

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 11 2019 005 070 T5 2021.07.15**

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der

(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/075014**

in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 005 070.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2019/058406**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.10.2019**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **16.04.2020**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **15.07.2021**

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

(30) Unionspriorität:

2018-191678	10.10.2018	JP
2018-191887	10.10.2018	JP
2018-191681	10.10.2018	JP
2018-225260	30.11.2018	JP
2019-020057	06.02.2019	JP
2019-087060	30.04.2019	JP

(71) Anmelder:

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

(74) Vertreter:

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

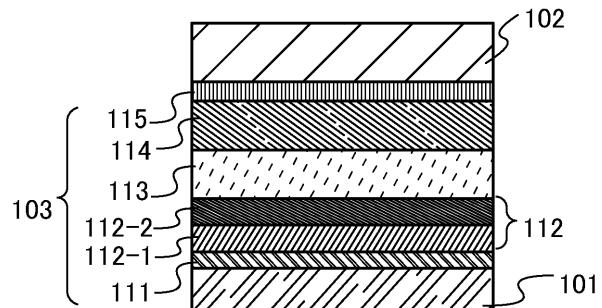
(72) Erfinder:

**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; Ohsawa, Nobuharu, Atsugi-
shi, Kanagawa-ken, JP; Sasaki, Toshiki, Atsugi-
shi, Kanagawa-ken, JP; Yamazaki, Shunpei,
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

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

(57) Zusammenfassung: Eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung wird bereitgestellt. Alternativ wird eine Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz bereitgestellt. Alternativ wird eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer bereitgestellt. Alternativ wird eine Licht emittierende Vorrichtung mit niedriger Betriebsspannung bereitgestellt. Eine Licht emittierende Vorrichtung wird bereitgestellt, die eine EL-Schicht beinhaltet, die eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von der Anodenseite aus umfasst. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist von -5,7 eV bis -5,4 eV. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist -6,0 eV oder höher.



Beschreibung**Technisches Gebiet**

[0001] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen ein Licht emittierendes Element, eine Licht emittierende Vorrichtung, ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Anzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf das vorstehende technische Gebiet beschränkt ist. Das technische Gebiet einer Ausführungsform der in dieser Beschreibung und dergleichen offenbarten Erfindung betrifft einen Gegenstand, ein Verfahren oder ein Herstellungsverfahren. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft einen Prozess, eine Maschine, 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 Beleuchtungsvorrichtung, eine Energiespeichervorrichtung, eine Speichervorrichtung, eine Abbildungsvorrichtung, ein Betriebsverfahren dafür und ein Herstellungsverfahren dafür.

Stand der Technik

[0002] Licht emittierende Vorrichtungen (organische EL-Vorrichtungen), 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 angeordnet. 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 einem Flüssigkristall 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 auf Beleuchtungsvorrichtungen und dergleichen angewendet werden können.

[0005] Anzeigen oder Beleuchtungsvorrichtungen, 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 Patentdokument 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.

[Referenz]

[Patentdokument]

[0008] [Patentdokument 1] Internationale PCT-Veröffentlichung Nr. WO2011/065136

Offenbarung der Erfindung

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] Bei der vorliegenden Erfindung ist es lediglich erforderlich, dass mindestens eine der vorstehend beschriebenen Aufgaben erfüllt wird.

[0012] 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.

[0013] 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 beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich $-5,7$ eV und niedriger als oder gleich $-5,4$ eV. Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich 1×10^{-7} cm 2 /Vs und niedriger als oder gleich 5×10^{-5} cm 2 /Vs, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/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.

[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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich $-5,7$ eV und niedriger als oder gleich $-5,4$ eV. Die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich 1×10^{-7} cm 2 /Vs und niedriger als oder gleich 5×10^{-5} cm 2 /Vs, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich $-6,0$ eV. 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV. Eine Differenz zwischen einem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. 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 die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -6,0 eV. 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, 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 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 Dibenzothiophen-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 die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -6,0 eV. 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.

[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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung, die ein Anthracen-Gerüst aufweist. Die achte Substanz ist ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls. 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.

[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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV. Eine Differenz zwischen einem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung, die ein Anthracen-Gerüst aufweist. Die achte Substanz ist ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls. 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.

[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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz. 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 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 Dibenzothiophen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung, die ein Anthracen-Gerüst aufweist. Die achte Substanz ist ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls. 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.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die Abklingkurve einen Abschnitt aufweist, in dem die Leuchtdichte 100 % überschreitet.

[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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 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 die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -6,0 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV. Eine Differenz zwischen einem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. 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 die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -6,0 eV.

[0023] 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 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 Dibenzothiophen-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 die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt. Das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -6,0 eV.

[0024] 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung, die ein Anthracen-Gerüst aufweist. Die achte Substanz ist ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls.

[0025] 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte

organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz. Die erste organische Verbindung weist eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung auf. Die fünfte organische Verbindung ist eine Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV. Eine Differenz zwischen einem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung und dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist kleiner als oder gleich 0,2 eV. Das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung, die ein Anthracen-Gerüst aufweist. Die achte Substanz ist ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls.

[0026] 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 vierte Schicht ist in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die erste Schicht beinhaltet eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung. Die zweite Schicht beinhaltet eine dritte organische Verbindung. Die dritte Schicht beinhaltet eine vierte organische Verbindung. Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung. Die vierte Schicht beinhaltet eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz. 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 Emissionszentrumsubstanz. Das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 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 Dibenzothiophen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst. Die siebte organische Verbindung ist eine organische Verbindung, die ein Anthracen-Gerüst aufweist. Die achte Substanz ist ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls.

[0027] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die siebte organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst aufweist.

[0028] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung niedriger als die Elektronenbeweglichkeit der sechsten organischen Verbindung ist.

[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 es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Einrichtung, die bei der vorstehenden Struktur einen Transistor oder ein Substrat beinhaltet.

[0036] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Beleuchtungsvorrichtung, die bei der vorstehenden Struktur ein Gehäuse beinhaltet.

[0037] 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 Beleuchtungsvorrichtung oder dergleichen enthalten sein.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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.

Figurenliste

[0041] In den begleitenden Zeichnungen:

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

Fig. 2A und **Fig. 2B** sind Darstellungen zur Erläuterung einer Lebensdauerverlängerung;

Fig. 3A und **Fig. 3B** sind Darstellungen zur Erläuterung einer Erhöhung der Leuchtdichte;

Fig. 4A und **Fig. 4B** sind konzeptionelle Darstellungen einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

Fig. 5A und **Fig. 5B** sind konzeptionelle Darstellungen von Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtungen;

Fig. 6 ist eine konzeptionelle Darstellung einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

Fig. 7A und **Fig. 7B** sind konzeptionelle Darstellungen einer Licht emittierenden Passiv-Matrix-Einrichtung;

Fig. 8A und **Fig. 8B** stellen eine Beleuchtungsvorrichtung dar;

Fig. 9A, **Fig. 9B1**, **Fig. 9B2** und **Fig. 9C** stellen elektronische Geräte dar;

Fig. 10A bis **Fig. 10C** stellen elektronische Geräte dar;

Fig. 11 stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar;

Fig. 12 stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar;

Fig. 13 stellt Anzeigevorrichtungen und Beleuchtungsvorrichtungen in einem Fahrzeug dar;

Fig. 14A und **Fig. 14B** stellen ein elektronisches Gerät dar;

Fig. 15A bis **Fig. 15C** stellen ein elektronisches Gerät dar;

Fig. 16 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 17 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 18 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 19 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 20 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht eimittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 21 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 22 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht eimittierenden Vorrichtung 1;

Fig. 23 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 24 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 25 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 26 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 27 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 28 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 29 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 2;

Fig. 30 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 31 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 32 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 33 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 34 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 35 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 36 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 3;

Fig. 37 stellt eine Struktur eines Nur-Elektronen-Elements dar;

Fig. 38 zeigt die Stromdichte-Spannungs-Eigenschaften eines Nur-Elektronen-Elements;

Fig. 39 zeigt die berechneten Frequenzeigenschaften der Kapazität C, wenn eine DC-Spannung 7,0 V ist und ein Verhältnis von ZADN zu Liq 1:1 ist;

Fig. 40 zeigt die Frequenzeigenschaften von $-\Delta B$, wenn eine DC-Spannung 7,0 V ist und ein Verhältnis von ZADN zu Liq 1:1 ist;

Fig. 41 zeigt die Abhängigkeit der Elektronenbeweglichkeit von der elektrischen Feldstärke von organischen Verbindungen;

Fig. 42 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 43 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 44 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 45 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 46 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 47 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 48 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 4;

Fig. 49 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 50 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 51 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 52 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 53 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 54 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 55 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 5;

Fig. 56 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 57 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 58 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 59 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 60 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 61 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 62 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 6;

Fig. 63 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften einer Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 64 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 65 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 66 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 67 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 68 zeigt ein Emissionsspektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 69 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 7;

Fig. 70 zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9;

Fig. 71 zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9;

Fig. 72 zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9;

Fig. 73 zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9;

Fig. 74 zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9;

Fig. 75 zeigt die Emissionsspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9; und

Fig. 76 zeigt die Zeitabhängigkeit der normierten Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9.

Beste Art zur Ausführung der Erfindung

[0042] 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 sich einem Fachmann ohne Weiteres erschließt, dass Modi und Details der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Weise modifiziert werden können, ohne vom Erfindungsgedanken und Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf die Beschreibung der folgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

(Ausführungsform 1)

[0043] **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 umfasst eine Lochinjektionsschicht **111**, eine Lochtransportschicht **112**, eine Licht emittierende Schicht **113** und eine Elektronentransportschicht **114**.

[0044] 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.

[0045] Die Lochinjektionsschicht **111** beinhaltet 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 -5,4 eV ist. Die zweite organische Verbindung mit einem relativ tiefen HOMO-Niveau ermöglicht, dass Löcher leicht in die Lochtransportschicht **112** injiziert werden.

[0046] 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-tetrafluorochinodimethan (Abkürzung: F₄-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)malanonitril. 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 α,α',α"-1,2,3-Cyclopropantriyldentris[4-cyano-2,3,5,6-tetrafluorbenzolacetonitril], α,α',α"-1,2,3-Cyclopropantriyldentris[2,6-dichlor-3,5-difluor-4-(trifluormethyl)benzolacetonitril] und α,α',α"-1,2,3-Cyclopropantriyldentris[2,3,4,5,6-pentafluorbenzolacetonitril].

[0047] Die zweite organische Verbindung ist vorzugsweise eine organische Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothiophen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst. Insbesondere wird vorzugsweise ein aromatisches Amin mit einem Substituenten, der einen Dibenzofuranring oder einen Dibenzothiophenring umfasst, ein aromatisches Monoamin, das einen Naphthalenring umfasst, oder ein aromatisches Monoamin, in dem eine 9-Fluorenyl-Gruppe über eine Arylen-Gruppe an Stickstoff des Amins gebunden ist, verwendet. 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: ThBAIBP), 4-(2-Naphthyl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAβNB), 4-[4-(2-Naphthyl)phenyl]-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAβNB), 4-(2;1'-Binaphthyl-6-yl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAαNβNB), 4,4'-Diphenyl-4'-(7;1'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBAαNβNB-03), 4,4'-Diphenyl-4'-(7-phenyl)naphthyl-2-yltriphenylamin (Abkürzung: BBAPβNB-03), 4-(6;2'-Binaphthyl-2-yl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA(βN2)B), 4-(2;2'-Binaphthyl-7-yl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBA(βN2)B-03), 4-(1;2'-Binaphthyl-4-yl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAβNaNB), 4-(1;2'-Binaphthyl-5-yl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAβNaNB-02), 4-(4-Biphenyl)-4'-(2-naphthyl)-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiAβNB), 4-(3-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: mTPBiAβNB), 4-(4-Biphenyl)-4'-[4-(2-naphthyl)phenyl]-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiAβNB), 4-(1-Naphthyl)-4'-phenyltriphenylamin (Abkürzung: αNBA1BP), 4,4'-Bis(1-naphthyl)triphenylamin (Abkürzung: αNBB1BP), 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: YGTBiβNB), N-[4-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-N-[4-(1-naphthyl)phenyl]-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: PCBNSF), 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:

mPDBfBNB), 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: PCBBI1F).

[0048] 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.

