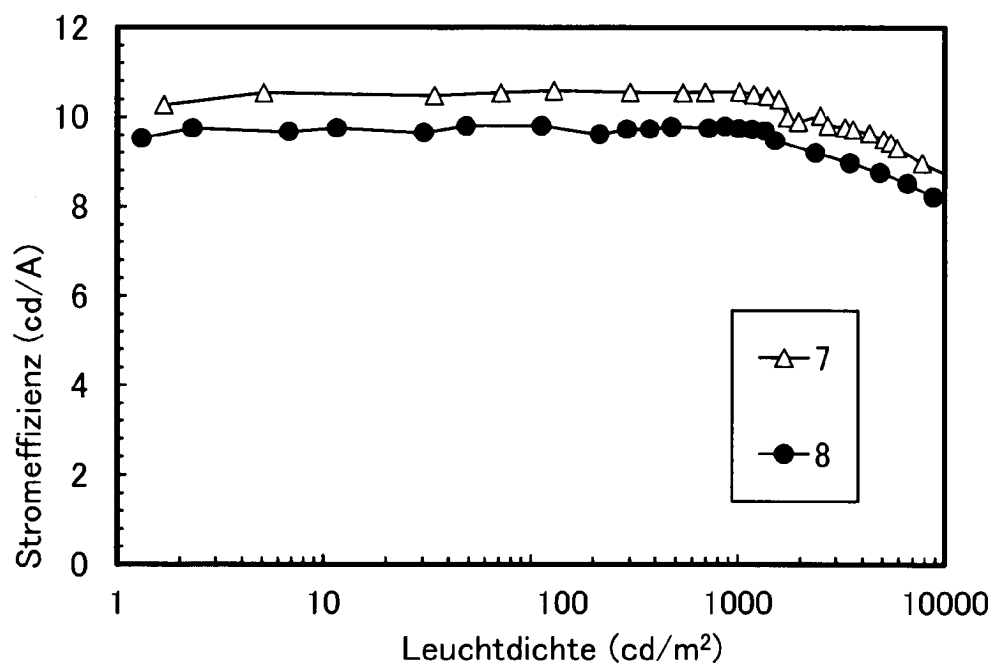


Fig. 30

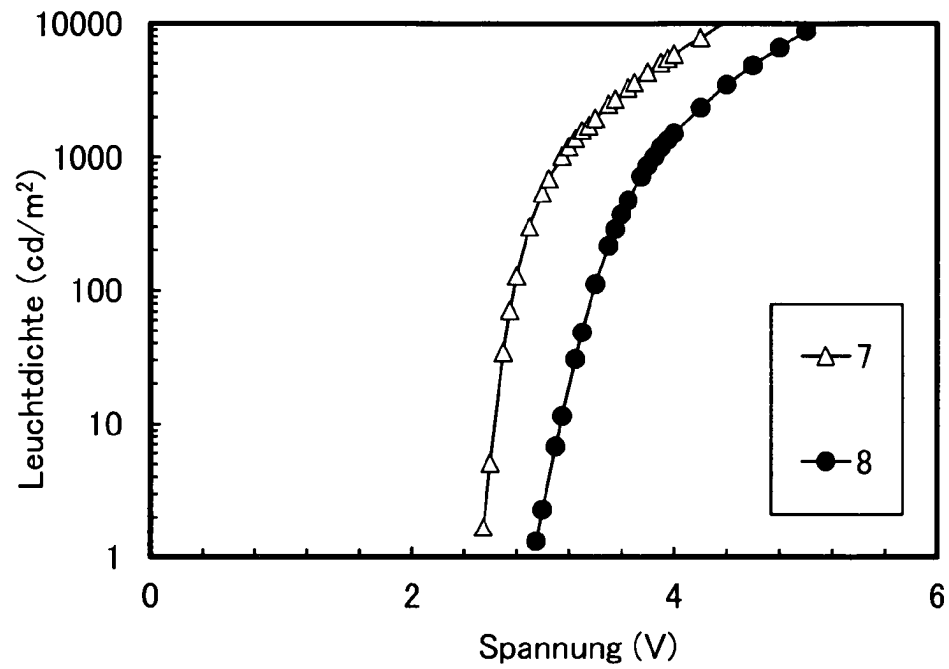


Fig. 31

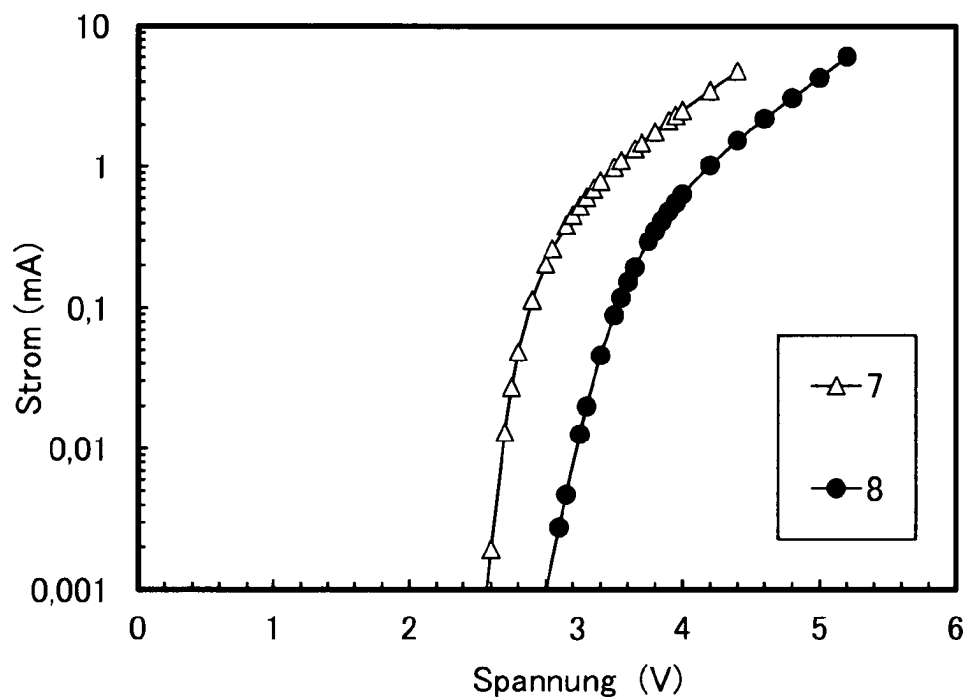


Fig. 32

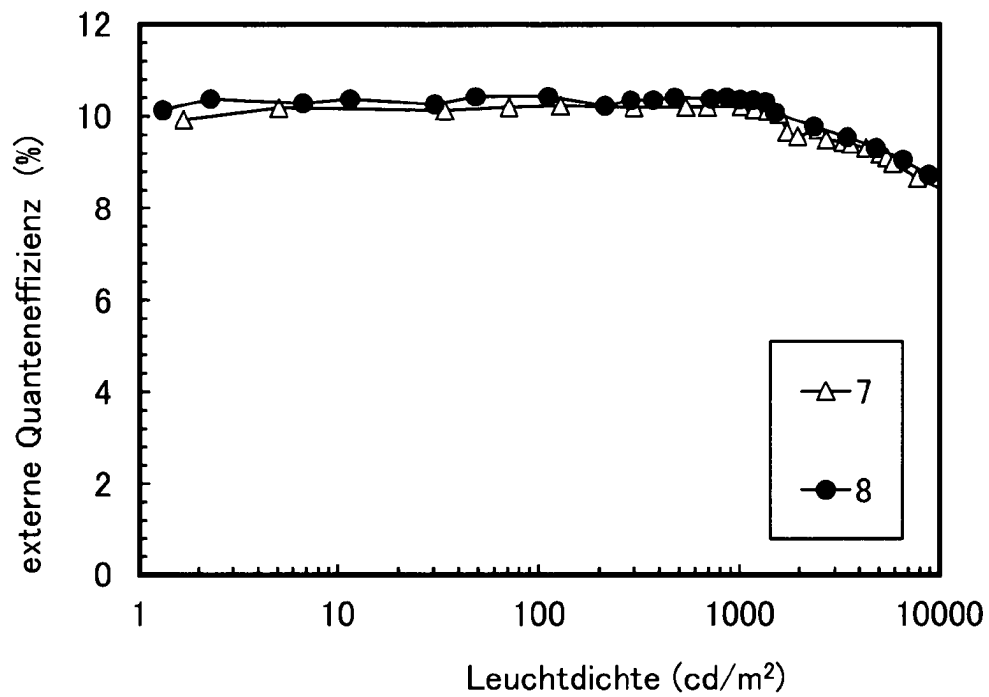


Fig. 33

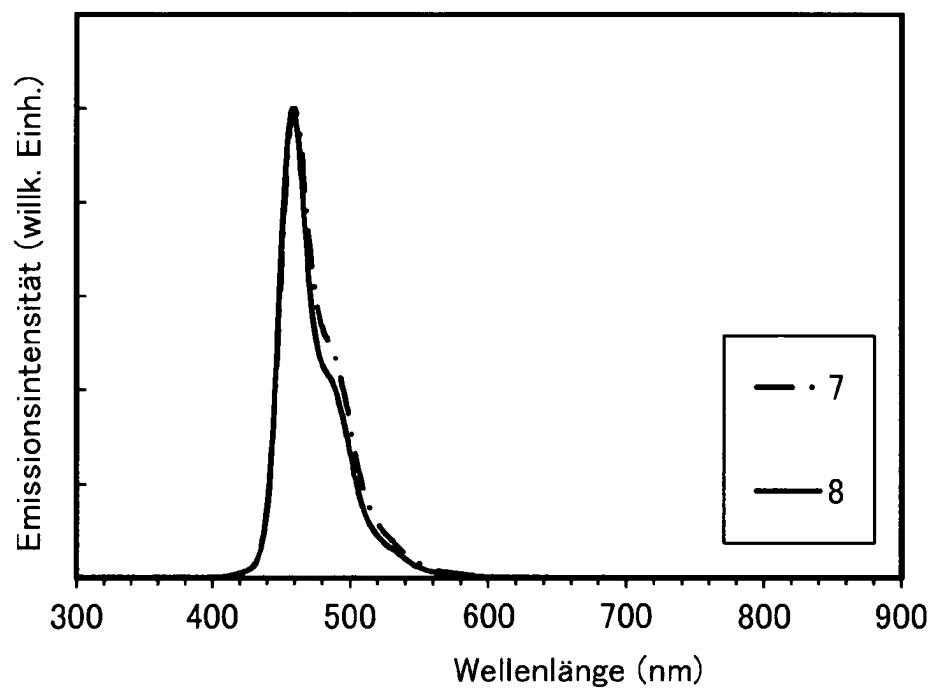


Fig. 34

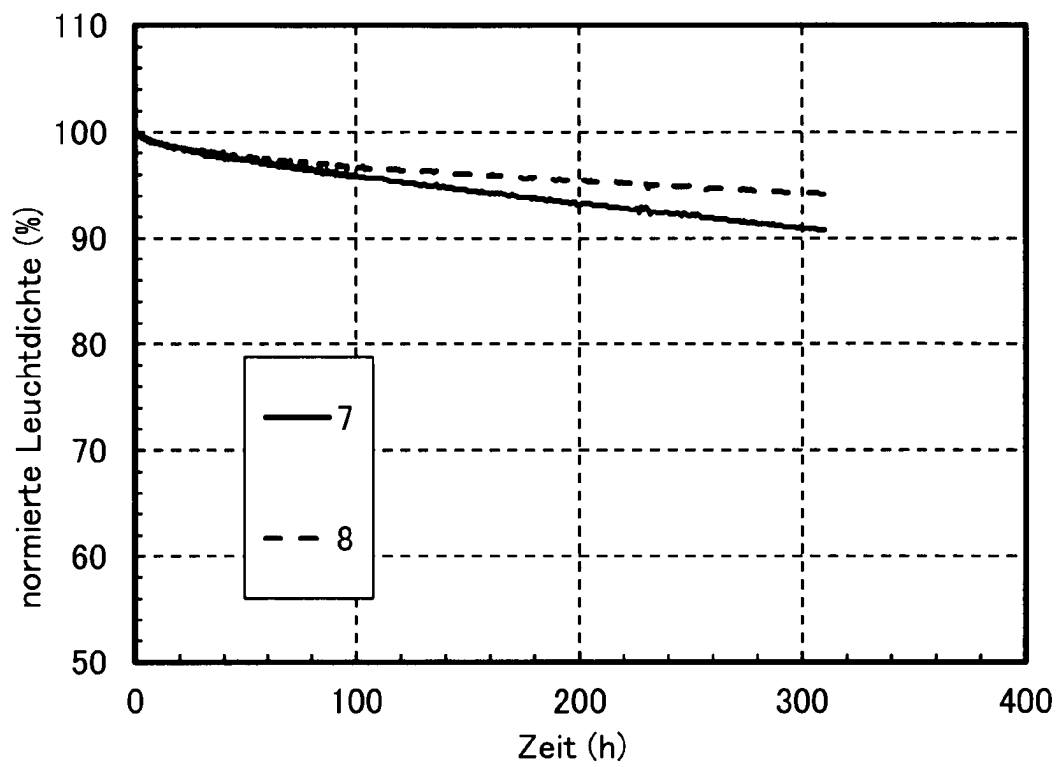