[0049] Die erste Lochtransportschicht **112-1** und die zweite Lochtransportschicht **112-2** enthalten eine dritte organische Verbindung bzw. eine vierte organische Verbindung.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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 bis zu 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] Die zweite bis vierte organische Verbindung weisen jeweils vorzugsweise ein Lochtransport-Gerüst auf. 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. 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) weisen 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** beinhaltet 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 bevorzugter 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, 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-Butyl-anthracen-9,10-diyldi-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylen]diamin (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-phenylen]diamin (Abkürzung: 2DPAPPA), N,N,N',N'',N''-Octaphenylbibenzo[g,p]//rysene-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-phenylen]diamin (Abkürzung: 2DPAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylen]diamin (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-[4-(Dimethylamino)phenyl]ethenyl)-6-methyl-4/-/pyran-4-yliden) propandinitrile (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitrile (Abkürzung: DCM2), N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD), 7,14-Diphenyl-N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthen-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-{2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitrile (Abkürzung: DCJTI), 2-{2-tert-Butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4/-/pyran-4-yliden}propandinitrile (Abkürzung: DCJTB), 2-(2,6-Bis{2-[4-(dimethylamino)phenyl]ethenyl}-4H-pyran-4-yliden)propandinitrile (Abkürzung: BisDCM), 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitrile (Abkürzung: BisDCJTM) und N,N'-Pyren-1,6-diyli 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 Pyrendiamin-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. Es können auch andere fluoreszierende Substanzen verwendet werden.

[0058] Beispiele für ein Material, das verwendet werden kann, wenn eine phosphoreszierende Substanz als Emissionszentrumssubstanz in der Licht emittierenden Schicht **113** verwendet wird, sind wie folgt: ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4/-/1,2,4-triazol-3-yl-κN2]phenyl-κC}iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mpptz-dmp)₃]), Tris(5-methyl-3,4-diphenyl-4H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Mptz)₃]) und Tris[4-(3-biphenyl)-5-isopropyl-3-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(iPrPtz-3b)₃]), ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem 1H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris[3-methyl-1-(2-methylphenyl)-5-phenyl-1H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Mptz1-mp)₃]) und Tris(1-methyl-5-phenyl-3-propyl-1H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(PrPtz1-Me)₃]), ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem Imidazol-Gerüst, wie z. B. fac-Tris[1-(2,6-diisopropylphenyl)-2-phenyl-1H-imidazol]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(iPrpmi)₃]) und Tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f]phenanthridinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmpimp-Me)₃]), und ein metallorganischer Iridiumkomplex, bei dem ein Phenylpyridin-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorophenyl)pyridinato-N,C²]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Fir6), Bis[2-(4',6'-difluorophenyl)pyridinato-N,C²] iridium(III)picolinat (Abkürzung: Firpic), Bis{2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C²} iridium(III)picolinat (Abkürzung: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]) und Bis[2-(4',6'-difluorophenyl)pyridinato-N,C²] iridium(III)acetylacetone (Abkürzung: Flr(acac)). Diese Verbindungen emittieren eine blaue Phosphoreszenz und weisen einen Emissionspeak bei 440 nm bis 520 nm auf.

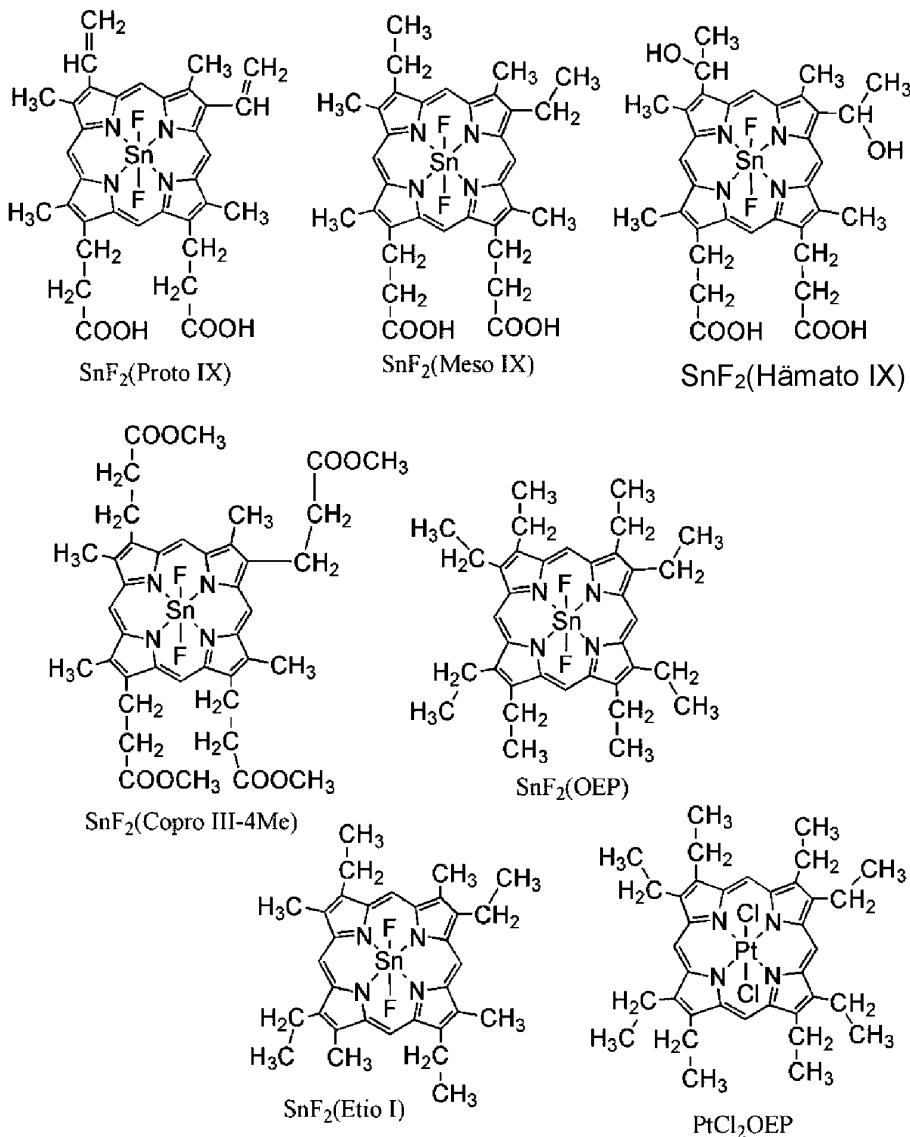
[0059] Weitere Beispiele umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{mppm})_3]$), Tris(4-tert-butyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$), (Acetylacetato)bis(6-methyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})]$), (Acetylacetato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$), (Acetylacetato)bis[6-(2-norbornyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{nbppm})_2(\text{acac})]$), (Acetylacetato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{mpm ppm})_2(\text{acac})]$) und (Acetylacetato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$) und (Acetylacetato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(2-phenylpyridinato-N,C²)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$), Bis(2-phenylpyridinato-N,C²)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$), Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$), Tris(2-phenylchinolinato-N,C²)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$) und Bis(2-phenylchinolinato-N,C²)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$), und einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(acetylacetato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: $[\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})]$). 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.

[0060] Weitere Beispiele umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. (Diisobutyrylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(5\text{mdppm})_2(\text{dibm})]$), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(5\text{mdppm})_2(\text{dpm})]$) und Bis[4,6-di(naphthalen-1-yl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{d1 npm})_2(\text{dpm})]$), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$) und (Acetylacetato)bis[2,3-bis(4-fluorophenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{Fdq})_2(\text{acac})]$), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(1-phenylisochinolinato-N,C²)iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$) und Bis(1-phenylisochinolinato-N,C²)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$), Platinkomplexe, wie z. B. 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21 H,23H-porphyrinplatin(II) (Abkürzung: $[\text{PtOEP}]$), und Seltenerdmetallkomplexe, wie z. B. Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: $[\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})]$) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: $[\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})]$). 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 Lichemission mit vorteilhafter Chromatizität bereitstellen.

[0061] Neben den vorstehenden phosphoreszierenden Verbindungen können auch bekannte phosphoreszierende Materialien ausgewählt und verwendet werden.

[0062] Beispiele für das TADF-Material umfassen ein Fullerene, 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 ($\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex ($\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$), einen Hämatoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex ($\text{SnF}_2(\text{Hämato IX})$), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex ($\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$), einen Octaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex ($\text{SnF}_2(\text{OEP})$), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-Komplex ($\text{SnF}_2(\text{Etiol})$) und einen Octaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (PtCl_2OEP), welche durch die folgenden Strukturformeln dargestellt werden.

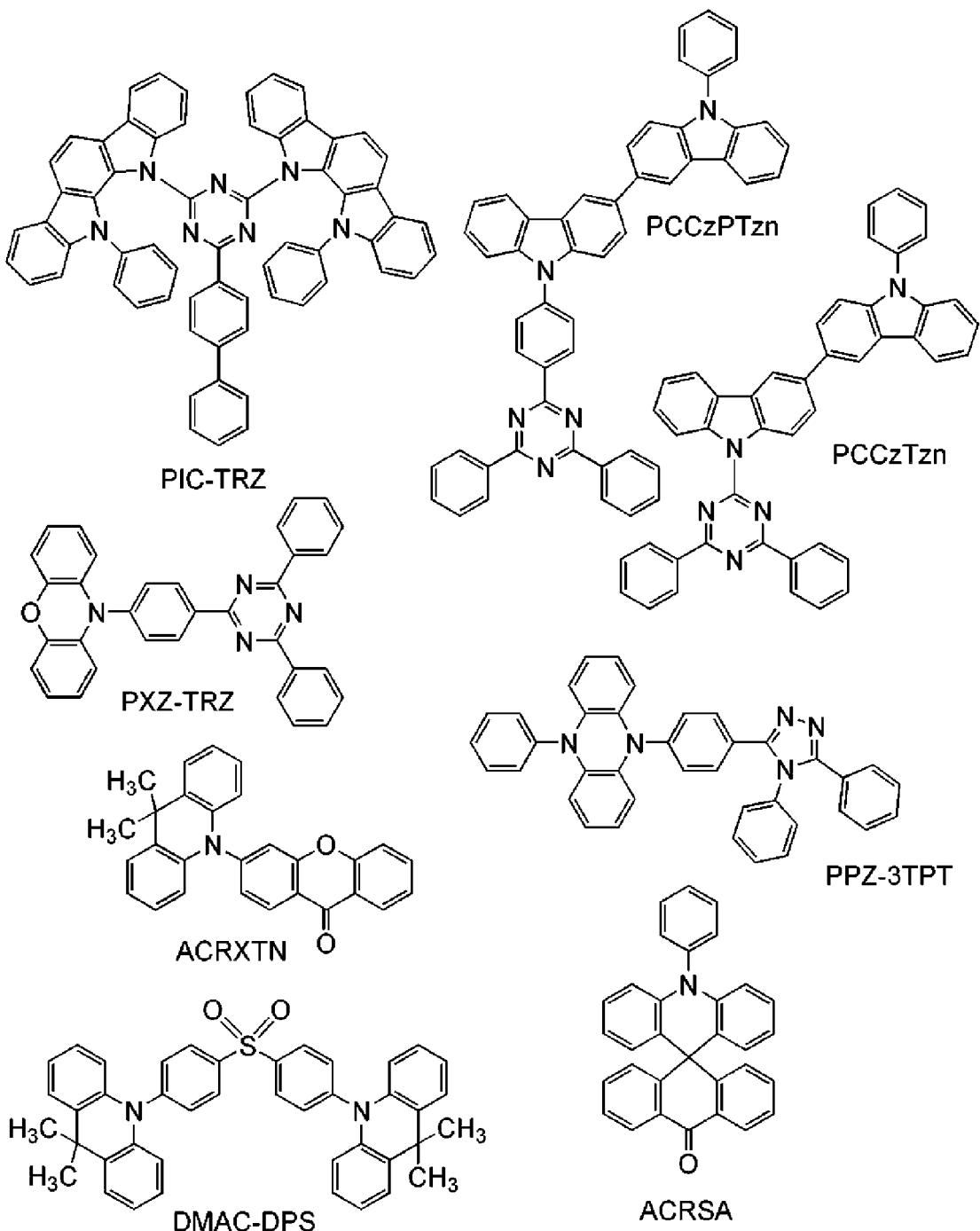
[Chemische Formel 1]



[0063] Alternativ kann eine heterocyclische Verbindung, die einen π -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und/oder einen π -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 π -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und einen π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring umfasst. Unter Gerüsten mit dem π -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 Benzofuropyrimidin-Gerüst, ein Benzothienopyrimidin-Gerüst, ein Benzofuropyrazin-Gerüst und ein Benzothienopyrazin-Gerüst aufgrund ihrer hohen Akzeptoreigenschaften und hohen Zuverlässigkeit bevorzugt. Unter Gerüsten mit dem π -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