Fig. 35

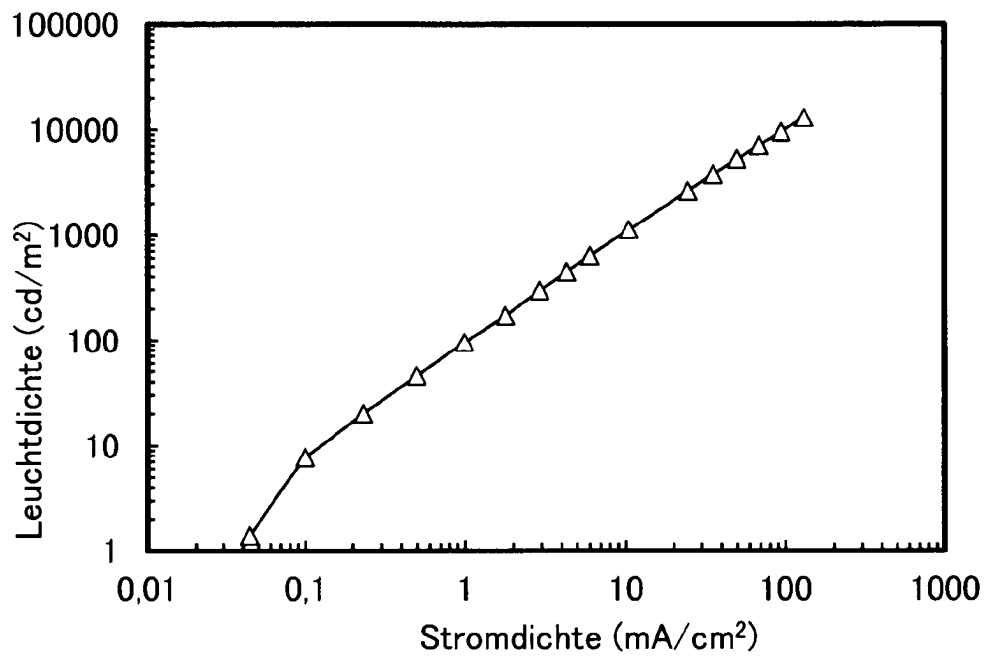


Fig. 36

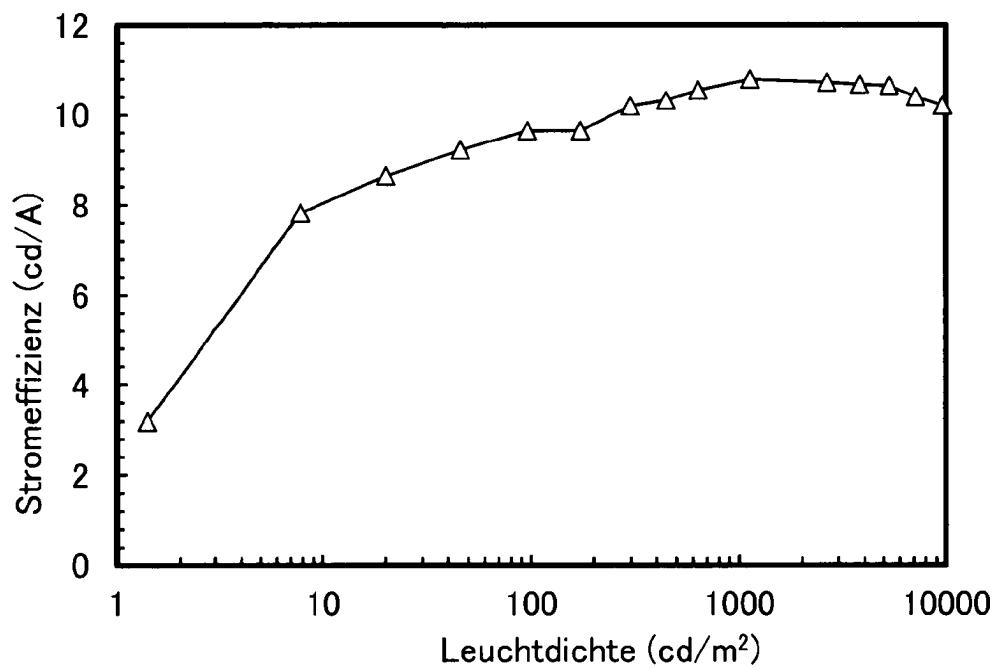


Fig. 37

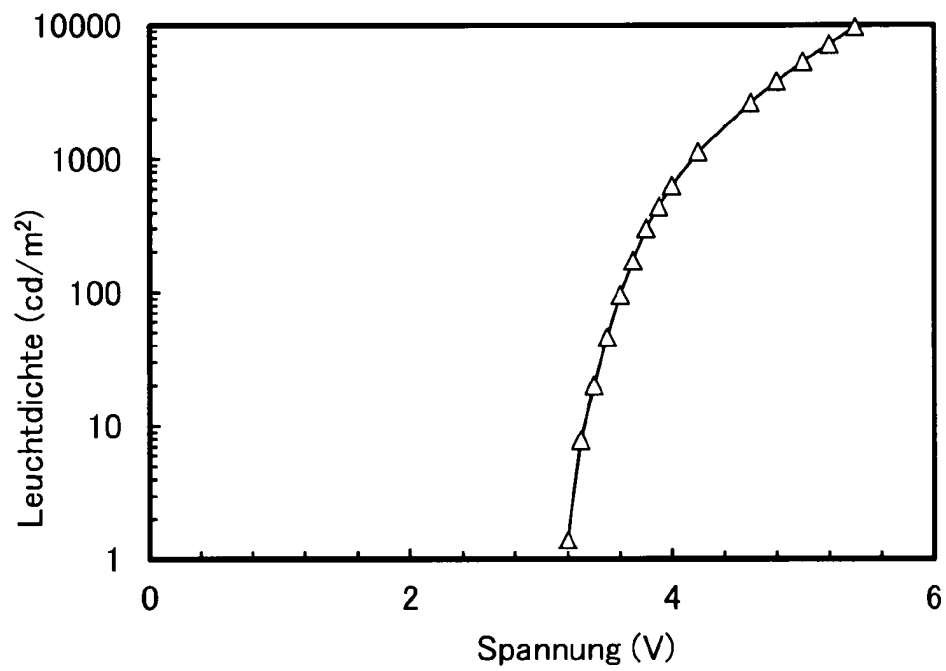


Fig. 38

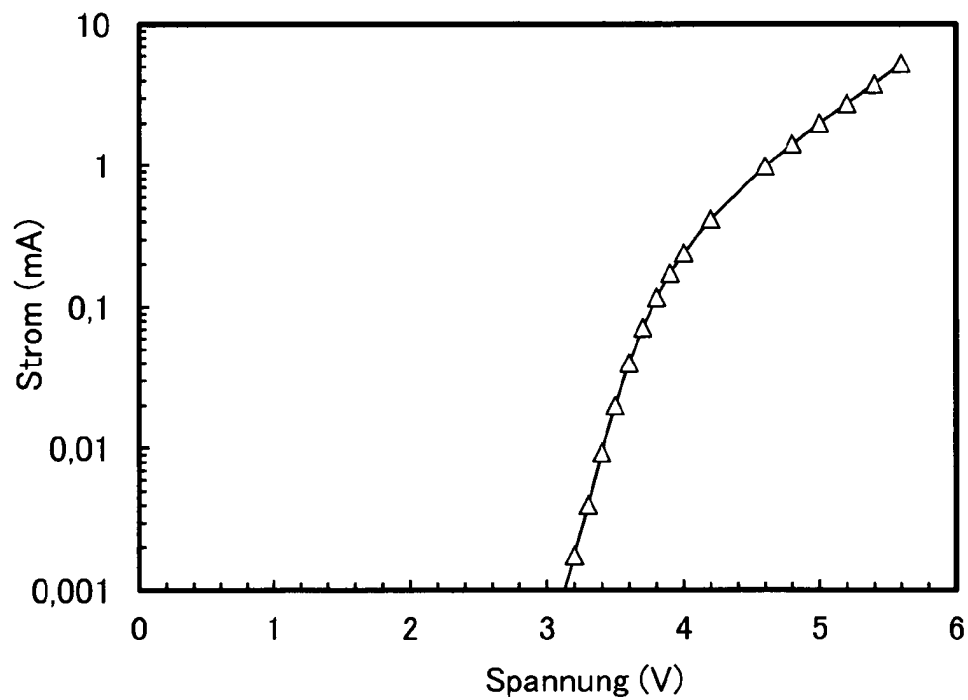




Fig. 39

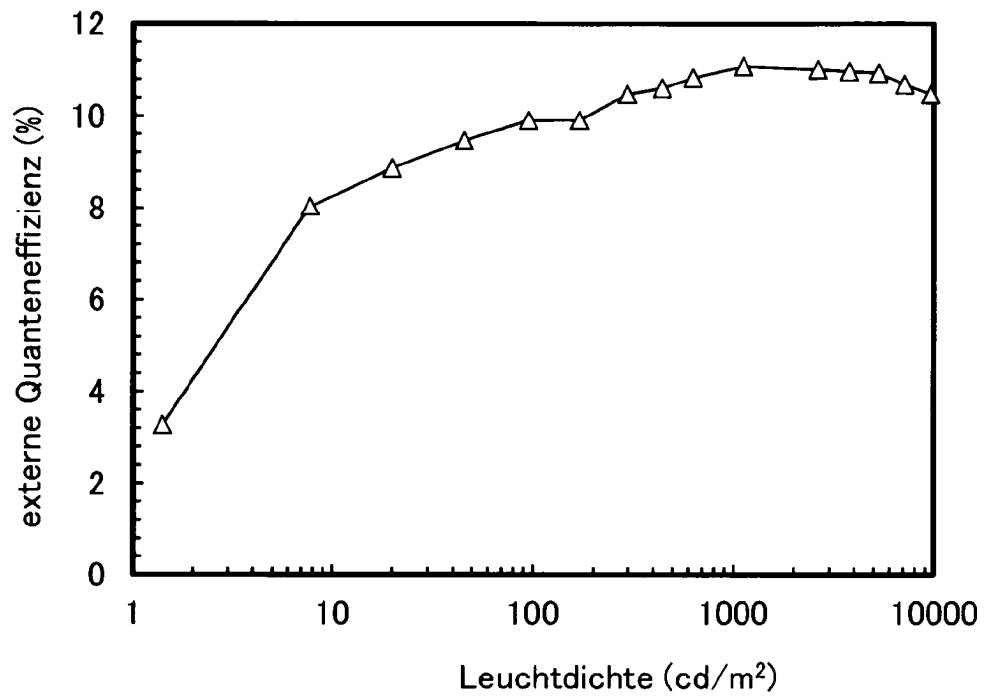


Fig. 40

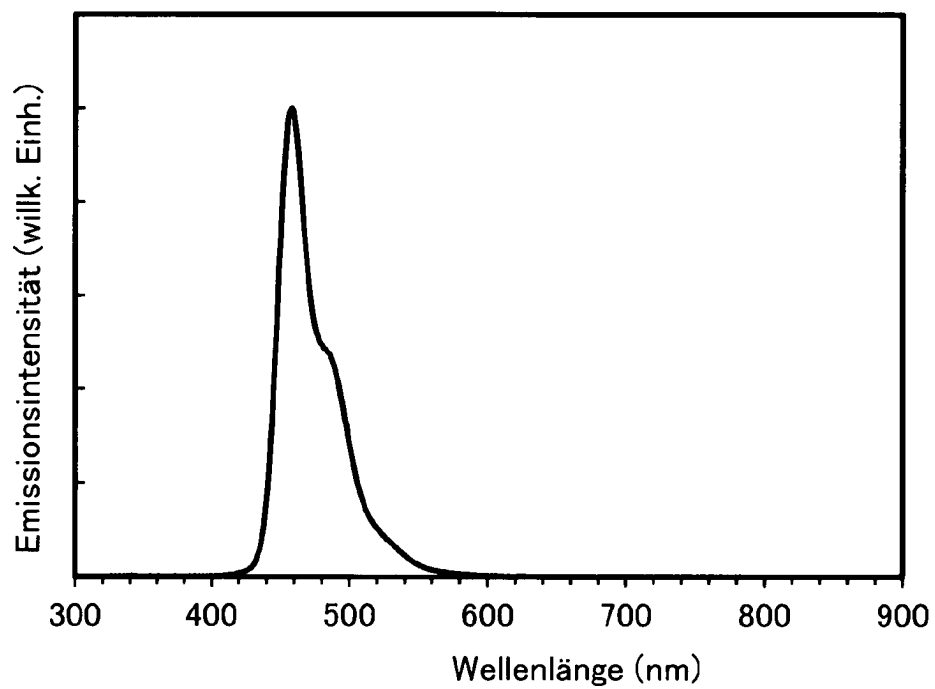


Fig. 41

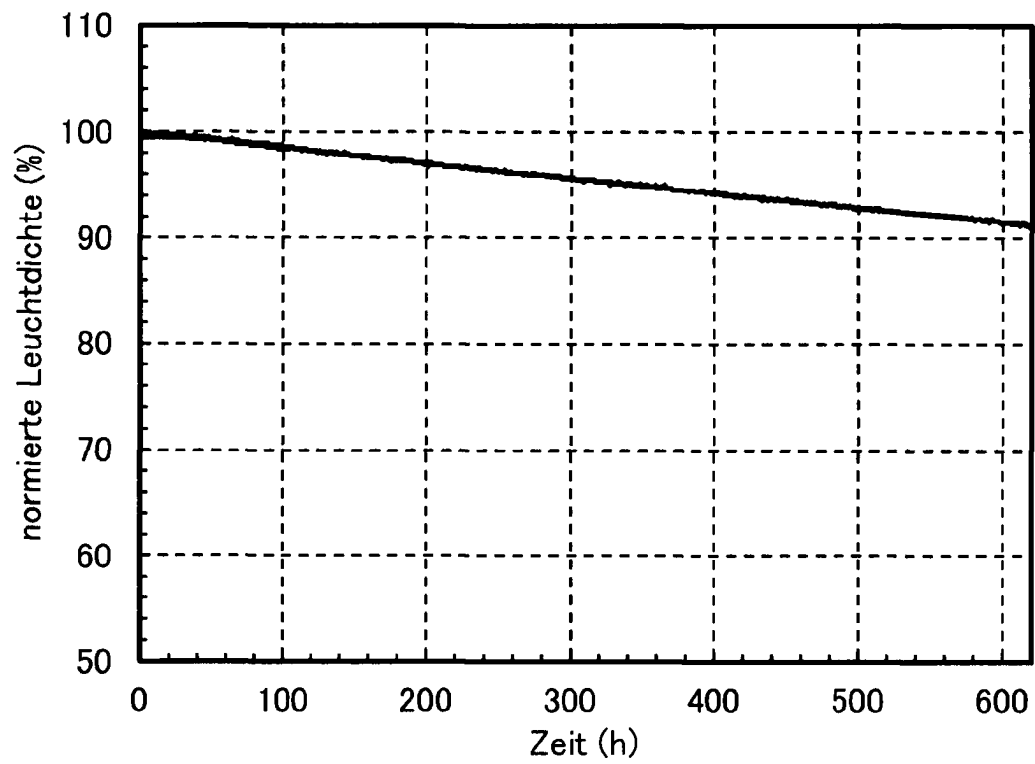


Fig. 42

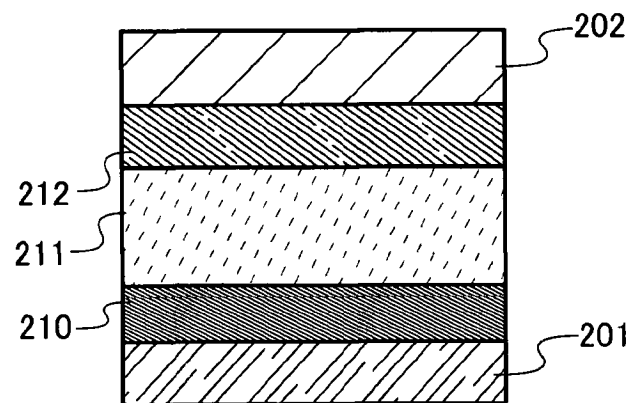


Fig. 43

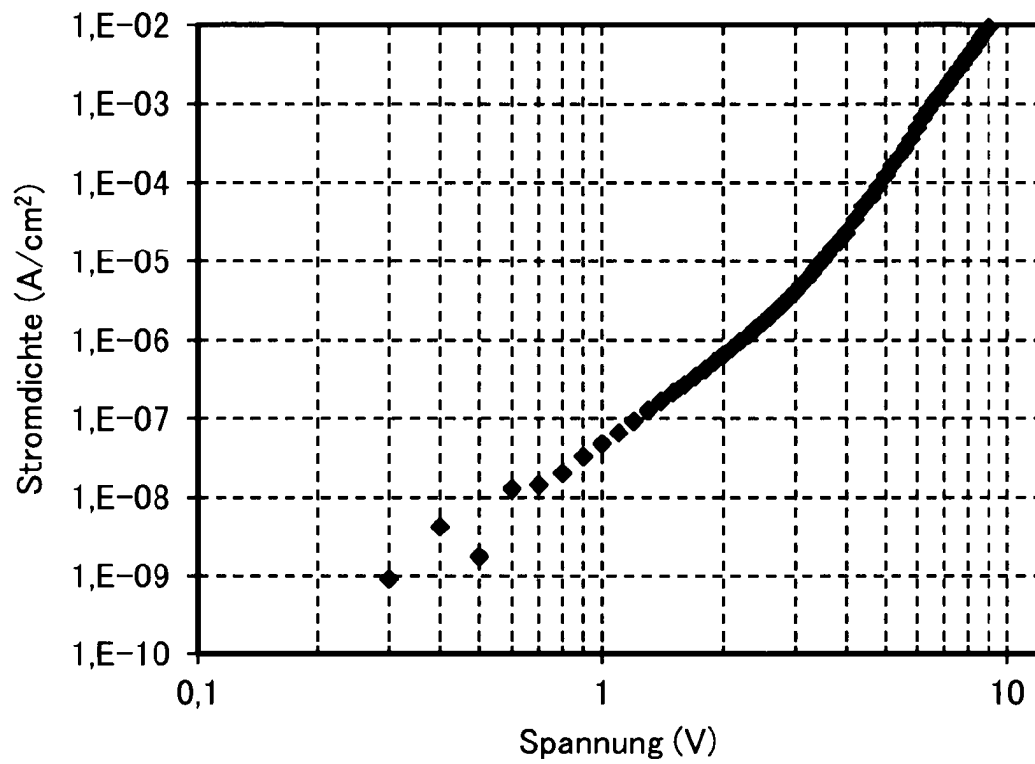


Fig. 44

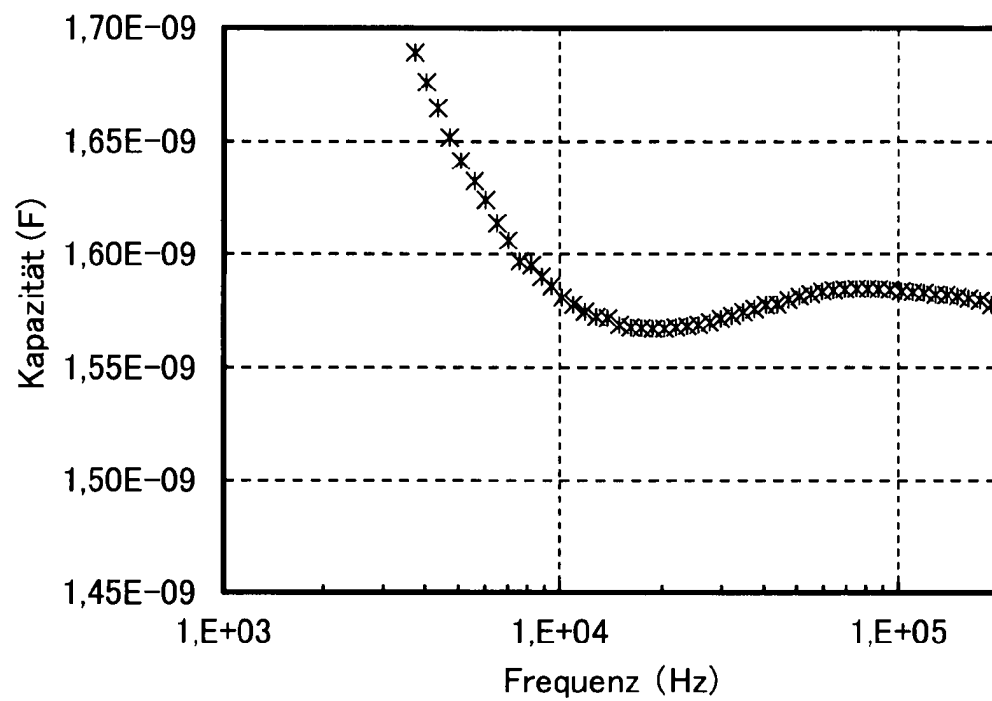


Fig. 45

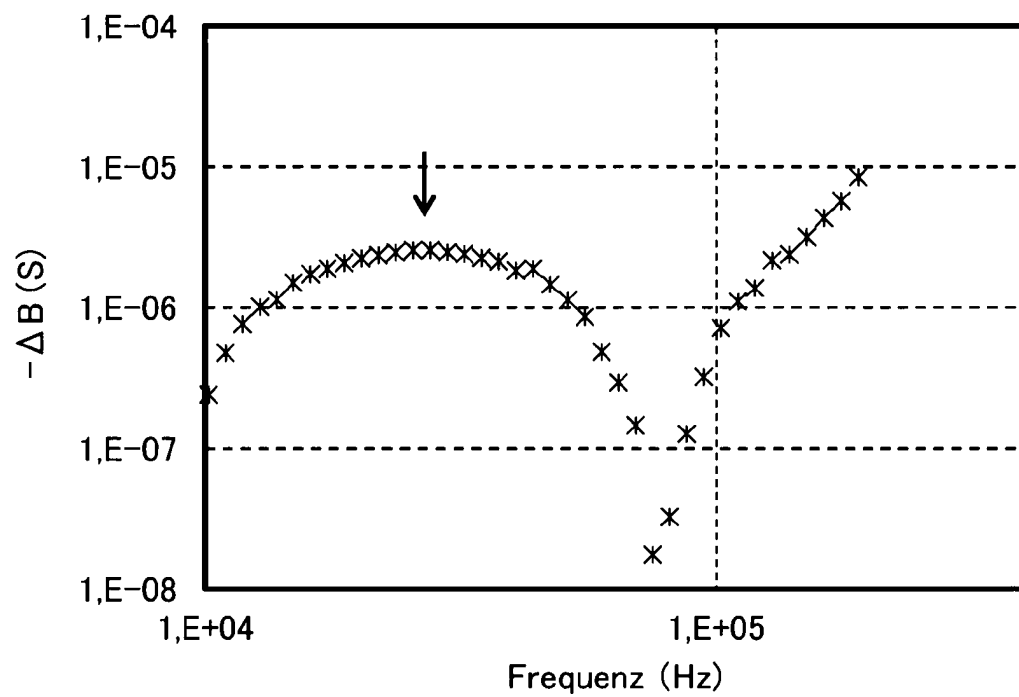