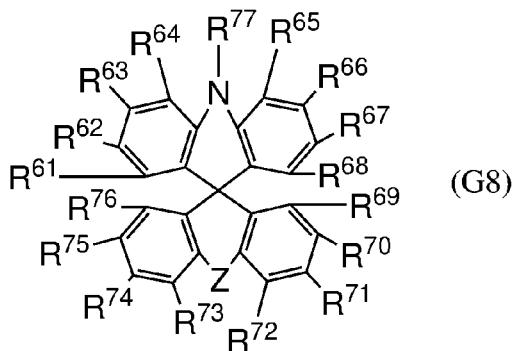
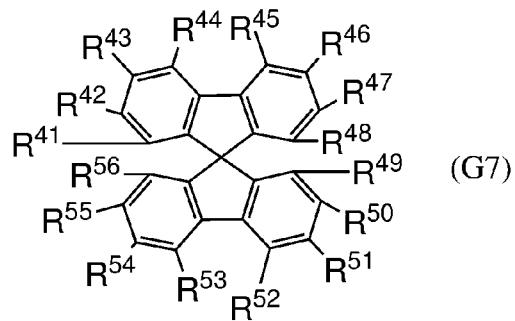
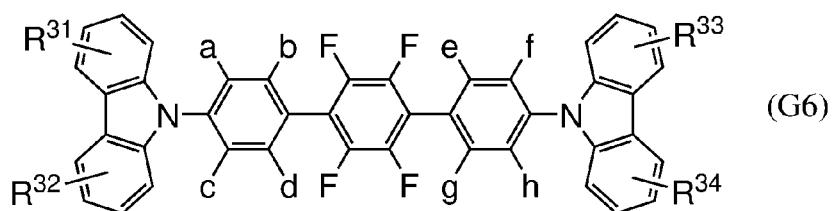
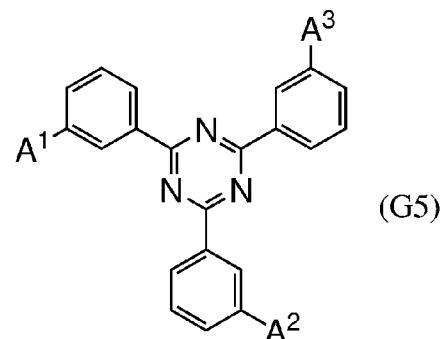
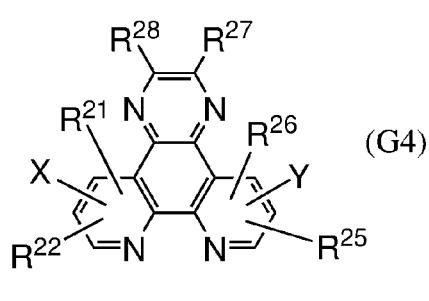
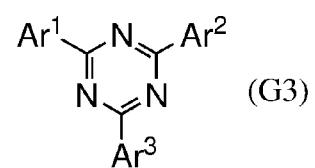
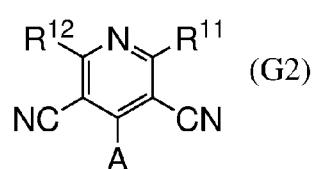
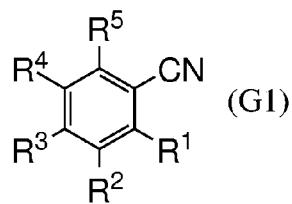
werden insbesondere ein Indol-Gerüst, ein Carbazol-Gerüst, ein Indolocarbazol-Gerüst, ein Bicarbazol-Gerüst und ein 3-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-Gerüst bevorzugt. Es sei angemerkt, dass eine Substanz, in der der π -elektronenreiche heteroaromatische Ring direkt an den π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring gebunden ist, besonders bevorzugt wird, da sowohl die Elektronendonatoreigenschaft des π -elektronenreichen heteroaromatischen Rings als auch die Elektronenakzeptoreigenschaft des π -elektronenarmen heteroaromatischen Rings verbessert 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 π -elektronenarmen heteroaromatischen Rings verwendet werden kann. Als π -elektronenreiches Gerüst kann ein aromatisches Amin-Gerüst, ein Phenazin-Gerüst oder dergleichen verwendet werden. Als π -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 π -elektronenarmes Gerüst und ein π -elektronenreiches Gerüst anstelle des π -elektronenarmen heteroaromatischen Rings und/oder des π -elektronenreichen heteroaromatischen Rings verwendet werden.

[Chemische Formel 2]

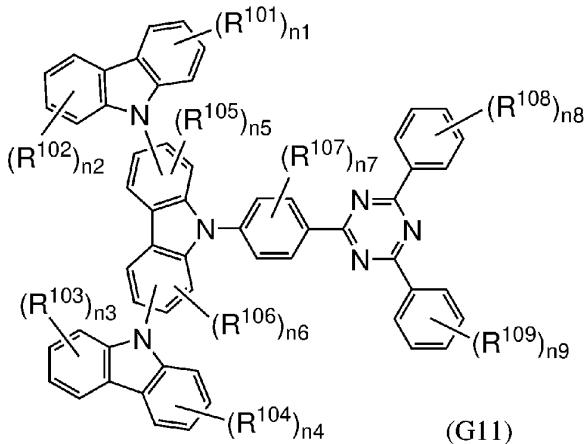
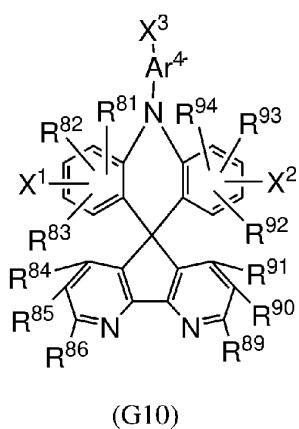
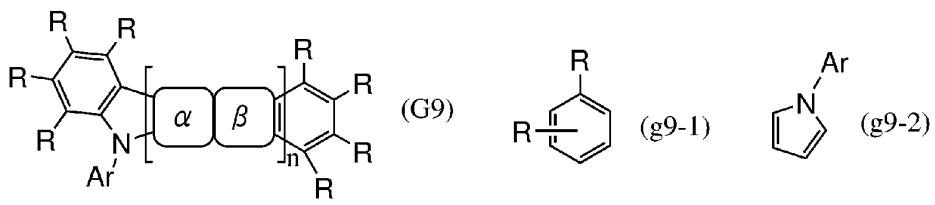


[0064] Das TADF-Material ist vorzugsweise eine Substanz, die durch eine der folgenden allgemeinen Formeln (G1) bis (G11) dargestellt wird.

[Chemische Formel 3]



[Chemische Formel 4]



[0065] Es sei angemerkt, dass in der vorstehenden allgemeinen Formel (G1) mindestens eines von R¹ bis R⁵ eine Cyano-Gruppe darstellt, mindestens eines von R¹ bis R⁵ eine substituierte oder nicht substituierte 9-Carbazolyl-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte 1,2,3,4-Tetrahydro-9-Carbazolyl-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte 1-Indolyl-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Diarylamino-Gruppe darstellt und die anderen von R¹ bis R⁵ jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom oder einen Substituenten darstellen.

[0066] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G2) stellen R¹¹ und R¹² jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom oder einen beliebigen Substituenten dar, und A stellt einen Substituenten dar, in dem mindestens eine Heteroaryl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann, oder mindestens eine Arylamino-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann, direkt oder über eine aromatische Gruppe an Kohlenstoff in der 4-Position eines Pyridin-Rings gebunden ist.

[0067] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G3) stellen Ar¹ bis Ar³ jeweils eine Aryl-Gruppe dar, und mindestens eines von Ar¹ bis Ar³ stellt eine Aryl-Gruppe dar, die durch eine Dibenzo-1,4-Oxazin-Gruppe oder eine Dibenzo-1,4-Thiazin-Gruppe substituiert wird.

[0068] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G4) stellt X eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische heterocyclische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte fusionierte polycyclische aromatische Gruppe oder eine disubstituierte Amino-Gruppe dar, die durch Gruppen substituiert wird, die aus einer aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe, einer aromatischen heterocyclischen Gruppe und einer fusionierten polycyclischen aromatischen Gruppe ausgewählt werden. Y stellt ein Wasserstoff-Atom, ein Deuterium-Atom, ein Fluor-Atom, ein Chlor-Atom, eine Cyano-Gruppe, eine Nitro-Gruppe, eine lineare oder verzweigte Alkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkenyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 2 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte fusionierte polycyclische aromatische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Aryloxy-Gruppe oder eine disubstituierte Amino-Gruppe dar, die durch Gruppen substituiert wird, die aus einer aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe, einer aromatischen heterocyclischen Gruppe und einer fusionierten polycyclischen aromatischen Gruppe aus-

gewählt werden. R²¹, R²² und R²⁵ bis R²⁸, welche gleich oder unterschiedlich voneinander sein können, stellen jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom, ein Deuterium-Atom, ein Fluor-Atom, ein Chlor-Atom, eine Cyano-Gruppe, eine Nitro-Gruppe, eine lineare oder verzweigte Alkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkenyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 2 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkoxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische heterocyclische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Aryloxy-Gruppe oder eine disubstituierte Amino-Gruppe dar, die durch Gruppen substituiert wird, die aus einer aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe, einer aromatischen heterocyclischen Gruppe und einer fusionierten polycyclischen aromatischen Gruppe ausgewählt werden. R²¹, R²² und R²⁵ bis R²⁸ können über eine Einfachbindung, eine substituierte oder nicht substituierte Methylen-Gruppe, ein Sauerstoffatom oder ein Schwefelatom aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden.

[0069] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G5) stellen A¹ bis A³ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Dibenzofuranyl-Gruppe dar.

[0070] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G6) stellen R³¹ bis R³⁴ und a bis h jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom, eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Alkoxy-Gruppe mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 20 Kohlenstoffatomen oder eine Amino-Gruppe dar.

[0071] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G7) stellen R⁴¹ bis R⁴⁸ jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom oder eine Elektronendonatorgruppe dar, und mindestens eines von R⁴¹ bis R⁴⁸ stellt eine Elektronendonatorgruppe dar. R⁴⁹ bis R⁵⁶ stellen jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom oder eine andere elektronenziehende Gruppe als eine Triazino-Gruppe dar, und mindestens eines von R⁴⁹ bis R⁵⁶ stellt eine andere elektronenziehende Gruppe als eine Triazino-Gruppe dar. Es sei angemerkt, dass 11 bis 14 von R⁴¹ bis R⁵⁶ Wasserstoff-Atome darstellen.

[0072] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G8) stellen R⁶¹ bis R⁶⁸ und R⁷⁷ jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom oder eine Elektronendonatorgruppe dar, und mindestens eines von R⁶¹ bis R⁶⁸ und R⁷⁷ stellt eine Elektronendonatorgruppe dar. R⁶⁹ bis R⁷⁶ stellen jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom oder eine elektronenziehende Gruppe dar, die in der α -Position kein ungeteiltes Elektronenpaar aufweist. Z stellt eine Einfachbindung oder =C=Y dar, während Y S, C(CN)₂ oder C(COOH)₂ darstellt. Es sei angemerkt, dass dann, wenn Z eine Einfachbindung darstellt, stellt mindestens eines von R⁶⁹ bis R⁷⁶ eine elektronenziehende Gruppe dar, die in der α -Position kein ungeteiltes Elektronenpaar aufweist.

[0073] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G9) ist ein Ring α ein aromatischer Ring, der an einer beliebigen Position mit einem benachbarten Ring kondensiert ist und durch die Formel (g9-1) dargestellt wird, und ein Ring β ist ein Heterocyclus, der an einer beliebigen Position mit einem benachbarten Ring kondensiert ist und durch die Formel (g9-2) dargestellt wird. Ar in der Formel (G9) und Ar in der Formel (g9-2) stellen jeweils unabhängig voneinander eine aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe oder eine aromatische heterocyclische Gruppe dar. Rs in der Formel (G9) und Rs in der Formel (g9-1) stellen jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff oder einen einwertigen Substituenten dar, der aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus einer Alkyl-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, einer Alkoxy-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, einer Alkylthio-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, einer Alkylamino-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, einer Acyl-Gruppe mit 2 bis 10 Kohlenstoffatomen, einer AralkylGruppe mit 7 bis 20 Kohlenstoffatomen, einer substituierten oder nicht substituierten aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 30 Kohlenstoffatomen und einer substituierten oder nicht substituierten sechsgliedrigen aromatischen heterocyclischen Gruppe mit 3 bis 30 Kohlenstoffatomen besteht, und die Substituenten, die nebeneinander liegen, können aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden. n stellt eine ganze Zahl von größer als oder gleich 1 und kleiner als oder gleich 4 dar.