Fig. 46

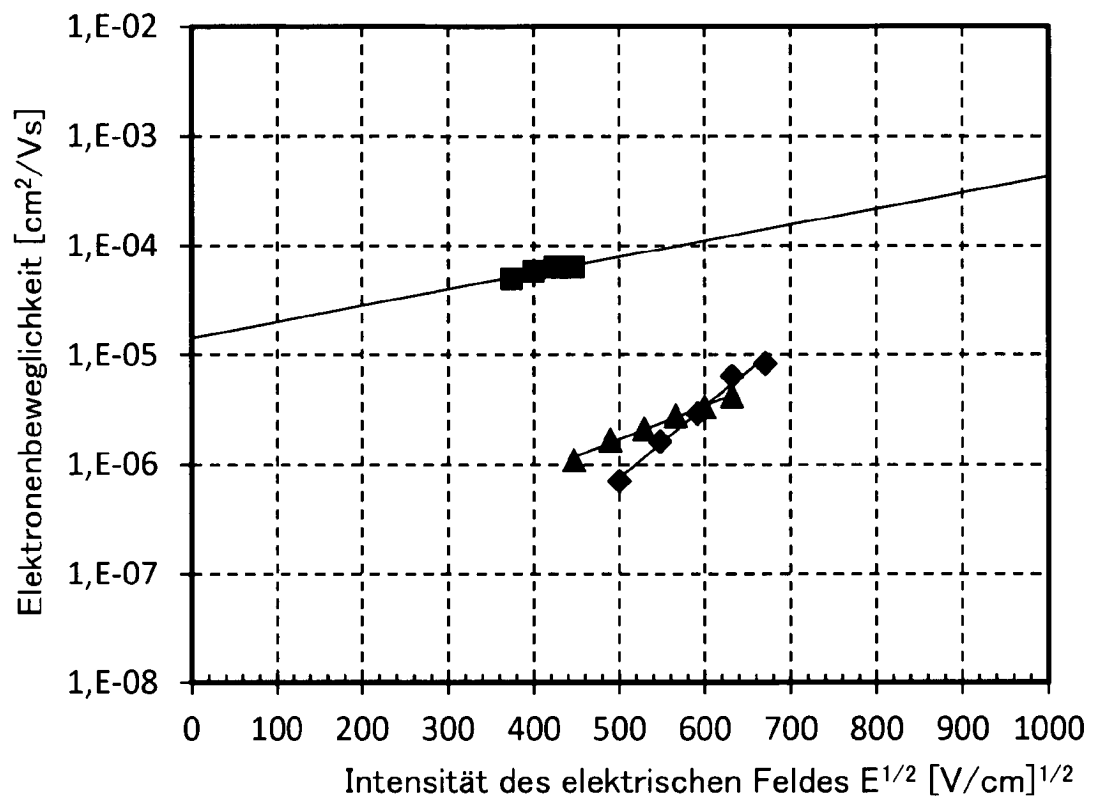


Fig. 47

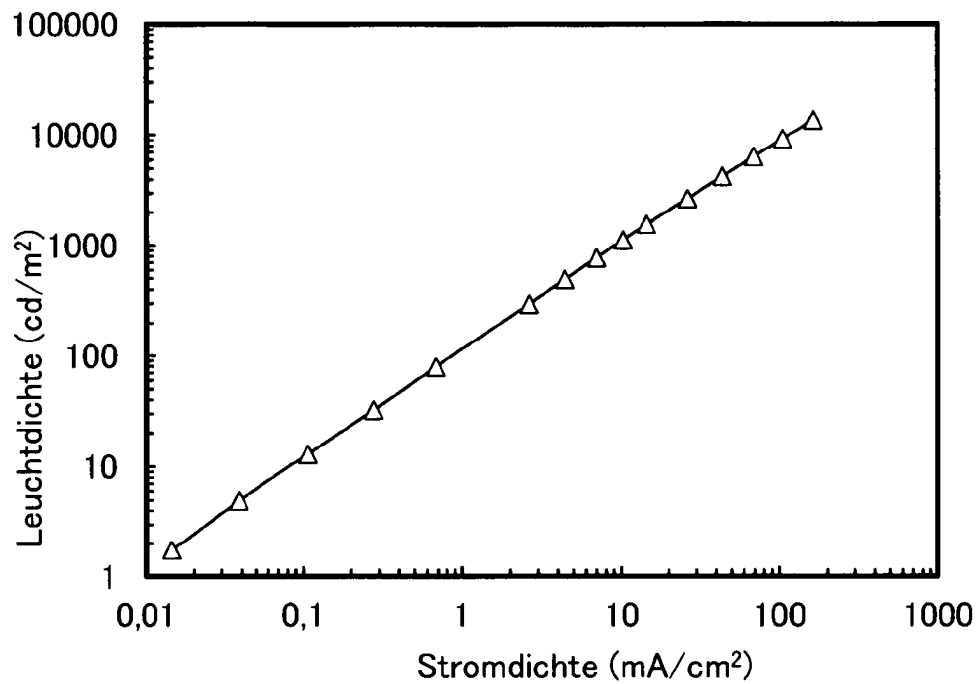


Fig. 48

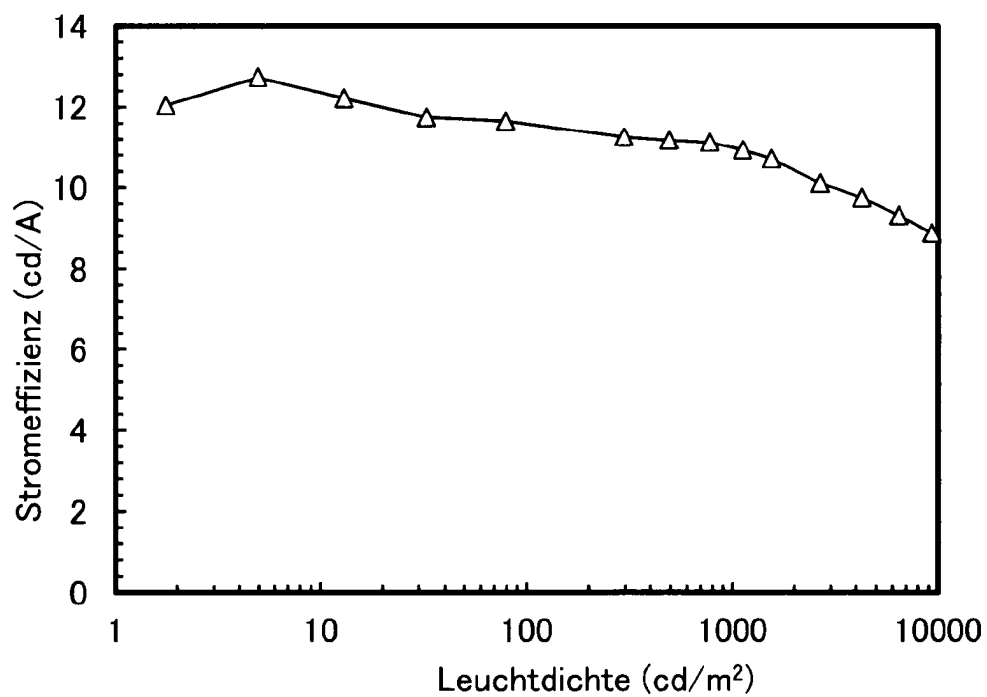




Fig. 49

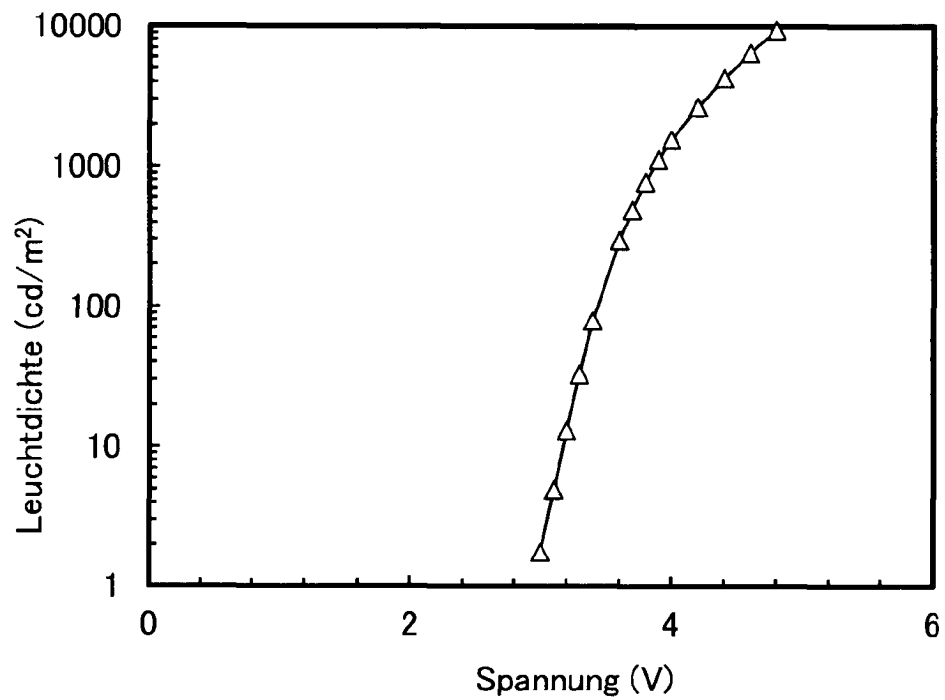


Fig. 50

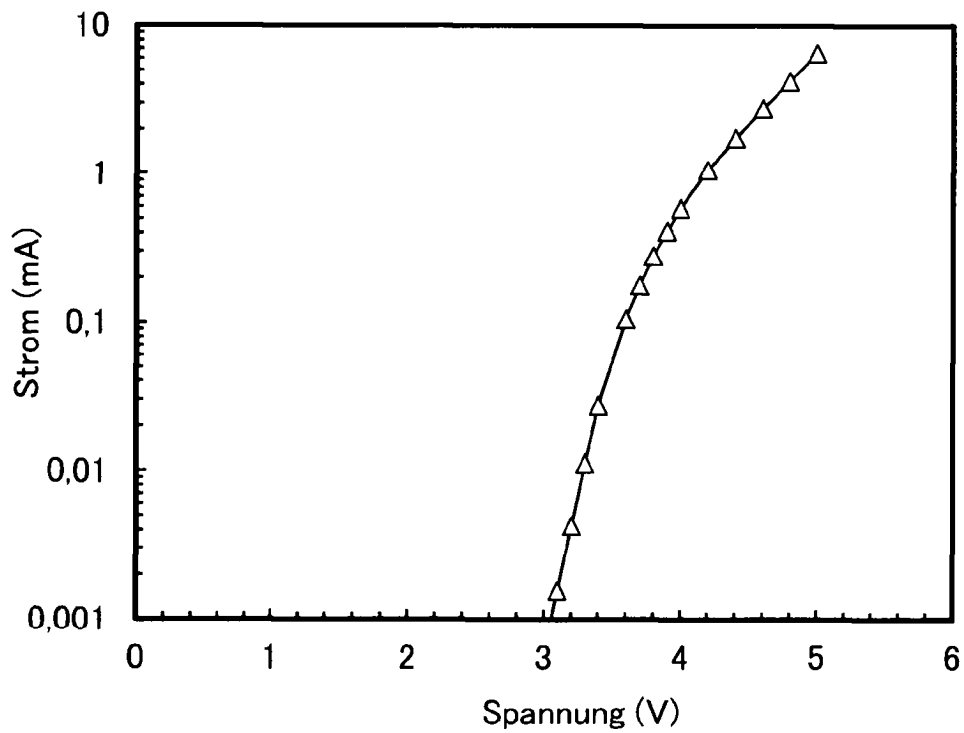


Fig. 51

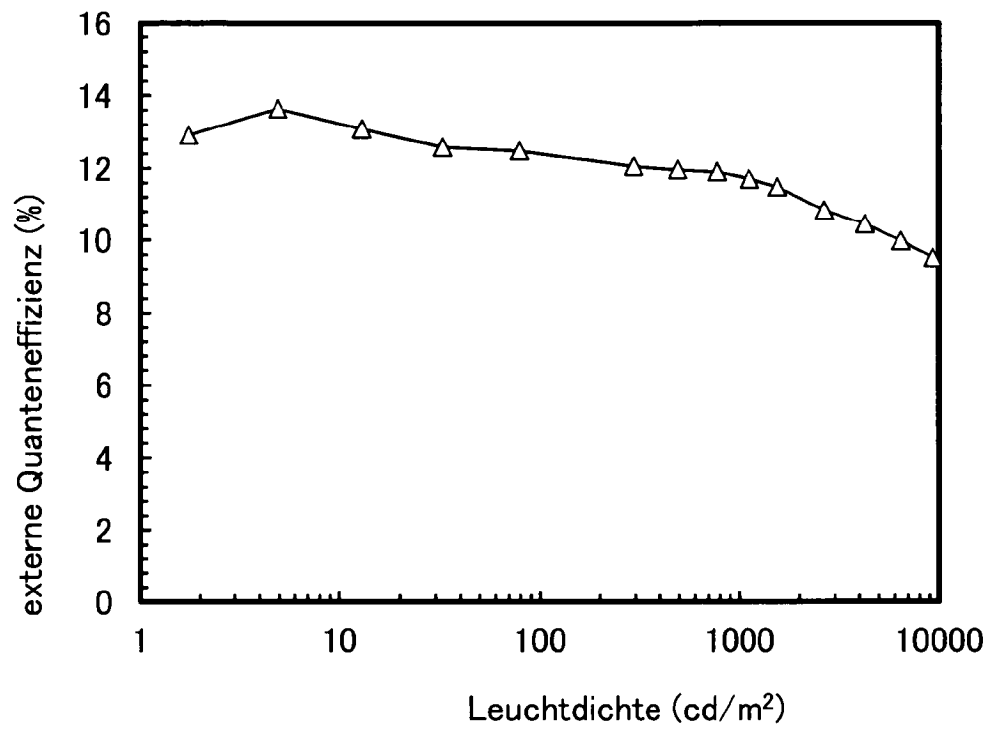


Fig. 52

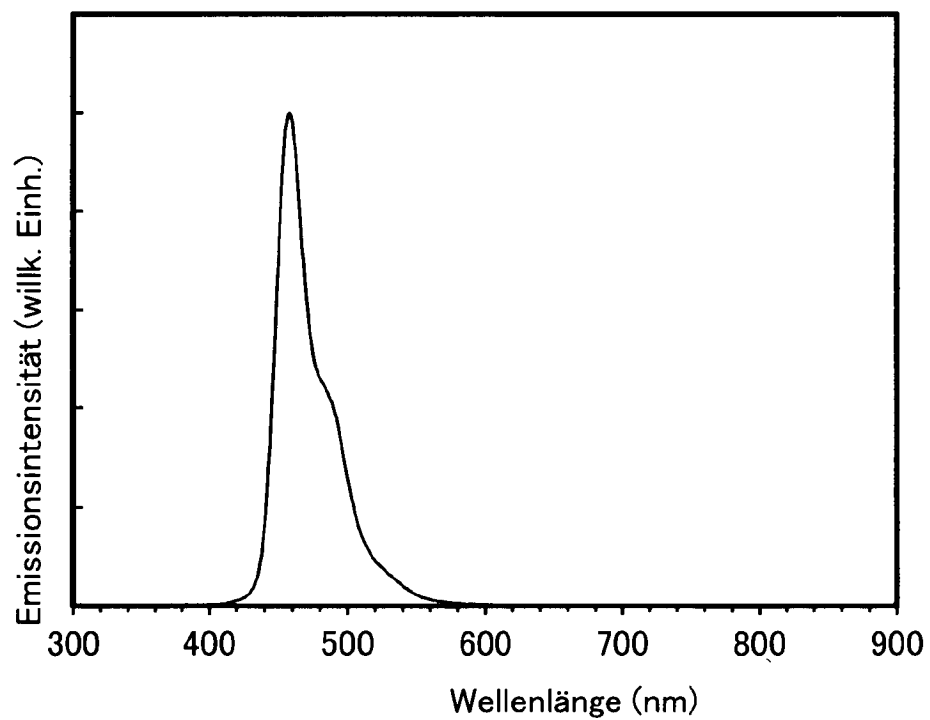


Fig. 53

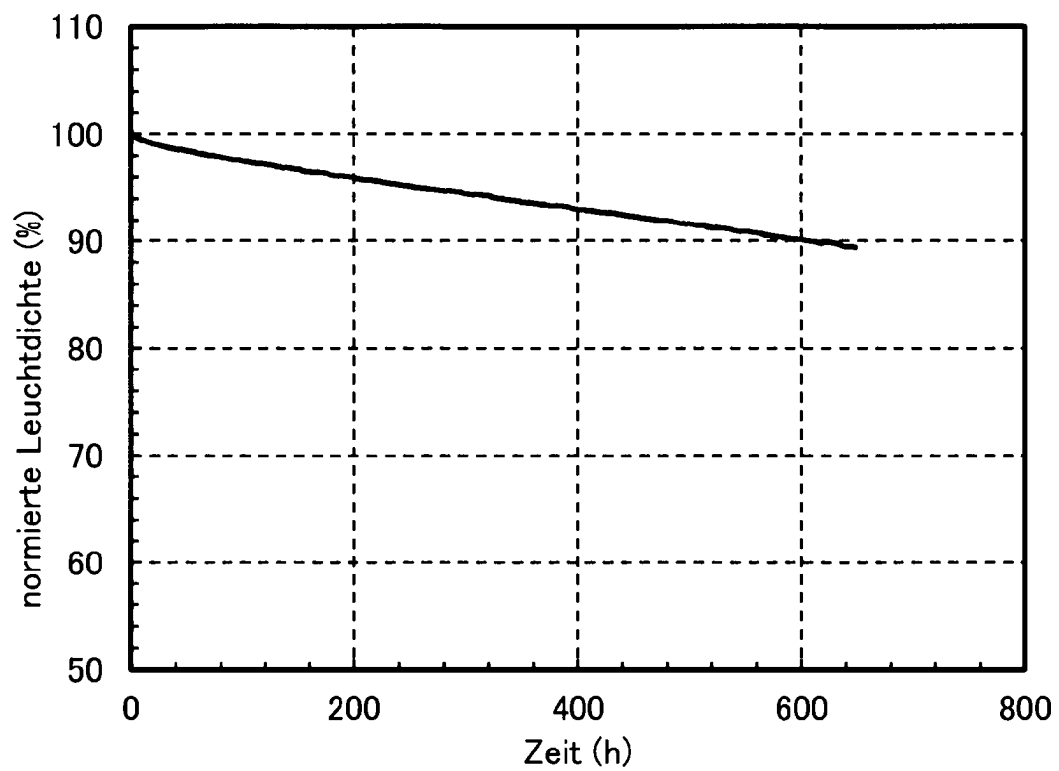


Fig. 54

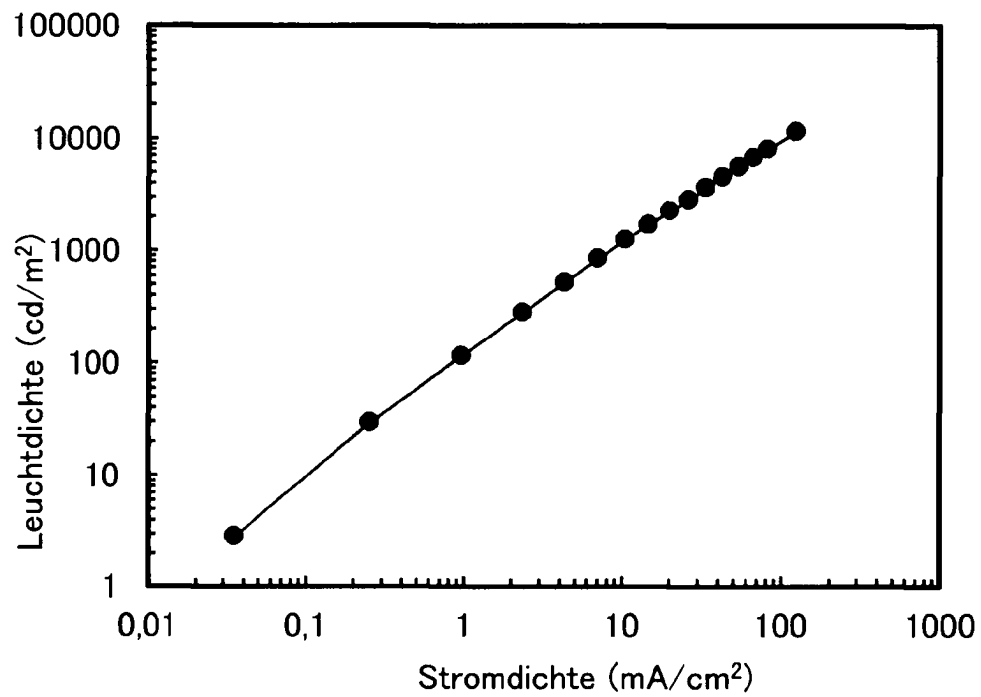


Fig. 55

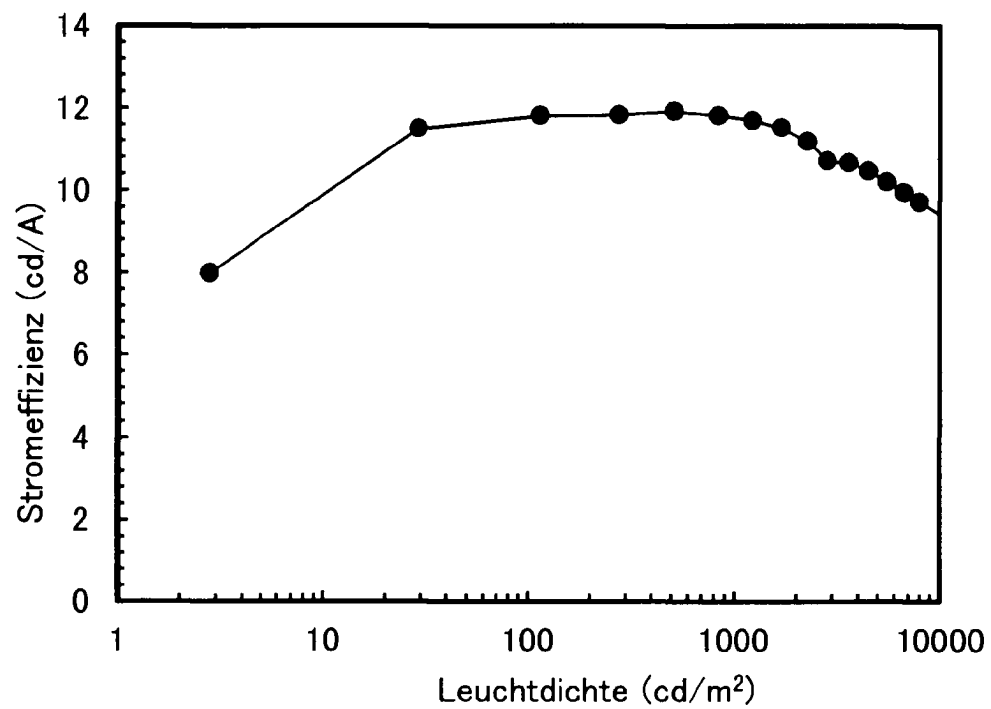


Fig. 56

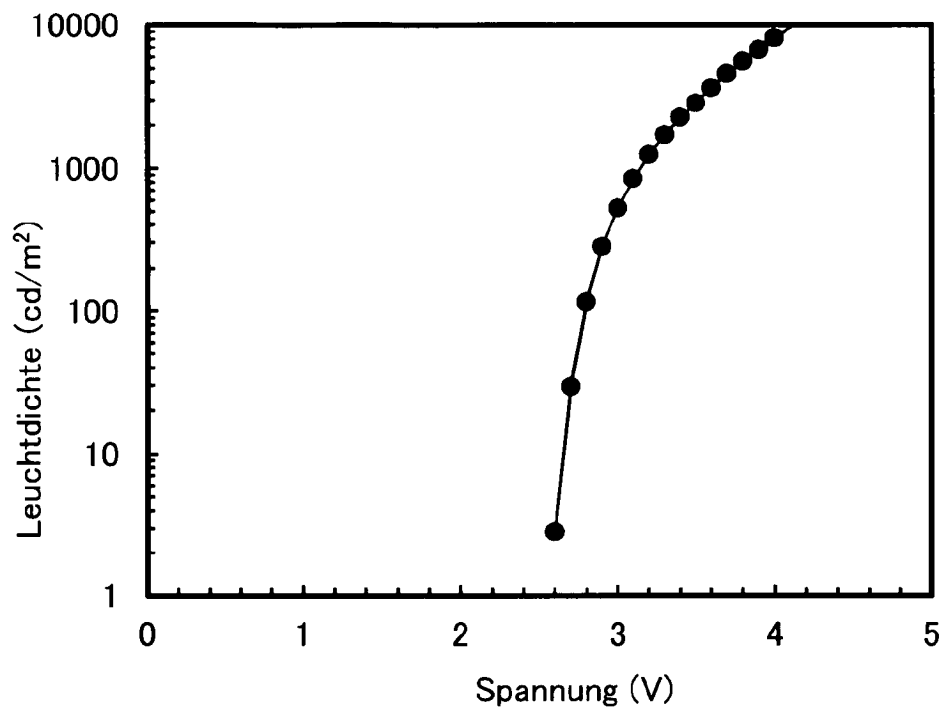


Fig. 57