[0074] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G10) stellen X¹, X² und X³, welche gleich oder unterschiedlich voneinander sein können, jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom, ein Deuterium-Atom, ein Fluor-Atom, ein Chlor-Atom, eine Cyano-Gruppe, eine Nitro-Gruppe, eine lineare oder verzweigte Alkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyl-Grup-

pe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkenyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 2 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische heterocyclische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte fusionierte polycyclische aromatische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Aryloxy-Gruppe oder eine disubstituierte Amino-Gruppe dar, die durch Gruppen substituiert wird, die aus einer aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe, einer aromatischen heterocyclischen Gruppe und einer fusionierten polycyclischen aromatischen Gruppe ausgewählt werden. Mindestens eines von X^1 , X^2 und X^3 stellt eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische heterocyclische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte fusionierte polycyclische aromatische Gruppe oder eine disubstituierte Amino-Gruppe dar, die durch Gruppen substituiert wird, die aus einer aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe, einer aromatischen heterocyclischen Gruppe und einer fusionierten polycyclischen aromatischen Gruppe ausgewählt werden. Ar^4 stellt eine substituierte oder nicht substituierte zweiwertige aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte zweiwertige heteroaromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte zweiwertige fusionierte polycyclische aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe dar. R^{81} bis R^{86} und R^{89} bis R^{94} , welche gleich oder unterschiedlich voneinander sein können, stellen jeweils unabhängig voneinander ein Wasserstoff-Atom, ein Deuterium-Atom, ein Fluor-Atom, ein Chlor-Atom, eine Cyano-Gruppe, eine Nitro-Gruppe, eine lineare oder verzweigte Alkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkenyl-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 2 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine lineare oder verzweigte Alkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 1 bis 6 Kohlenstoffatome aufweist, eine Cycloalkyloxy-Gruppe, die einen Substituenten aufweisen kann und 5 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte aromatische heterocyclische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte polycyclische aromatische Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Aryloxy-Gruppe oder eine disubstituierte Amino-Gruppe dar, die durch Gruppen substituiert wird, die aus einer aromatischen Kohlenwasserstoff-Gruppe, einer aromatischen heterocyclischen Gruppe und einer fusionierten polycyclischen aromatischen Gruppe ausgewählt werden. R^{81} bis R^{86} und R^{89} bis R^{94} können über eine Einfachbindung, eine substituierte oder nicht substituierte Methylen-Gruppe, ein Sauerstoffatom oder ein Schwefelatom aneinander gebunden sein, um einen Ring zu bilden.

[0075] In der vorstehenden allgemeinen Formel (G11) stellen R^{101} bis R^{104} jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Heteroaryl-Gruppe, eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe dar, R^{105} und R^{106} stellen jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe dar, R^{107} , R^{108} und R^{109} stellen jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe oder eine substituierte oder nicht substituierte Alkyl-Gruppe dar, $n1$ bis $n4$ und $n7$ stellen jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl dar, die aus 0 bis 4 ausgewählt wird, $n5$ und $n6$ stellen jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl dar, die aus 0 bis 3 ausgewählt wird, und $n8$ und $n9$ stellen jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl dar, die aus 0 bis 5 ausgewählt wird. Wenn $n1$ bis $n9$, die jeweils R^{101} bis R^{109} entsprechen, jeweils eine ganze Zahl von 2 oder mehr sind, können R^{101} 's gleich oder unterschiedlich voneinander sein; das Gleiche gilt auch für R^{102} bis R^{109} .

[0076] 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.

[0077] 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.

[0078] 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.

[0079] Wenn das TADF-Material als Emissionszentrumsubstanz verwendet wird, sind das S1-Niveau und das T1-Niveau des Wirtsmaterials vorzugsweise höher als diejenigen des TADF-Materials.

[0080] Als Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht können verschiedene Ladungsträgertransportmaterialien verwendet werden, wie z. B. Materialien mit einer Elektronentransporteigenschaft, Materialien mit einer Lochtransporteigenschaft und die TADF-Materialien.

[0081] Beispiele für das Material mit einer Lochtransporteigenschaft 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: PCBB1BP), 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.

[0082] Beispiele für das Material mit einer Elektronentransporteigenschaft umfassen Metallkomplexe, wie z. B. Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(11) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAIq), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ), 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), 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBIm-II) und 2-[4-[9,10-Di(naphthalen-2-yl)-2-anthryl]phenyl]-1-phenyl-1/-benzimidazol (Abkürzung: ZADN), 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: 2mDBTPBq-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-dibenzothienyl)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.

[0083] 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

Triplet-Anregungsenergie, die in dem TADF-Material erzeugt wird, durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in die Singulett-Anregungsenergie umgewandelt und auf die Emissionszentrumsubstanz übertragen, wodurch die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden kann. Hier dient das TADF-Material als Energiedonor, und die Emissionszentrumsubstanz dient als Energieakzeptor.

[0084] Dies ist in dem Fall sehr effektiv, in dem die Emissionszentrumsubstanz 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.

[0085] Ein TADF-Material, das Licht emittiert, dessen Wellenlänge sich mit der Wellenlänge eines Absorptionsbandes auf der niedrigsten Energieseite 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.

[0086] Außerdem findet eine Ladungsträgerrekombination vorzugsweise in dem TADF-Material statt, damit die Singulett-Anregungsenergie von der Triplet-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing effizient erzeugt wird. Es ist auch vorzuziehen, dass die Triplet-Anregungsenergie, die in dem TADF-Material erzeugt wird, nicht auf die Triplet-Anregungsenergie der fluoreszierenden 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 π -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 ist ferner vorzuziehen, dass die fluoreszierende Substanz eine Vielzahl von Schutzgruppen aufweist. Die Substituenten, die keine π -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 π -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.

[0087] In dem Fall, in dem eine fluoreszierende Substanz als Emissionszentrumsubstanz 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 bevorzugt als Wirtsmaterial verwendet. Das Wirtsmaterial weist vorzugsweise ein Carbazol-Gerüst auf, da die Lochinjektions- und Lochtransporteigenschaften verbessert 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-di-

benzo[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-9-/-fluoren-9-yl)biphenyl-4'-yl}anthracen (Abkürzung: FLPPA) und 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: aN- β NPAanth). Es sei angemerkt, dass CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA und PCzPA ausgezeichnete Eigenschaften aufweisen und somit vorzugsweise ausgewählt werden.

[0088] 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 Material mit einer Elektronentransporteigenschaft mit einem Material mit einer Lochtransporteigenschaft gemischt. Indem das Material mit einer Elektronentransporteigenschaft mit dem Material mit einer Lochtransporteigenschaft gemischt wird, kann die Transporteigenschaft der Licht emittierenden Schicht **113** leicht angepasst werden, und ein Rekombinationsbereich kann leicht gesteuert werden. Das Gewichtsverhältnis des Gehalts des Materials mit einer Lochtransporteigenschaft zu dem Gehalt des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft kann 1:19 bis 19:1 sein.

[0089] Es sei angemerkt, dass eine phosphoreszierende Substanz als ein Teil des gemischten Materials verwendet werden kann. Wenn eine fluoreszierende Substanz als Emissionszentrumssubstanz verwendet wird, kann eine phosphoreszierende Substanz als Energiedonor zum Zuführen der Anregungsenergie zu der fluoreszierenden Substanz verwendet werden.

[0090] 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 niedrigsten Energieseite 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.

[0091] 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 Intersystem-Crossing effizient in die Singulett-Anregungsenergie umgewandelt werden.

[0092] Eine Kombination eines Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft und eines Materials mit einer Lochtransporteigenschaft, dessen HOMO-Niveau höher als oder gleich demjenigen des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft ist, wird zur effizienten Bildung eines Exciplexes bevorzugt. Zudem ist das LUMO-Niveau des Materials mit einer Lochtransporteigenschaft vorzugsweise höher als oder gleich dem LUMO-Niveau des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft. 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.

[0093] Die Bildung eines Exciplexes kann beispielsweise durch ein Phänomen bestätigt werden, bei dem das Emissionsspektrum des Mischfilms, in dem das Material mit einer Lochtransporteigenschaft und das Material mit einer Elektronentransporteigenschaft gemischt sind, auf die längere Wellenlängenseite als die Emissionsspektren jedes der Materialien verschoben wird (oder das Emissionsspektrum einen anderen Peak auf der längeren Wellenlängenseite aufweist), wobei das Phänomen beobachtet wird, indem die Emissionsspektren des Materials mit einer Lochtransporteigenschaft, des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft und des Mischfilms dieser Materialien verglichen werden. Alternativ kann die Bildung eines Exciplexes durch einen Unterschied der transienten Reaktion, wie z. B. ein Phänomen, bei dem die Lebensdauer der transienten PL des Mischfilms Komponenten mit längerer Lebensdauer oder einen größeren Anteil der Verzögerungskomponenten aufweist als diejenige jedes der Materialien, bestätigt werden, wobei der Unterschied beobachtet wird, indem die transienten Photolumineszenzen (PL) des Materials mit einer Lochtransporteigenschaft, des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft und des Mischfilms der Materialien verglichen werden. Die transiente PL kann als transiente Elektrolumineszenz (EL) umformuliert werden. Das heißt, dass die Bildung eines Exciplexes auch durch einen Unterschied der transienten Reaktion bestätigt werden kann, der beobachtet wird, indem die transienten EL des Materials mit einer Lochtransporteigenschaft, des Materials mit einer Elektronentransporteigenschaft und des Mischfilms der Materialien verglichen werden.

[0094] Die Elektronentransportschicht **114** wird in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht **113** bereitgestellt. Die Elektronentransportschicht **114** beinhaltet eine siebte organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft und einem HOMO-Niveau von -6,0 eV oder höher. Die siebte organische Verbindung ist

eine organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft und weist vorzugsweise ein Anthracen-Gerüst auf. Die Elektronentransportschicht **114** kann ferner eine achte Substanz enthalten, die ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ist. Das heißt, dass die Elektronentransportschicht **114** allein aus der siebten organischen Verbindung ausgebildet werden kann oder aus einem Mischmaterial, das die siebte organische Verbindung und eine andere Substanz enthält, wie z. B. einem Mischmaterial aus der siebten organischen Verbindung und der achten Substanz, ausgebildet werden kann.

[0095] Die siebte organische Verbindung weist stärker bevorzugt ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst auf, und ein stickstoffhaltiges fünfgliedriges Ring-Gerüst wird vorzugsweise als heterocyclisches Gerüst verwendet. Die siebte organische Verbindung weist vorzugsweise ein stickstoffhaltiges fünfgliedriges Ring-Gerüst auf, das zwei Heteroatome in einem Ring umfasst, wie z. B. einen Pyrazol-Ring, einen Imidazol-Ring, einen Oxazol-Ring oder einen Thiazol-Ring.

[0096] Als organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft, die als siebte organische Verbindung verwendet werden kann, kann alternativ ein Material, das als organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft, die als Wirtsmaterial verwendet werden kann, oder als organische Verbindung, die als Wirtsmaterial für die fluoreszierende Substanz verwendet werden kann, angegeben worden ist, verwendet werden.

[0097] Der organische Komplex eines Alkalimetalls oder Erdalkalimetalls ist vorzugsweise ein organischer Komplex von Lithium und besonders bevorzugt 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq).

[0098] Die Elektronenbeweglichkeit des Materials, das in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, ist in dem Fall, in dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt, vorzugsweise höher als oder gleich $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ und niedriger als oder gleich $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

[0099] Ferner ist die Elektronenbeweglichkeit des Materials, das in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, in dem Fall, in dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 ist, vorzugsweise niedriger als die Elektronenbeweglichkeit der sechsten organischen Verbindung oder des Materials, das in der Licht emittierenden Schicht **113** enthalten ist, in dem Fall, in dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 ist. Die Menge der in die Licht emittierende Schicht injizierten Elektronen kann durch die Verringerung der Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht gesteuert werden, wodurch verhindert werden kann, dass die Licht emittierende Schicht überschüssige Elektronen aufweist.

[0100] Wenn die Licht emittierende Schicht überschüssige Elektronen aufweist, ist ein Licht emittierender Bereich **113-1**, wie in **Fig. 2A** dargestellt, auf einen Teil beschränkt und wird der Teil stark belastet, was eine Verschlechterung fördert. Außerdem verringern Elektronen, die nicht rekombinieren können und die Licht emittierende Schicht passieren, auch eine Emissionseffizienz und eine Lebensdauer. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dehnt die Verringerung der Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114**, wie in **Fig. 2B** dargestellt, den Licht emittierenden Bereich **113-1** aus und verteilt die Belastung auf das Material, das in der Licht emittierenden Schicht **113** enthalten ist. Daher kann eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer und hoher Emissionseffizienz bereitgestellt werden.

[0101] Die Abklingkurve einer Licht emittierenden Vorrichtung mit einer derartigen Struktur, die durch einen Betriebstest bei konstanter Stromdichte erhalten wird, weist in einigen Fällen einen lokalen Maximalwert auf. Mit anderen Worten: Die Form der Abklingkurve der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann einen Abschnitt aufweisen, in dem sich die Leuchtdichte mit der Zeit erhöht. Die Licht emittierende Vorrichtung, die ein derartiges Verschlechterungsverhalten zeigt, ermöglicht, ein schnelles Abklingen in der ersten Betriebsstufe, das als anfängliches Abklingen bekannt ist, durch die Leuchtdichteerhöhung aufzuheben. Dadurch kann die Licht emittierende Vorrichtung eine sehr lange Lebensdauer mit einem geringeren anfänglichen Abklingen aufweisen.

[0102] Ein Differentialwert einer derartigen Abklingkurve mit einem lokalen Maximalwert beträgt in einem Teil 0. Mit anderen Worten: Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, deren Abklingkurve einen Differentialwert von 0 in einem Teil aufweist, kann eine sehr lange Lebensdauer mit einem geringeren anfänglichen Abklingen aufweisen.

[0103] Wie in **Fig. 3A** dargestellt, wird dieses Phänomen wahrscheinlich durch Rekombination, die nicht zur Lichtheission beiträgt, in einem kein Licht emittierenden Rekombinationsbereich **114-1** verursacht. In einer Licht emittierenden Vorrichtung der vorliegenden Erfindung mit der vorstehend beschriebenen Struktur ist eine

Lochinjektionsbarriere in der ersten Betriebsstufe klein und ist die Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114** relativ niedrig; demzufolge wird der Licht emittierende Bereich **113-1** (d. h. Rekombinationsbereich) auf der Seite der Elektronentransportschicht **114** ausgebildet. Da das HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung, die in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, -6,0 eV oder höher, welches relativ hoch ist, ist, erreichen ferner einige Löcher sogar die Elektronentransportschicht **114**, wodurch die Rekombination auch in der Elektronentransportschicht **114** verursacht wird; daher wird der kein Licht emittierende Rekombinationsbereich **114-1** ausgebildet. Dieses Phänomen tritt in einigen Fällen auch in dem Fall auf, in dem die Differenz zwischen den HOMO-Niveaus der sechsten organischen Verbindung und der siebten organischen Verbindung 0,2 eV oder weniger ist.

[0104] Wenn der Ablauf der Betriebszeit das Ladungsträgergleichgewicht ändert, verschiebt sich der Licht emittierende Bereich **113-1** (Rekombinationsbereich), wie in **Fig. 3B** gezeigt, in Richtung der Lochtransportschicht **112**. Eine Verringerung des kein Licht emittierenden Rekombinationsbereichs **114-1** ermöglicht, dass die Energie der rekombinierenden Ladungsträger effektiv zur Lichtemission beitragen kann, so dass sich die Leuchtdichte erhöht. Diese Erhöhung der Leuchtdichte hebt die schnelle Verringerung der Leuchtdichte in der ersten Betriebsstufe, die als anfängliches Abklingen bekannt ist, der Licht emittierenden Vorrichtung auf. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung eine lange Betriebsdauer mit einem geringeren anfänglichen Abklingen aufweisen.

[0105] Wenn das anfängliche Abklingen reduziert werden kann, können das Problem des Einbrennens, das immer noch als großer Nachteil von organischen EL-Vorrichtungen Erwähnung findet, sowie der Zeit- und Arbeitsaufwand für die Alterung zur Reduzierung des Problems vor dem Versand erheblich reduziert werden.

[0106] Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit der vorstehend beschriebenen Struktur kann eine lange Lebensdauer aufweisen.

(Ausführungsform 2)

[0107] 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 aufweist. 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 von der Seite der Anode **101** aus bereitgestellt.

[0108] 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 Elektroneninjektionsschicht, eine Ladungsträger blockierende Schicht, eine Exzitonen blockierende Schicht und eine Ladungserzeugungsschicht, können zum Einsatz kommen.

[0109] 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-Zinnoxid (indium tin oxide; ITO), Indiumoxid-Zinnoxid 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 bezüglich der organischen 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.

[0110] Zwei Arten von mehrschichtigen Strukturen der EL-Schicht **103** werden beschrieben, nämlich eine in **Fig. 1A** dargestellte Struktur, die die Elektroneninjektionsschicht **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 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.

[0111] Da die Lochinjektionsschicht **111**, die Lochtransportschicht **112** (die erste Lochtransportschicht **112-1** und die zweite 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.

[0112] Als Elektroneninjektionsschicht **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 (CaF₂), 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 Elektroneninjektionsschicht **115** verwendet werden. Beispiele für das Elektrid umfassen eine Substanz, in der Elektronen mit einer hohen Konzentration zu Calciumoxid-Aluminumoxid zugesetzt sind.

[0113] Anstelle der Elektroneninjektionsschicht **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 das vorstehend beschriebene Akzeptormaterial enthält, 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.

[0114] Es sei angemerkt, dass die Ladungserzeugungsschicht **116** vorzugsweise zusätzlich zu der p-Typ-Schicht **117** eine Elektronenweiterleitungsschicht **118** und/oder eine Elektroneninjektionspufferschicht **119** umfasst.

[0115] 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.

[0116] 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.

[0117] 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.

[0118] 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 Silizium-oxid 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.

[0119] 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 Siebdruckverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder dergleichen verwendet werden.

[0120] Unterschiedliche Verfahren können verwendet werden, um die vorstehend beschriebenen Elektroden oder Schichten auszubilden.

[0121] 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.

[0122] 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.

[0123] 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.

[0124] 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.

[0125] 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.

[0126] 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.

[0127] 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.

[0128] 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, ein Element mit langer Lebensdauer bereitzustellen, das 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.

[0129] Wenn sich 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 können in einer Licht emittierenden Vorrichtung, die zwei Licht emittierende Einheiten aufweist, die Emissionsfarben der ersten Licht emittierenden Einheit rot und grün sein und kann die Emissionsfarbe der zweiten Licht emittierenden Einheit blau sein, so dass die Licht emittierende Vorrichtung weißes Licht als Ganzes emittieren kann. Die Licht emittierende Vorrichtung, in der drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind, kann zum Beispiel eine Tandem-Vorrichtung sein, in der eine erste Licht emittierende Einheit eine erste blaue Licht emittierende Schicht, eine zweite Licht emittierende Einheit eine gelbe oder gelb-grüne Licht emittierende Schicht und eine rote Licht emittierende Schicht und eine dritte Licht emittierende Einheit eine zweite blaue Licht emittierende Schicht enthält. Die Tandem-Vorrichtung kann, wie die vorstehende Licht emittierende Vorrichtung, eine weiße Lichtemission bereitstellen.

[0130] 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.

[0131] Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Einrichtung, die die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, beschrieben.

[0132] 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. 4A** und **Fig. 4B** beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig. 4A** eine Draufsicht auf die Licht emittierende Einrichtung ist und **Fig. 4B** eine Querschnittsansicht entlang den Linien A-B und C-D der **Fig. 4A** 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.

[0133] 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.

[0134] Als Nächstes wird eine Querschnittsstruktur anhand von **Fig. 4B** 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.

[0135] 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.

[0136] 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.

[0137] 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.

[0138] 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.

[0139] 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.

[0140] Ein Oxidhalbleiter, der bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, wird nachstehend beschrieben.

[0141] Ein Oxidhalbleiter (Metalloxid) wird in einen einkristallinen Oxidhalbleiter und in einen nicht-einkristallinen Oxidhalbleiter unterteilt. Beispiele für einen nicht-einkristallinen Oxidhalbleiter umfassen einen kristallinen Oxidhalbleiter mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse (c-axis aligned crystalline oxide semiconductor, CAAC-OS), einen polykristallinen Oxidhalbleiter, einen nanokristallinen Oxidhalbleiter (nc-OS), einen amorphähnlichen Oxidhalbleiter (a-ähnlichen OS) und einen amorphen Oxidhalbleiter.

[0142] Der CAAC-OS weist eine Ausrichtung bezüglich der c-Achse auf, seine Nanokristalle sind in Richtung der a-b-Ebene verbunden, und seine Kristallstruktur weist eine Verzerrung auf. Es sei angemerkt, dass eine Verzerrung einen Abschnitt bezeichnet, in dem sich die Richtung einer Gitteranordnung zwischen einem Bereich mit einer gleichmäßigen Gitteranordnung und einem anderen Bereich mit einer gleichmäßigen Gitteranordnung in einem Bereich verändert, in dem die Nanokristalle verbunden sind.

[0143] Die Form des Nanokristalls ist grundsätzlich ein Sechseck; jedoch ist die Form nicht immer ein regelmäßiges Sechseck und ist in einigen Fällen ein unregelmäßiges Sechseck. Eine fünfeckige Gitteranordnung, eine siebeneckige Gitteranordnung und dergleichen sind in einigen Fällen in der Verzerrung enthalten. Es sei angemerkt, dass es schwierig ist, selbst in der Nähe der Verzerrung in dem CAAC-OS eine deutliche Korngrenze zu beobachten. Das heißt, dass eine Gitteranordnung verzerrt ist und somit die Bildung einer Korngrenze unterdrückt wird. Das liegt daran, dass der CAAC-OS dank einer niedrigen Dichte der Sauerstoffatomanordnung in Richtung der a-b-Ebene, einer Änderung des interatomaren Bindungsabstands durch Ersatz eines Metallelements und dergleichen eine Verzerrung tolerieren kann.

[0144] Es gibt die Tendenz, dass der CAAC-OS eine geschichtete Kristallstruktur (auch als mehrschichtige Struktur bezeichnet) aufweist, bei der eine Schicht, die Indium und Sauerstoff enthält (nachstehend eine In-Schicht), und eine Schicht, die das Element M, Zink und Sauerstoff enthält (nachstehend eine (M, Zn)-Schicht), übereinander angeordnet sind. Es sei angemerkt, dass Indium und das Element M untereinander ausgetauscht werden können und dass dann, wenn das Element M der (M, Zn)-Schicht durch Indium ersetzt wird, die Schicht auch als (In, M, Zn)-Schicht bezeichnet werden kann. Wenn Indium der In-Schicht durch das Element M ersetzt wird, kann die Schicht auch als (In, M)-Schicht bezeichnet werden.

[0145] Der CAAC-OS ist ein Oxidhalbleiter mit hoher Kristallinität. Im Gegensatz dazu ist es weniger wahrscheinlich, dass bei dem CAAC-OS eine Verringerung der Elektronenbeweglichkeit aufgrund einer Korngrenze auftritt, da es schwierig ist, eine eindeutige Korngrenze zu beobachten. Das Eindringen von Verunreinigungen, die Bildung von Defekten oder dergleichen könnte die Kristallinität eines Oxidhalbleiters verringern. Dies bedeutet, dass der CAAC-OS ein Oxidhalbleiter ist, der geringe Mengen an Verunreinigungen und Defekten (z. B. Sauerstofffehlstellen (auch als Vo bezeichnet)) aufweist. Daher ist ein Oxidhalbleiter, der den CAAC-OS enthält, physikalisch stabil. Demzufolge ist der Oxidhalbleiter, der den CAAC-OS enthält, wärmebeständig und weist eine hohe Zuverlässigkeit auf.

[0146] In dem nc-OS weist ein mikroskopischer Bereich (z. B. ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm, insbesondere ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 3 nm) eine regelmäßige Atomanordnung auf. Es gibt keine Regelmäßigkeit der Kristallausrichtung zwischen unterschiedlichen Nanokristallen in dem nc-OS. Daher wird keine Ausrichtung des gesamten Films beobachtet. Deshalb kann man den nc-OS in einigen Fällen nicht von einem a-ähnlichen OS oder einem amorphen Oxidhalbleiter in Abhängigkeit von einem Analyseverfahren unterscheiden.

[0147] Es sei angemerkt, dass ein Indium-Gallium-Zink-Oxid (nachstehend IGZO), das ein Oxidhalbleiter ist, der Indium, Gallium und Zink enthält, in einigen Fällen eine stabile Struktur aufweist, indem es aus den vorstehend beschriebenen Nanokristallen gebildet wird. Insbesondere gibt es die Tendenz, dass IGZO-Kristalle an der Luft nicht wachsen, und daher wird eine stabile Struktur erhalten, wenn IGZO anstatt aus größeren Kristallen (hier Kristallen mit einer Größe von mehreren Millimetern oder mehreren Zentimetern) aus kleineren Kristallen (z. B. den vorstehend beschriebenen Nanokristallen) gebildet wird.

[0148] Der a-ähnliche OS ist ein Oxidhalbleiter, der eine Struktur aufweist, die zwischen derjenigen des nc-OS und derjenigen des amorphen Oxidhalbleiters liegt. Der a-ähnliche OS weist einen Hohlraum oder einen Bereich mit niedriger Dichte auf. Das heißt, dass der a-ähnliche OS im Vergleich zu dem nc-OS und dem CAAC-OS eine niedrige Kristallinität aufweist.