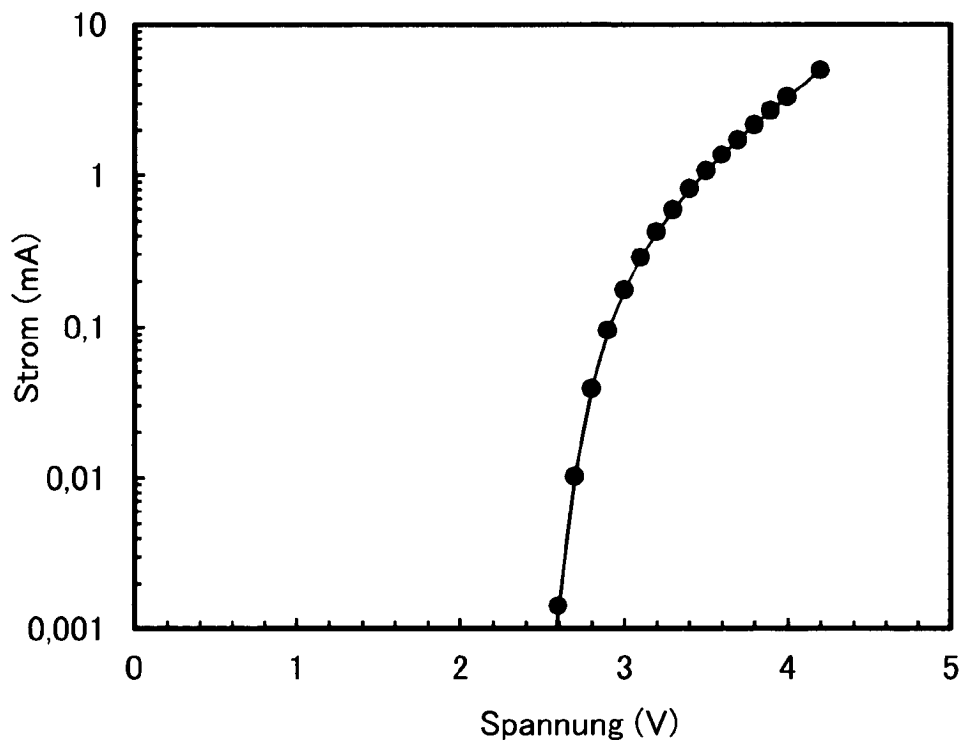


Fig. 58

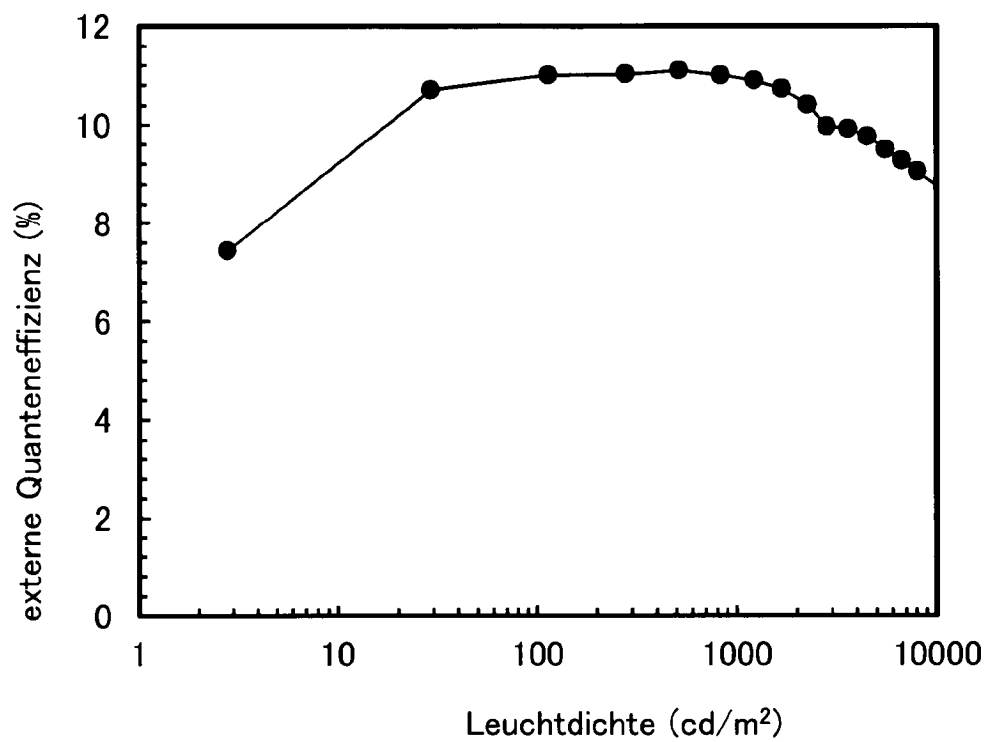


Fig. 59

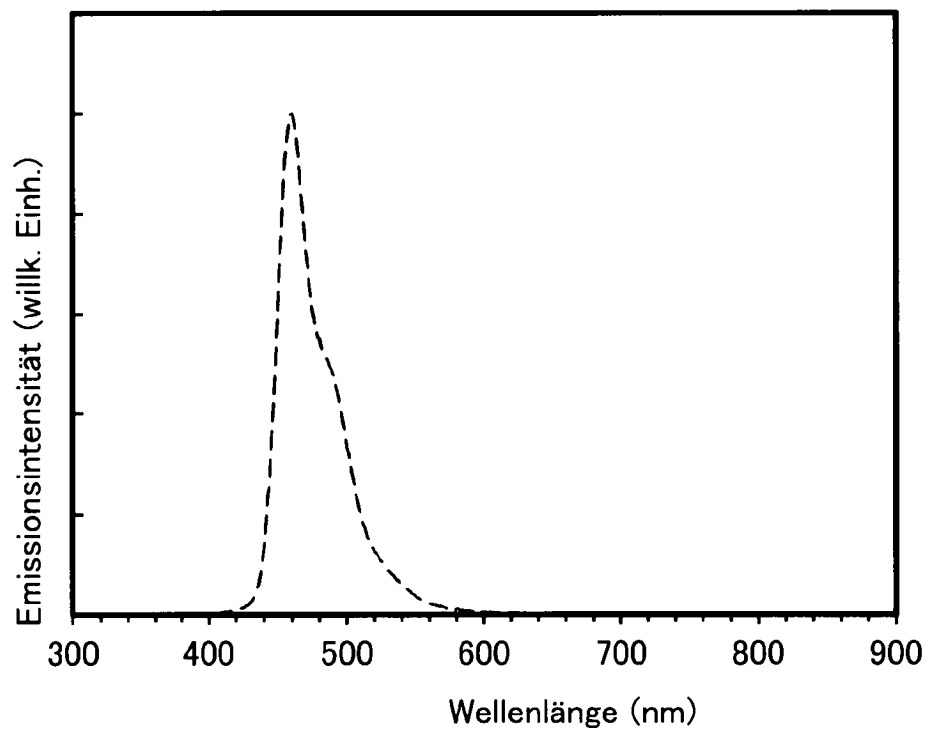


Fig. 60

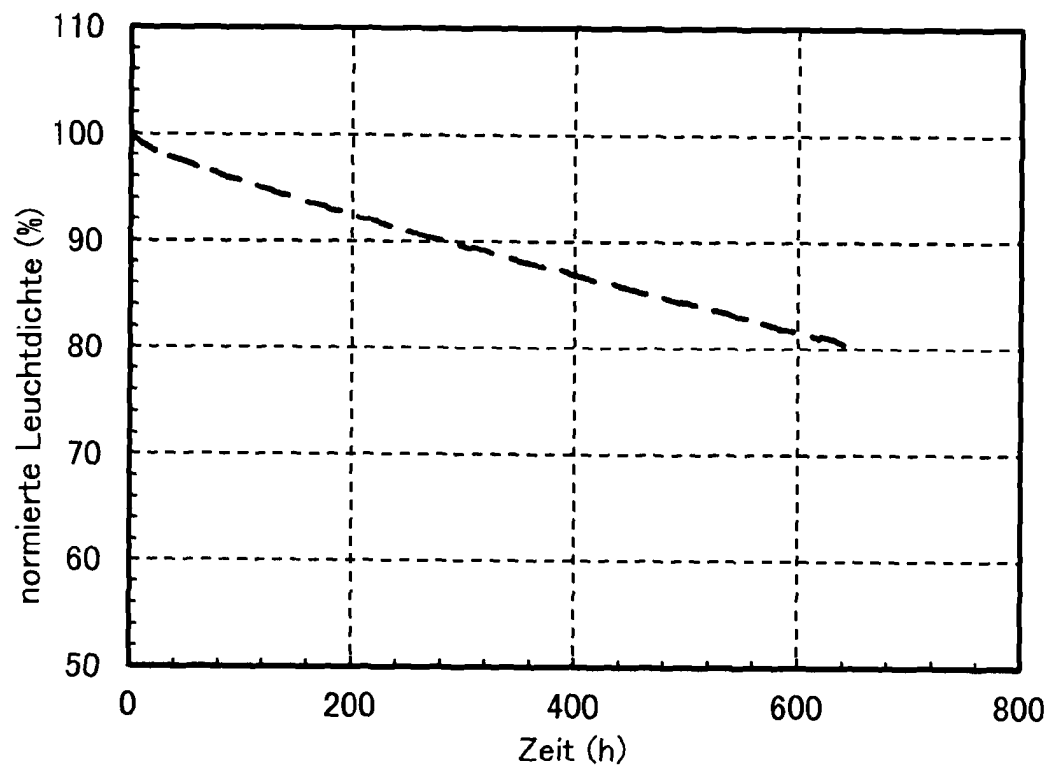


Fig. 61

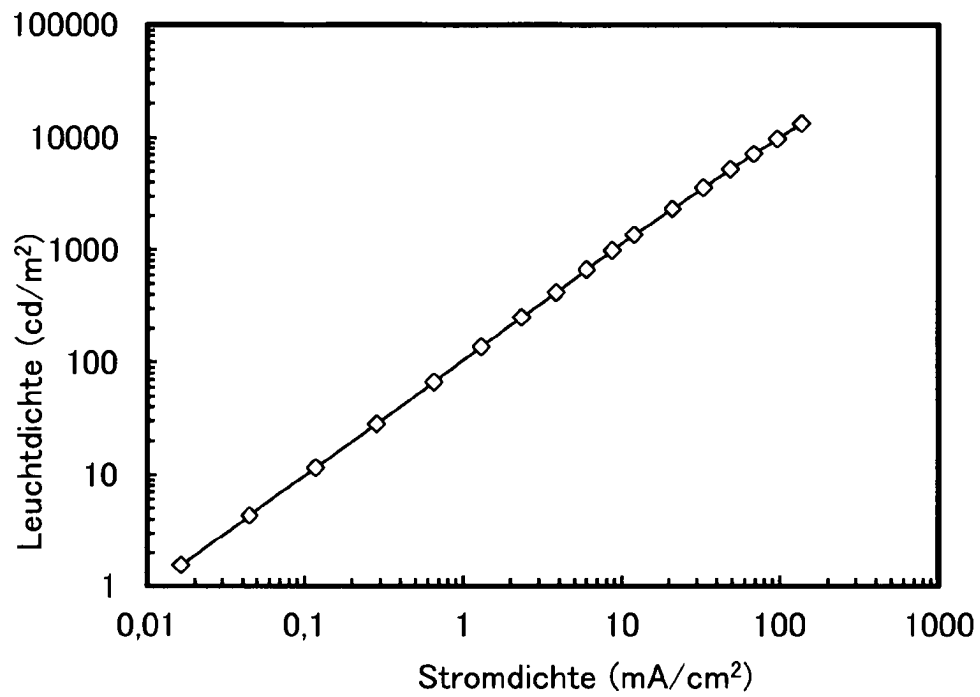


Fig. 62

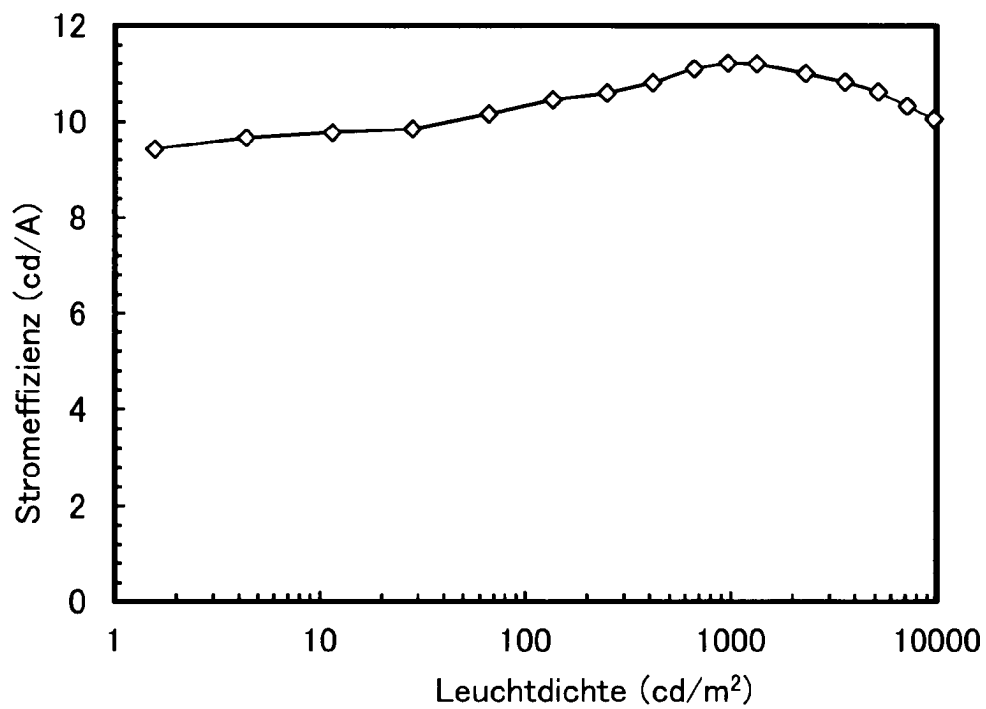