[0149] Ein Oxidhalbleiter kann verschiedene Strukturen aufweisen, die verschiedene unterschiedliche Eigenschaften zeigen. Zwei oder mehr von dem amorphen Oxidhalbleiter, dem polykristallinen Oxidhalbleiter, dem

a-ähnlichen OS, dem nc-OS und dem CAAC-OS können in einem Oxidhalbleiter einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten sein.

[0150] Ein wolkenartig ausgerichteter Verbund- (cloud-aligned composite, CAC-) OS kann neben den vorstehenden Materialien auch als Oxidhalbleiter verwendet werden.

[0151] Ein CAC-OS weist eine leitende Funktion in einem Teil des Materials auf und weist eine isolierende Funktion in einem anderen Teil des Materials auf; in seiner Gesamtheit weist der CAC-OS eine Funktion eines Halbleiters auf. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem der CAC-OS in einer Halbleiterschicht eines Transistors verwendet wird, die leitende Funktion erlaubt, Elektronen (oder Löcher) fließen zu lassen, die als Ladungsträger dienen, und die isolierende Funktion erlaubt, Elektronen nicht fließen zu lassen, die als Ladungsträger dienen. Durch die komplementäre Wirkung der leitenden Funktion und der isolierenden Funktion kann der CAC-OS eine Schaltfunktion (Ein-/Ausschaltfunktion) aufweisen. In dem CAC-OS kann eine Trennung der Funktionen jede Funktion maximieren.

[0152] Darüber hinaus umfasst der CAC-OS leitende Bereiche und isolierende Bereiche. Die leitenden Bereiche weisen die vorstehend beschriebene leitende Funktion auf, und die isolierenden Bereiche weisen die vorstehend beschriebene isolierende Funktion auf. In einigen Fällen sind ferner die leitenden Bereiche und die isolierenden Bereiche in der Größenordnung von Nanoteilchen in dem Material getrennt. In einigen Fällen sind ferner die leitenden Bereiche und die isolierenden Bereiche in dem Material ungleichmäßig verteilt. Außerdem werden die leitenden Bereiche in einigen Fällen wolkenartig gekoppelt beobachtet, wobei ihre Grenzen unscharf sind.

[0153] Des Weiteren weisen in einigen Fällen in dem CAC-OS die leitenden Bereiche und die isolierenden Bereiche jeweils eine Größe von größer als oder gleich 0,5 nm und kleiner als oder gleich 10 nm, bevorzugt größer als oder gleich 0,5 nm und kleiner als oder gleich 3 nm auf, und sie sind in dem Material dispergiert.

[0154] Ferner enthält der CAC-OS Komponenten mit unterschiedlichen Bandlücken. Der CAC-OS enthält beispielsweise eine Komponente mit einer großen Lücke aufgrund des isolierenden Bereichs und eine Komponente mit einer kleinen Lücke aufgrund des leitenden Bereichs. Im Falle der Struktur fließen dann, wenn Ladungsträger fließen, Ladungsträger hauptsächlich in der Komponente mit einer kleinen Lücke. Die Komponente mit einer kleinen Lücke komplementiert ferner die Komponente mit einer großen Lücke, und Ladungsträger fließen auch in der Komponente mit einer großen Lücke in Zusammenhang mit der Komponente mit einer kleinen Lücke. Folglich kann in dem Fall, in dem der vorstehend beschriebene CAC-OS oder ein CAC-Metallocid in einem Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet wird, eine hohe Stromtreiberfähigkeit in einem Durchlasszustand des Transistors, d. h. ein hoher Durchlassstrom und eine hohe Feldeffektbeweglichkeit, erhalten werden.

[0155] Mit anderen Worten: Der CAC-OS kann als Matrix-Verbund oder Metall-Matrix-Verbund bezeichnet werden.

[0156] Die Verwendung der vorstehend beschriebenen Oxidhalbleitermaterialien für die Halbleiterschicht ermöglicht, dass ein Transistor mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt wird, bei dem eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften unterdrückt wird.

[0157] 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.

[0158] 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.

[0159] Es sei angemerkt, dass ein FET 623 als Transistor dargestellt wird, der in dem Treiberschaltungsbereich **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 Treiberschaltung über dem Substrat ausgebildet ist, muss die Treiberschaltung nicht notwendigerweise über dem Substrat ausgebildet sein und kann außerhalb des Substrats ausgebildet sein.

[0160] 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.

[0161] 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 Acryls ausgebildet werden.

[0162] 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 µm bis 3 µm) auf. Als Isolator **614** kann entweder ein negatives lichtempfindliches Harz oder ein positives lichtempfindliches Harz verwendet werden.

[0163] 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.

[0164] 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 Dendrimer) verwendet werden.

[0165] 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.

[0166] 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.

[0167] 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 Dichtungsubstrat **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 Dichtungsubstrat mit einem vertieften 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.

[0168] 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 Dichtungsubstrat **604** kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat, das aus einem faserverstärkten Kunststoff (FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester oder Acryl ausgebildet wird, verwendet werden.

[0169] Obwohl in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** 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 Paars von Substraten und freiliegende Seitenflächen einer Dichtungsschicht, einer Isolierschicht und dergleichen bedeckt werden.

[0170] 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.

[0171] 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, Zirconiumoxid, Zinnoxid, Yttriumoxid, Ceroxid, Scandiumoxid, Erbiumoxid, Vanadiumoxid, Indiumoxid, Aluminiumnitrid, Hafniumnitrid, Siliziumnitrid, Tantalnitrid, Titannitrid, Niobnitrid, Molybdänitrid, Zirconiumnitrid, 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 Zirconium enthaltendes Oxid oder dergleichen enthalten.

[0172] 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.

[0173] 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.

[0174] 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.

[0175] 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.

[0176] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** 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. 5A** stellt ein Substrat **1001**, einen Basis-Isolierfilm **1002**, einen Gate-Isolierfilm **1003**, Gate-Elektroden **1006**, **1007** und **1008**, einen ersten

Zwischenschicht-Isolierfilm **1020**, einen zweiten Zwischenschicht-Isolierfilm **1021**, einen Peripherieabschnitt **1042**, einen Pixelabschnitt **1040**, einen Treiberschaltungsabschnitt **1041**, 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 der gleichen dar.

[0177] In **Fig. 5A** 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. 5A** 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.

[0178] **Fig. 5B** 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.

[0179] 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. 6** 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.

[0180] 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. 6** 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.

[0181] Im Falle einer in **Fig. 6** 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.

[0182] 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 halbreflektierenden Elektrode, die mindestens eine Licht emittierende Schicht umfasst, die als Licht emittierender Bereich dient.

[0183] 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 halbreflektierende 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.

[0184] 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 halbreflektierenden Elektrode reflektiert und zur Resonanz gebracht.

[0185] In der Licht emittierenden Vorrichtung kann die optische Weglänge zwischen der reflektierenden Elektrode und der halbdurchlässigen und halbreflektierenden 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 halbreflektierenden Elektrode zur Resonanz gebracht wird, verstärkt werden, während das Licht mit einer Wellenlänge, die dazwischen nicht zur Resonanz gebracht wird, abgeschwächt werden kann.

[0186] 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 halbreflektierende 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 λ 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.

[0187] 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.

[0188] 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.

[0189] 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.

[0190] Die Licht emittierende Aktiv-Matrix-Einrichtung ist vorstehend beschrieben worden, wohingegen eine Licht emittierende Passiv-Matrix-Einrichtung nachstehend beschrieben wird. **Fig. 7A** und **Fig. 7B** stellen eine unter Verwendung der vorliegenden Erfindung hergestellte Licht emittierende Passiv-Matrix-Einrichtung dar. Es sei angemerkt, dass **Fig. 7A** eine perspektivische Ansicht der Licht emittierenden Einrichtung ist und **Fig. 7B** eine Querschnittsansicht entlang der Linie X-Y in **Fig. 7A** ist. In **Fig. 7A** und **Fig. 7B** 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 Trapezes, 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 anderen 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.

[0191] 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.

[0192] Diese Ausführungsform kann mit einer der anderen Ausführungsformen frei kombiniert werden.

(Ausführungsform 4)

[0193] 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. 8A** und **Fig. 8B** beschrieben. **Fig. 8B** ist eine Draufsicht auf die Beleuchtungsvorrichtung, und **Fig. 8A** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie e-f in **Fig. 8B**.

[0194] 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.

[0195] Eine Kontaktstelle (Pad) **412** zum Anlegen einer Spannung an eine Kathode **404** ist über dem Substrat **400** ausgebildet.

[0196] 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. Bezuglich der Struktur kann auf die Beschreibungen Bezug genommen werden.

[0197] 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.

[0198] 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.

[0199] 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. 8B** dargestellt) kann mit einem Trocknungsmittel gemischt werden, was die Adsorption von Feuchtigkeit ermöglicht und zu einer erhöhten Zuverlässigkeit führt.

[0200] 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.

[0201] 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.

[0202] 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.

[0203] 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 Mobiltelefonergeräte bezeichnet), tragbare Spielkonsolen, tragbare Informationsendgeräte, Audiowiedergabegeräte und große Spielautomaten, wie z. B. Flipperautomaten. Spezifische Beispiele für diese elektronischen Geräte werden nachstehend gezeigt.

[0204] **Fig. 9A** 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.

[0205] Das Fernsehgerät kann mittels eines Bedienschalters des Gehäuses **7101** oder einer separaten Fernbedienung **7110** bedient werden. Durch Bedientasten **7109** der Fernbedienung **7110** können die Fernsehensender 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.

[0206] Es sei angemerkt, dass das Fernsehgerät mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen versehen ist. Unter Verwendung des Empfängers kann allgemeiner Fernsehrundfunk 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.

[0207] **Fig. 9B1** 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. 9B1** dargestellte Computer kann eine in **Fig. 9B2** dargestellte Struktur aufweisen. Ein in **Fig. 9B2** 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 für die Eingabe 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 der Bildschirme beim Lagern oder Mitführen des Computers, verhindert werden.

[0208] **Fig. 9C** 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.

[0209] Wenn der Anzeigeabschnitt **7402** des tragbaren Endgeräts in **Fig. 9C** 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.

[0210] 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.

[0211] 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.

[0212] 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).

[0213] 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.

[0214] 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.

[0215] 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 emittieren, in dem Anzeigeabschnitt bereitgestellt wird, ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden.

[0216] 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.

[0217] 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.

[0218] **Fig. 10A** ist eine schematische Ansicht, die ein Beispiel für einen Reinigungsroboter darstellt.

[0219] 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.

[0220] Der Reinigungsroboter **5100** ist selbstfahrend, erfasst Staub **5120** und saugt durch die Einlassöffnung, die auf der Unterseite bereitgestellt ist, den Staub auf.

[0221] 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.

[0222] 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.

[0223] 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.

[0224] Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für das Display **5101** verwendet werden.

[0225] Ein Roboter **2100**, der in **Fig. 10B** 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**.

[0226] 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.

[0227] 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.

[0228] 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.

[0229] **Fig. 10C** 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, Steigungssgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahl), ein Mikrofon **5008**, einen Anzeigeabschnitt **5002**, eine Stütze **5012** und einen Ohrhörer **5013**.

[0230] Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigeabschnitt **5001** und den Anzeigeabschnitt **5002** verwendet werden.

[0231] **Fig. 11** 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 Tischlampe in **Fig. 11** beinhaltet ein Gehäuse **2001** und eine Lichtquelle **2002**, und die bei der Ausführungsform 3 beschriebene Beleuchtungsvorrichtung kann für die Lichtquelle **2002** verwendet werden.

[0232] **Fig. 12** 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 emitt-

tierende 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.

[0233] Die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung kann auch für eine Autowindschutzscheibe oder ein Autoarmaturenbrett verwendet werden. **Fig. 13** 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.

[0234] 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.

[0235] Eine Anzeigevorrichtung, die die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, ist in dem Anzeigebereich **5002** 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.

[0236] 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.

[0237] **Fig. 14A** und **Fig. 14B** stellen ein klappbares, tragbares Informationsendgerät **5150** dar. Das klappbare, tragbare Informationsendgerät **5150** beinhaltet ein Gehäuse **5151**, einen Anzeigebereich **5152** und einen Biegeabschnitt **5153**. **Fig. 14A** stellt das tragbare Informationsendgerät **5150** dar, das aufgeklappt ist. **Fig. 14B** 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.

[0238] 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.

[0239] 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.