Fig. 63

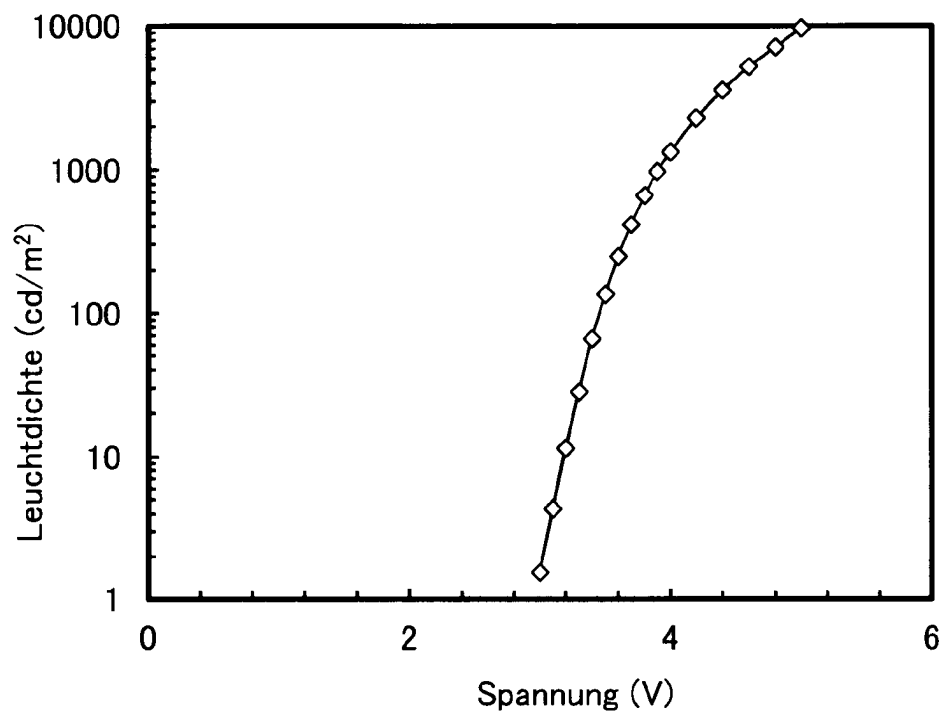


Fig. 64

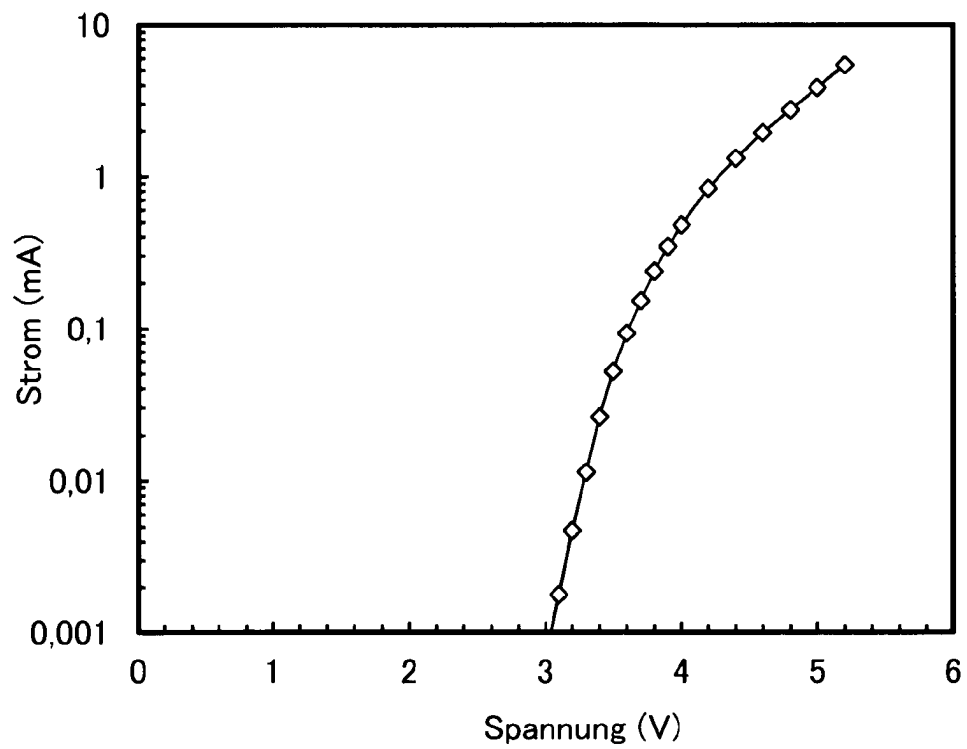


Fig. 65

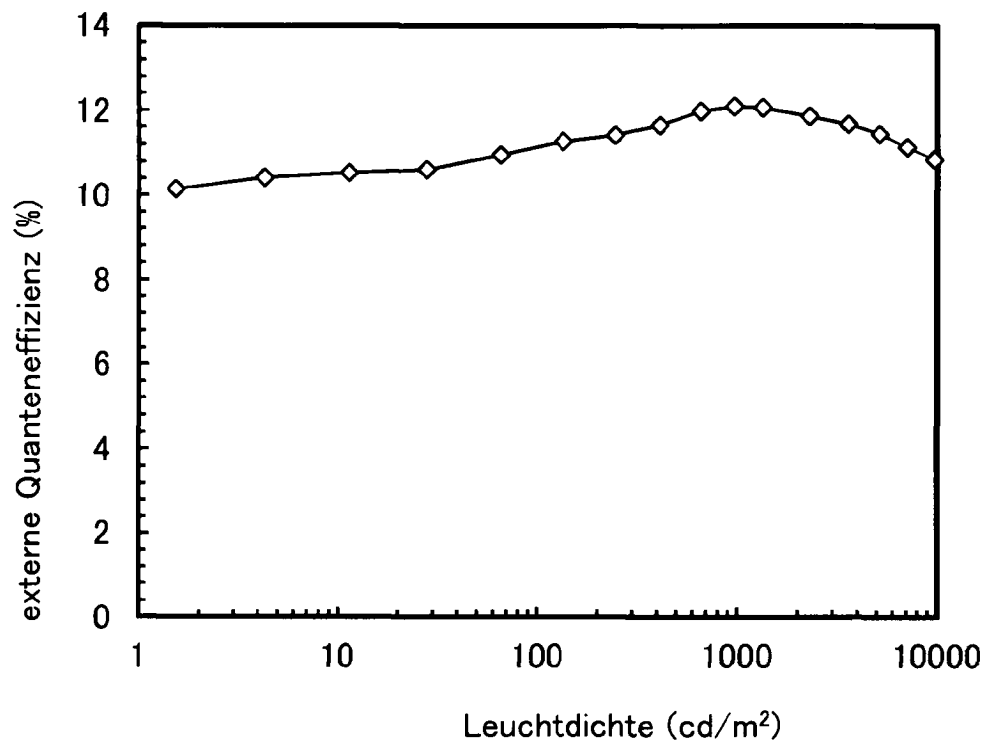


Fig. 66

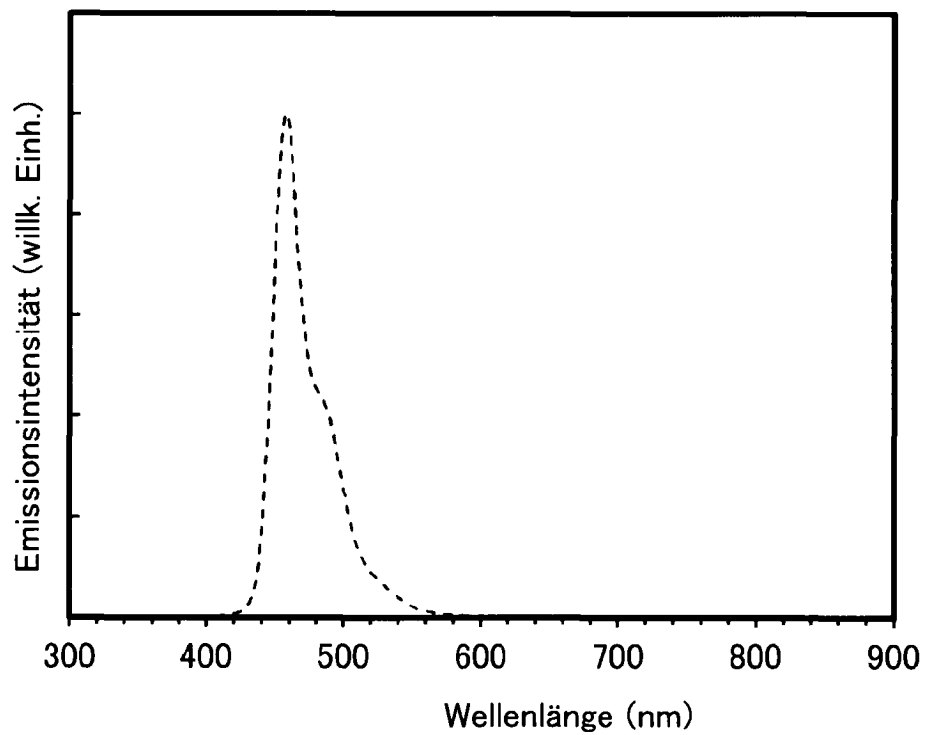


Fig. 67

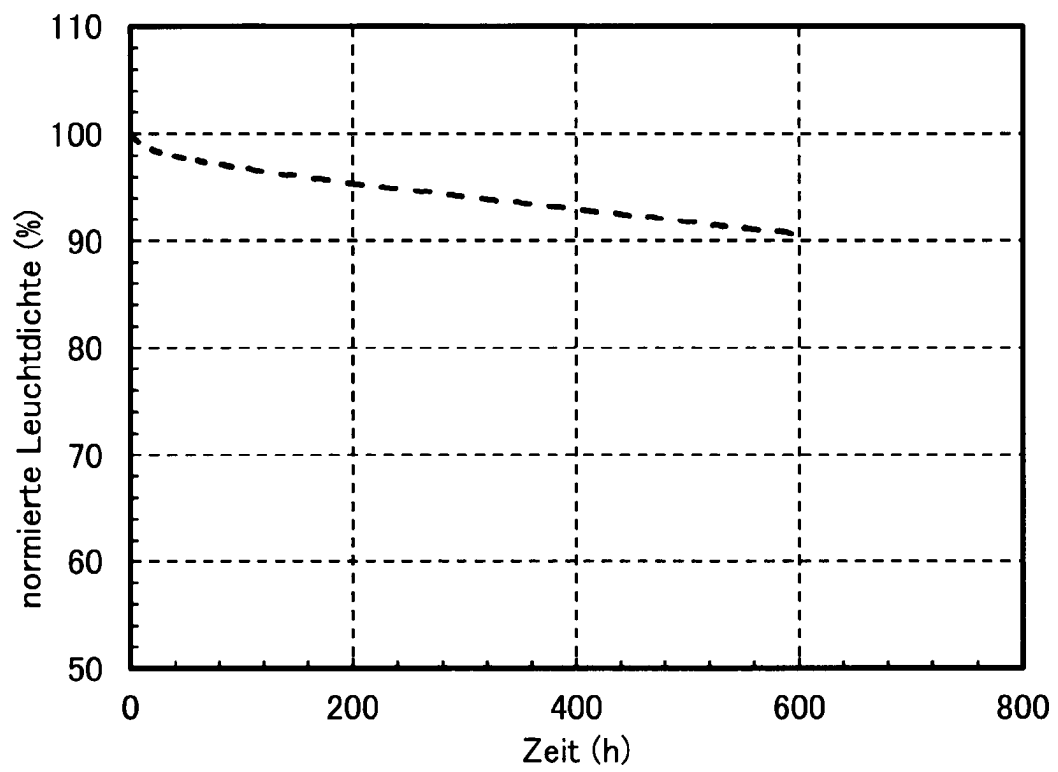


Fig. 68