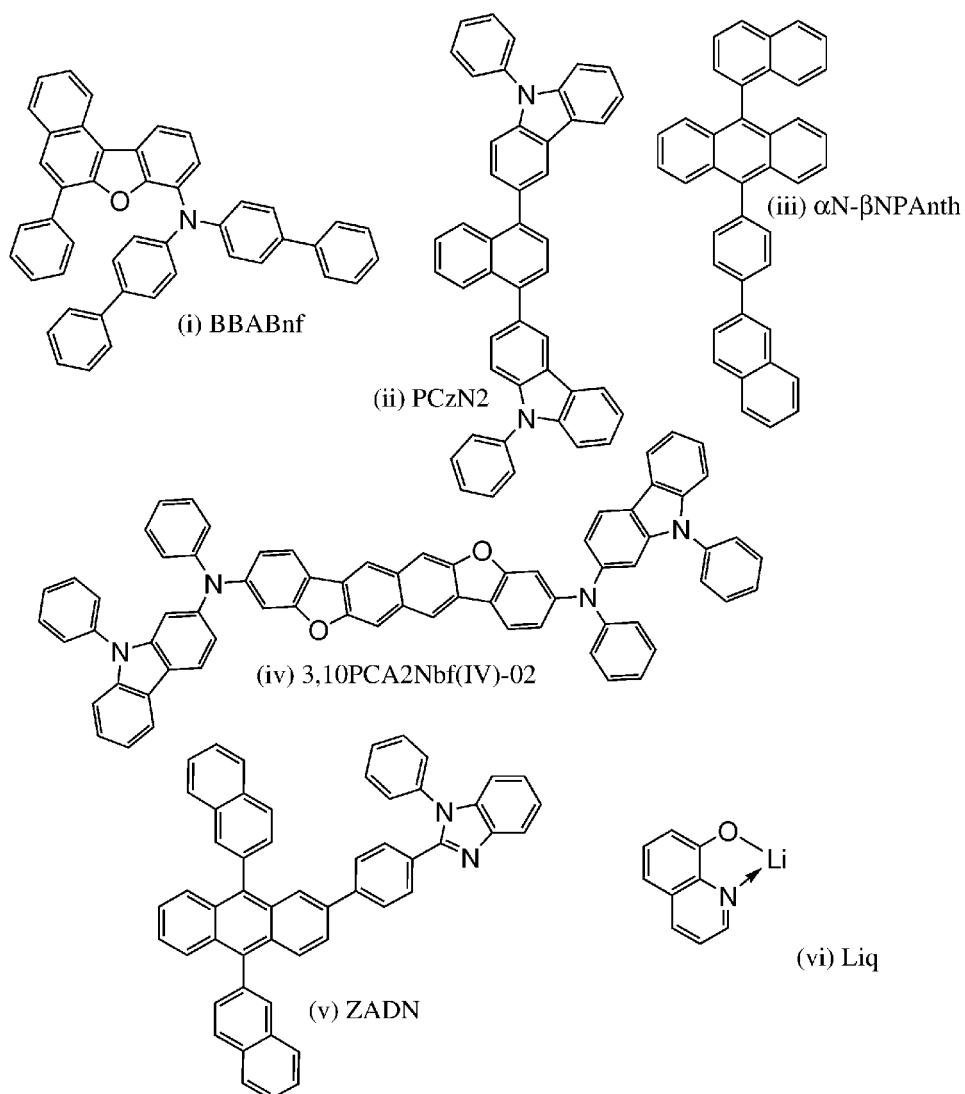
[0240] **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** stellen ein klappbares, tragbares Informationsendgerät **9310** dar. **Fig. 15A** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** dar, das aufgeklappt ist. **Fig. 15B** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** während des Aufklappens oder des Zusammenklappens dar. **Fig. 15C** 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.

[0241] 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]

[0242] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 1 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 3]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 1)

[0243] 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.

[0244] 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.

[0245] 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.

[0246] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0247] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0248] Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: α N- β NPAanth), 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 (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von α N- β NPAanth zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0249] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) 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.

[0250] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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.

[0251] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 1 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 1]

Licht emittierende Vorrichtung 1	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		10 nm	20 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 1	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	α N- β NPAanth: 3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	ZADN: Liq (1:0,9)	Liq

[0252] 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 Elektronen-

beweglichkeiten 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
α N- β NPAanth	-5,85	-2,74	-
ZADN	-	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,1 \times 10^{-6}$

[0253] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0254] **Fig. 16** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 1. **Fig. 17** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 18** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 19** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 20** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 21** zeigt das Emissionsspektrum dieser. Tabelle 3 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 1 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 3]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 1	4,2	0,42	10,4	0,14	0,12	10,8	11,1

[0255] **Fig. 16** bis **Fig. 21** und die Tabelle 3 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

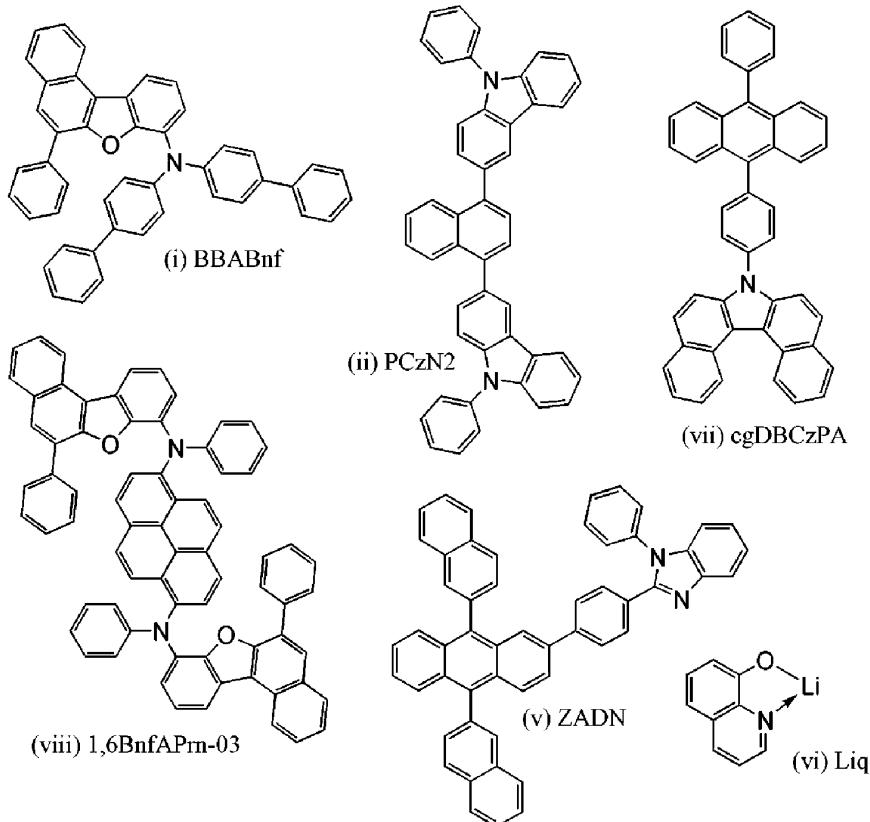
[0256] **Fig. 22** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 50 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 22** gezeigt, hält die Leuchtdichte ungefähr 90 % der anfänglichen Leuchtdichte, selbst nachdem 600 Stunden vergangen worden sind. Dies offenbart, dass eine Verringerung der Leuchtdichte während des Betriebs über die Zeit besonders gering ist und die Licht emittierende Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine sehr lange Lebensdauer aufweist.

[0257] In der Abklingkurve der Licht emittierenden Vorrichtung 1 fällt die Leuchtdichte einmal ab und dann wird erhöht. Das heißt, dass die Abklingkurve einen lokalen Maximalwert aufweist. Die Licht emittierende Vorrichtung 1, die ein derartiges Verschlechterungsverhalten zeigt, weist eine sehr lange Lebensdauer auf.

[Beispiel 2]

[0258] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 2 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 2 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 4]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 2)

[0259] 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.

[0260] 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.

[0261] 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.

[0262] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0263] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0264] Anschließend wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7/-/- dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), das durch die Strukturformel (vii) 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 (viii) 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.

[0265] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:1 war, wodurch die Elektronentransportschicht **114** ausgebildet wurde.

[0266] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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 2 dieses Beispiels hergestellt.

[0267] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 2 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 4]

Licht emittierende Vorrichtung 2	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		10 nm	20 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 2	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	cgDBCzPA: 1,6BnfAPrn-03 (1:0,03)	ZADN: Liq (1:1)	Liq

[0268] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
cgDBCzPA	-5,69	-2,74	$7,7 \times 10^{-5}$
ZADN	-	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,1 \times 10^{-6}$

[0269] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0270] **Fig. 23** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 2. **Fig. 24** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 25** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 26** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 27** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 28** zeigt das Emissionsspektrum dieser. Tabelle 6 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 2 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 6]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz
Licht emittierende Vorrichtung 2	3,6	0,43	10,7	0,14	0,13	9,5	9,4

[0271] **Fig. 23 bis Fig. 28** und die Tabelle 6 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 2 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

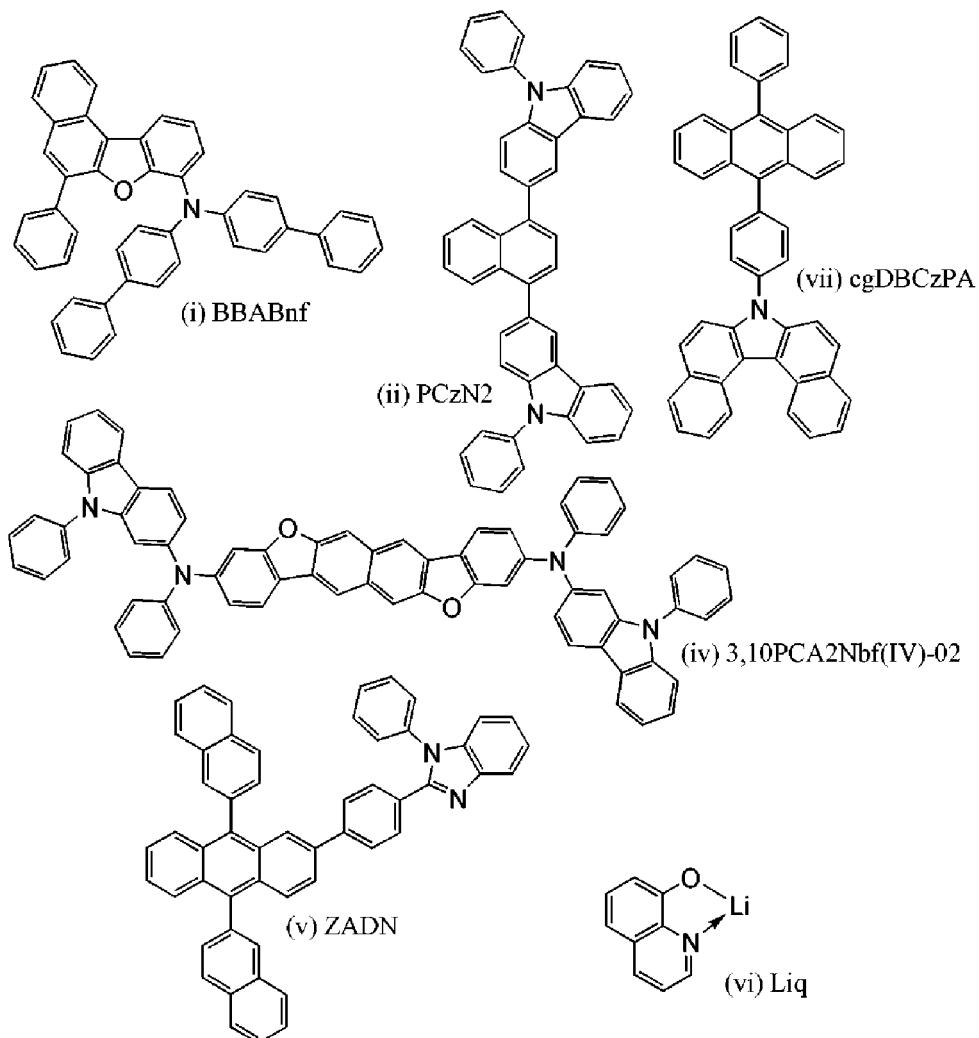
[0272] **Fig. 29** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 50 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 29** gezeigt, hält die Leuchtdichte 97 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte, selbst nachdem 300 Stunden vergangen worden sind. Dies offenbart, dass eine Verringerung der Leuchtdichte während des Betriebs über die Zeit besonders gering ist und die Licht emittierende Vorrichtung 2 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine sehr lange Lebensdauer aufweist.

[0273] In der Abklingkurve der Licht emittierenden Vorrichtung 2 fällt die Leuchtdichte einmal ab und dann wird erhöht. Dies zeigt, dass die Abklingkurve einen lokalen Maximalwert aufweist. Die Licht emittierende Vorrichtung 2, die ein derartiges Verschlechterungsverhalten zeigt, weist eine sehr lange Lebensdauer mit einem geringeren anfänglichen Abklingen auf.

[Beispiel 3]

[0274] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 3 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 5]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 3)

[0275] 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.

[0276] 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.

[0277] 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.

[0278] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0279] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphtha-

len-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0280] Anschließend wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), das durch die Strukturformel (vii) 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 (iv) 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.