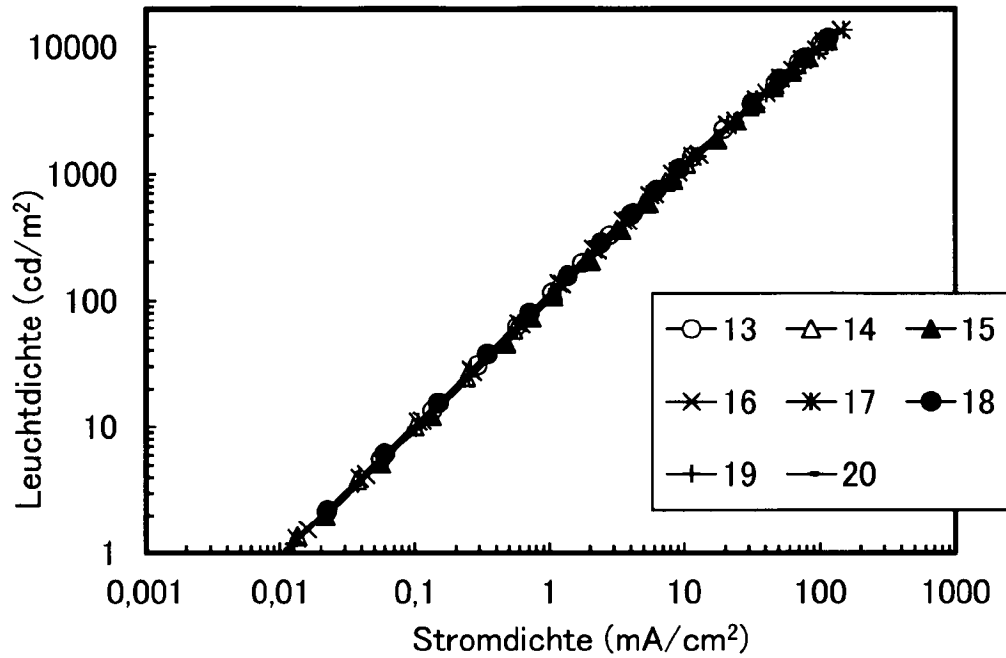


Fig. 69

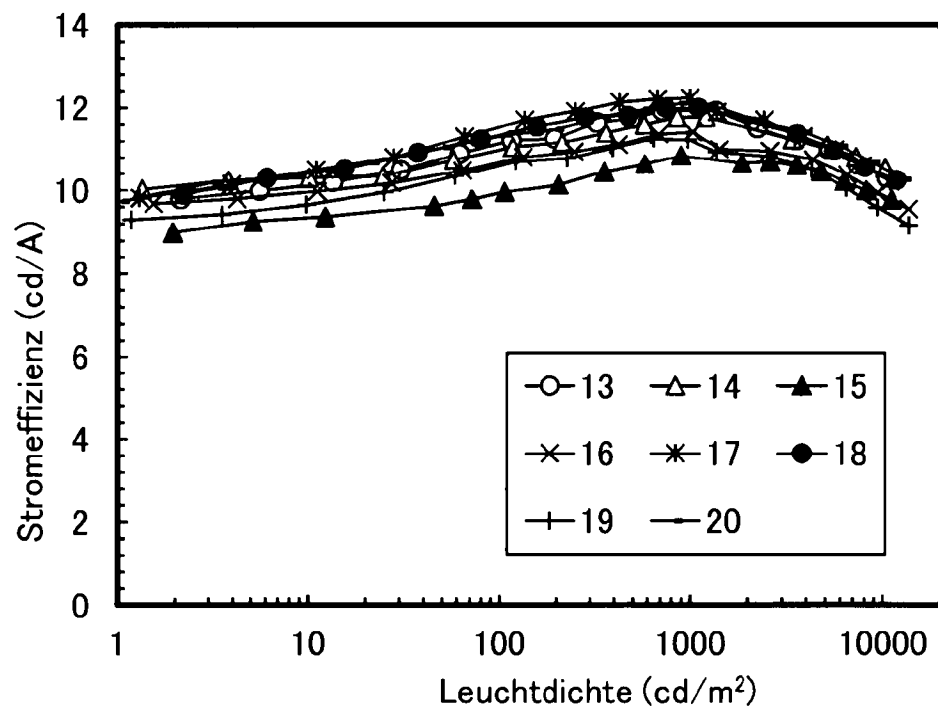


Fig. 70

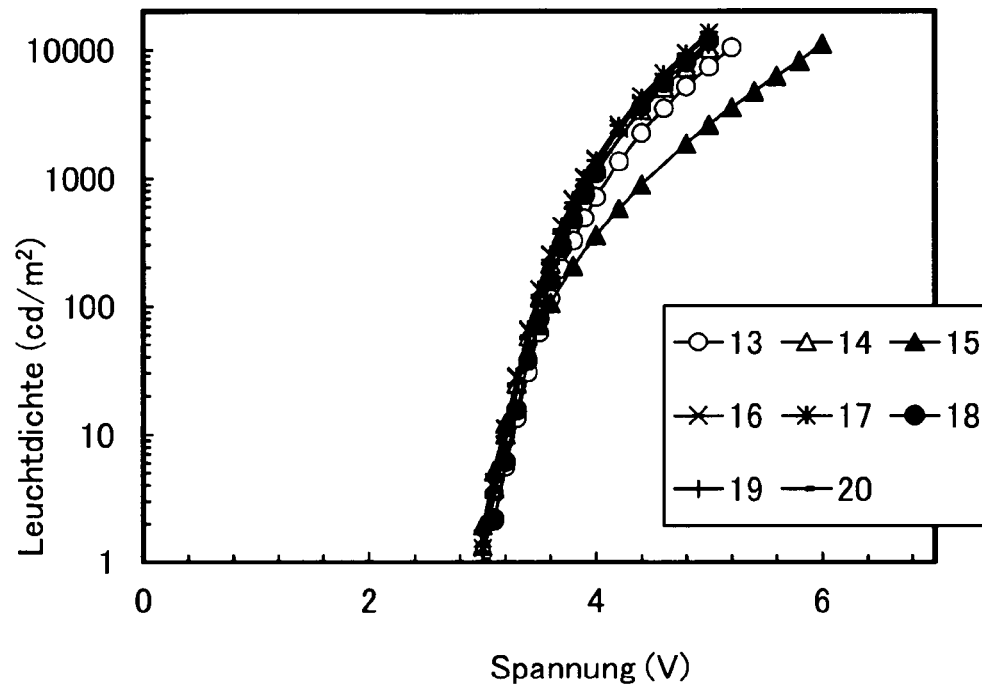


Fig. 71

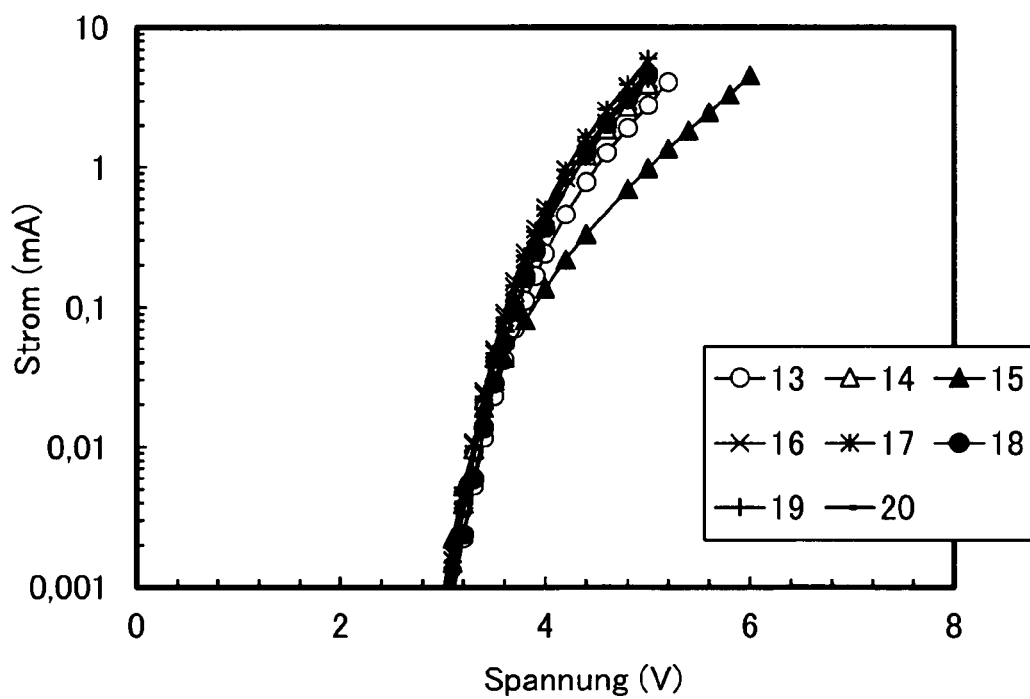


Fig. 72

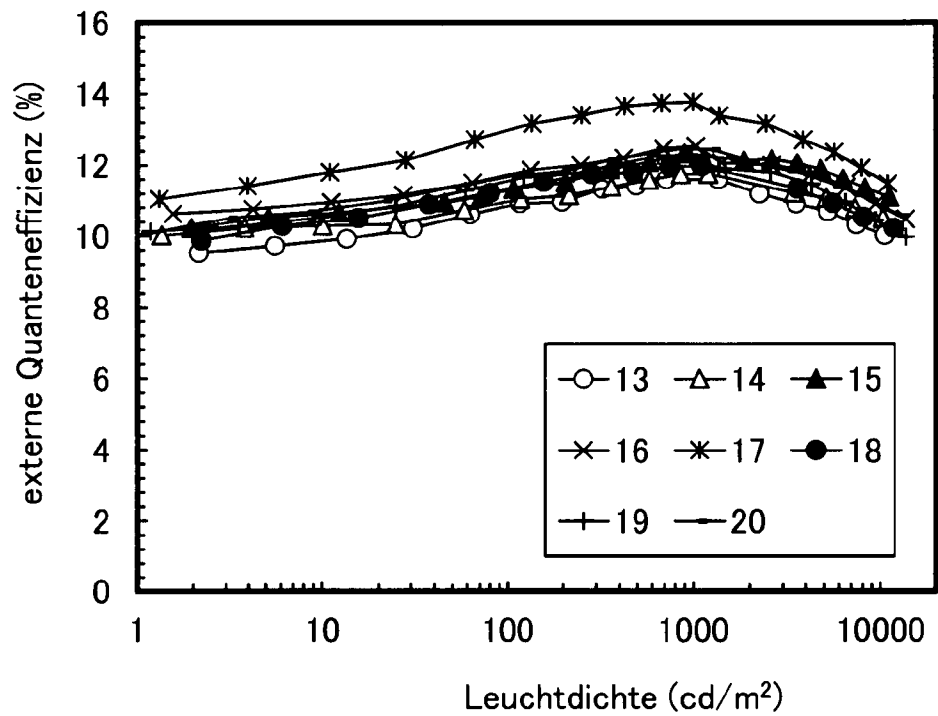


Fig. 73

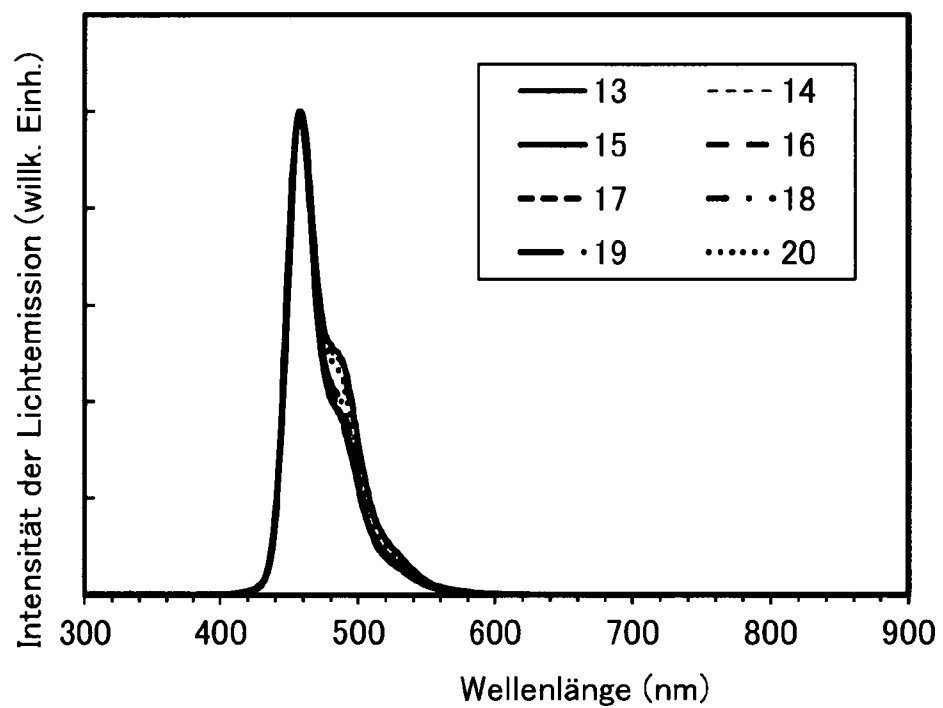


Fig. 74