[0281] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinolatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:1 war, wodurch die Elektronentransportschicht **114** ausgebildet wurde.

[0282] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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 3 dieses Beispiels hergestellt.

[0283] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 3 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 7]

Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
	1	2			
	10 nm	20 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 3	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	cgDBCzPA: 3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	ZADN: Liq (1:1)

[0284] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
cgDBCzPA	-5,69	-2,74	$7,7 \times 10^{-5}$
ZADN	-	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,1 \times 10^{-6}$

[0285] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0286] **Fig. 30** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 3. **Fig. 31** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 32** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 33** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 34** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 35** zeigt das Emissionsspektrum dieser. Tabelle 9 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 3 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 9]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 3	3,5	0,39	9,6	0,14	0,11	10,5	11,1

[0287] **Fig. 30** bis **Fig. 35** und die Tabelle 9 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

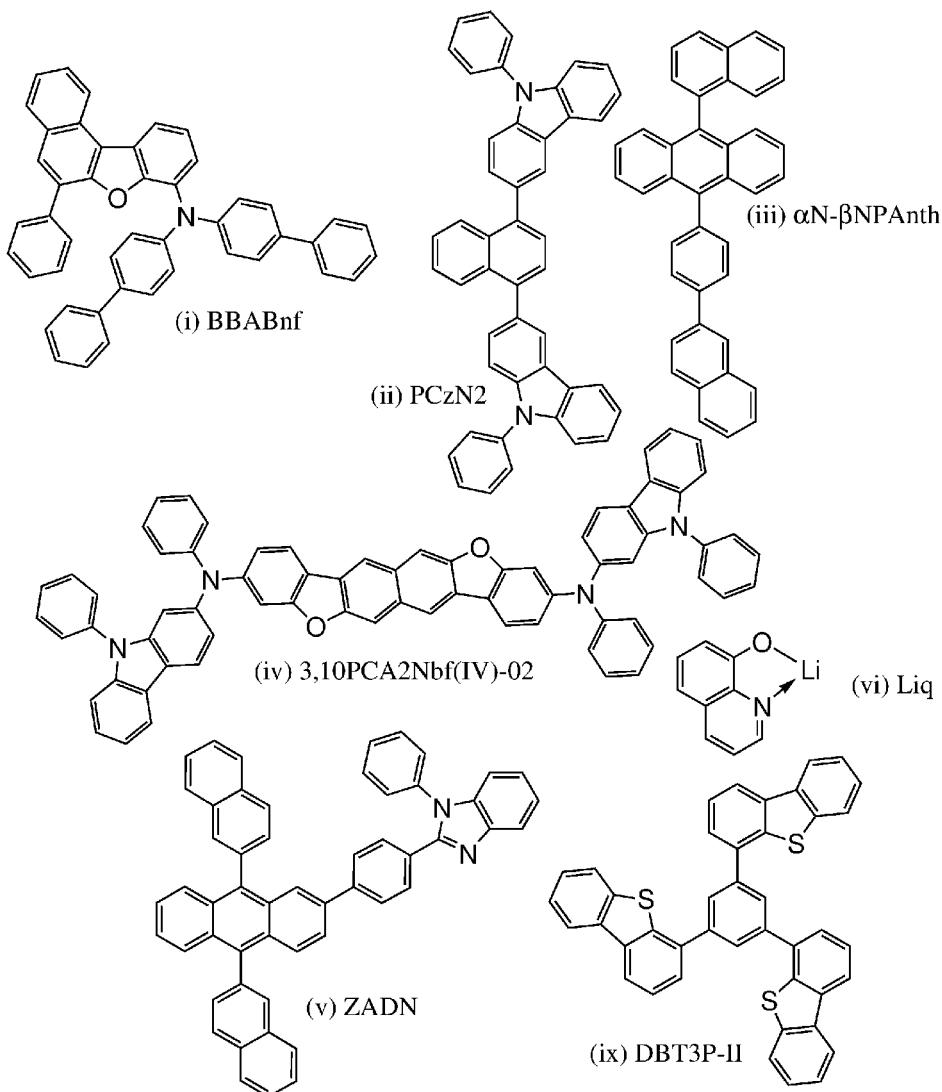
[0288] **Fig. 36** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 50 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 36** gezeigt, wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 3 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung 94 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, selbst nachdem 300 Stunden vergangen 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.

[0289] In der Abklingkurve der Licht emittierenden Vorrichtung 3 fällt die Leuchtdichte ab und dann wird erhöht. Das zeigt, dass die Abklingkurve einen lokalen Maximalwert aufweist. Die Licht emittierende Vorrichtung 3, die ein derartiges Verschlechterungsverhalten zeigt, weist eine sehr lange Lebensdauer mit einem geringeren anfänglichen Abklingen auf.

[Beispiel 4]

[0290] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 4 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 4 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 6]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 4)

[0291] Zuerst wurde als reflektierende Elektrode ein Legierungsfilm aus Silber (Ag), Palladium (Pd) und Kupfer (Cu), d. h. ein Ag-Pd-Cu- (APC-) Film, durch ein Sputterverfahren in einer Dicke von 100 nm ausgebildet, und dann wurde als durchsichtige Elektrode ein Film aus Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), durch ein Sputterverfahren in einer Dicke von 85 nm ausgebildet; somit wurde die Anode **101** ausgebildet. Die Elektrodenfläche wurde auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt.

[0292] 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.

[0293] 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.

[0294] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,05 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0295] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 10 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0296] Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: α N- β NPAanth), 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 (iv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von α N- β NPAanth zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0297] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:1 war, wodurch die Elektronentransportschicht **114** ausgebildet wurde.

[0298] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde die Elektroneninjektionsschicht **115** durch Verdampfung von Liq in einer Dicke von 1 nm ausgebildet. Die Kathode **102** wurde durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm derart ausgebildet, dass das Volumenverhältnis von Silber (Ag) zu Magnesium (Mg) 1:0,1 war. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung 4 hergestellt. Es handelt sich bei der Kathode **102** um eine halbdurchlässige und halbreflektierende Elektrode, die eine Funktion zum Reflektieren von Licht und eine Funktion zum Durchlassen von Licht aufweist; daher handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 4 dieses Beispiels um eine Top-Emission-Vorrichtung, bei der Licht über die Kathode **102** extrahiert wird. Über der Kathode **102** wurde 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)-benzol (Abkürzung: DBT3P-II), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 80 nm abgeschieden, so dass die Extraktionseffizienz verbessert werden kann.

[0299] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 4 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 10]

	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		10 nm	25 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 4	BBABnf: NDP-9 (1:0,05)	BBABnf	PCzN2	α N- β NPAanth: 3, 10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0,015)	ZADN: Liq (1:1)	Liq

[0300] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
α N- β NPAanth	-5,85	-2,74	-
ZADN	-	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,1 \times 10^{-6}$

[0301] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 4 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0302] **Fig. 42** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 4. **Fig. 43** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 44** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 45** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 46** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 47** zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 12 zeigt die Hauptigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 4 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 12]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 4	5,2	0,87	21,9	0,14	0,05	4,7	9,1

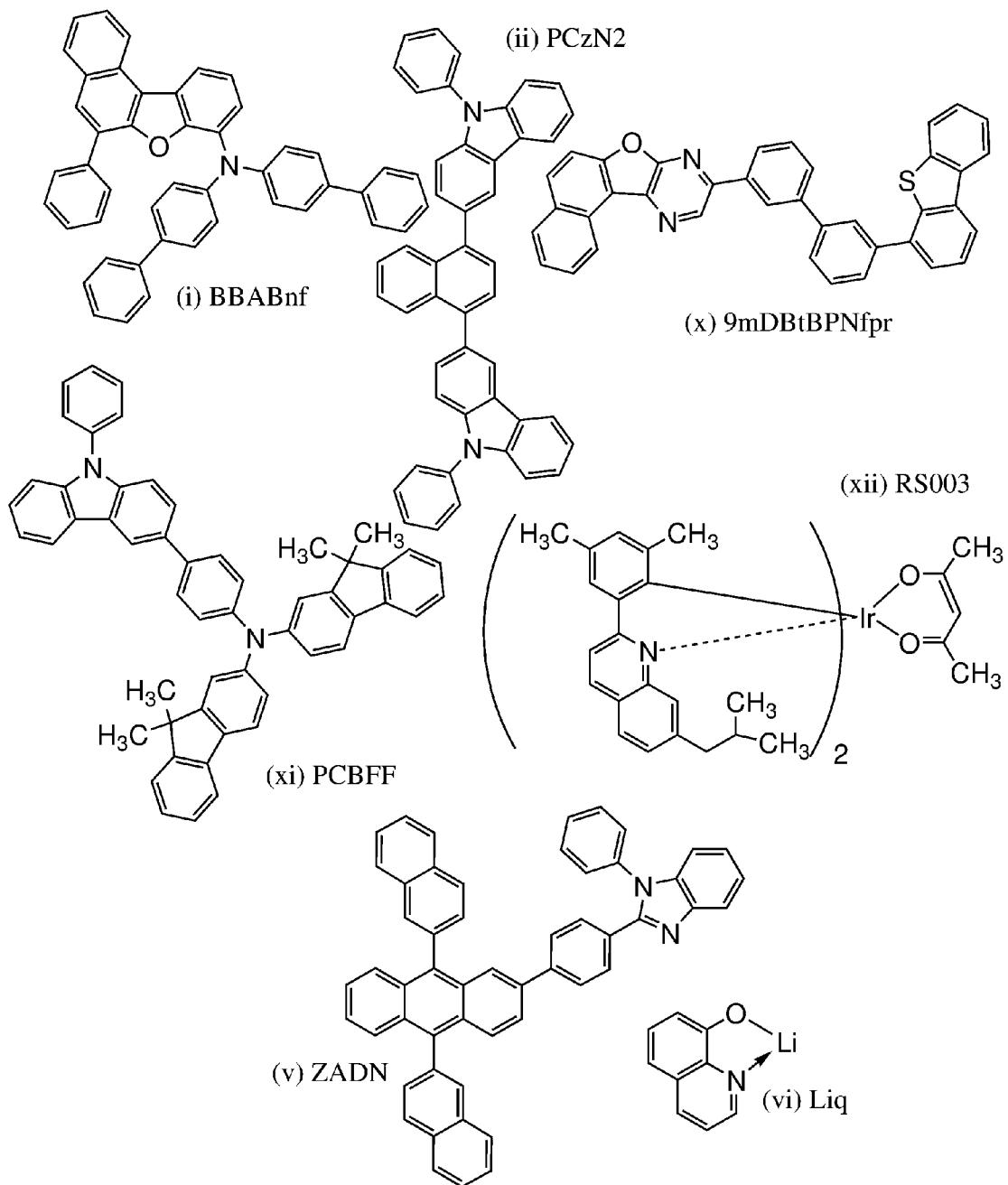
[0303] **Fig. 42** bis **Fig. 47** und die Tabelle 12 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 4 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine blaue Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

[0304] **Fig. 48** zeigt eine Änderung der Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung mit der Betriebszeit unter den folgenden Bedingungen: Die anfängliche Leuchtdichte war 1300 cd/m² und die Stromdichte war konstant. Wie in **Fig. 48** gezeigt, wurde bei der Licht emittierenden Vorrichtung 4 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ungefähr 95 % der anfänglichen Leuchtdichte gehalten, selbst nachdem 1000 Stunden vergangen 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 5]

[0305] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 5 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 5 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 7]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 5)

[0306] 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.

[0307] 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.

[0308] 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.

[0309] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0310] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 80 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0311] Anschließend wurden 9-[(3'-Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]naphtho[1',2'-4,5]furo[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 9mDBtBPNfpr), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, N-[4-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-bis(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)amin (Abkürzung: PCBFF), das durch die Strukturformel (xi) dargestellt wird, und Bis[4,6-dimethyl-2-(7-(2-methylpropyl)-2-chinolinyl- κ C](2,4-pentandionato- κ^2 O,O') iridium(III) (Abkürzung: RS003), das durch die Strukturformel (xii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 65 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von 9mDBtBPNfpr zu PCBFF und RS003 0,5:0,5:0,05 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0312] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 20 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:1 war, wodurch die Elektronentransportschicht **114** ausgebildet wurde.

[0313] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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 5 dieses Beispiels hergestellt.

[0314] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 5 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 13]

Licht emittierende Vorrichtung 5	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		10 nm	20 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 5	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	9mDBtBPNfpr: PCBFF: RS003 (0,5:0,5:0,05)	ZADN: Liq (1:1)	Liq

[0315] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
ZADN	-5,82	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,5 \times 10^{-6}$

[0316] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0317] **Fig. 49** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 5. **Fig. 50** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 51** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 52** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 53** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 54** zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 15 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 5 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 15]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 5	4,4	0,29	7,2	0,67	0,33	13,1	12,4

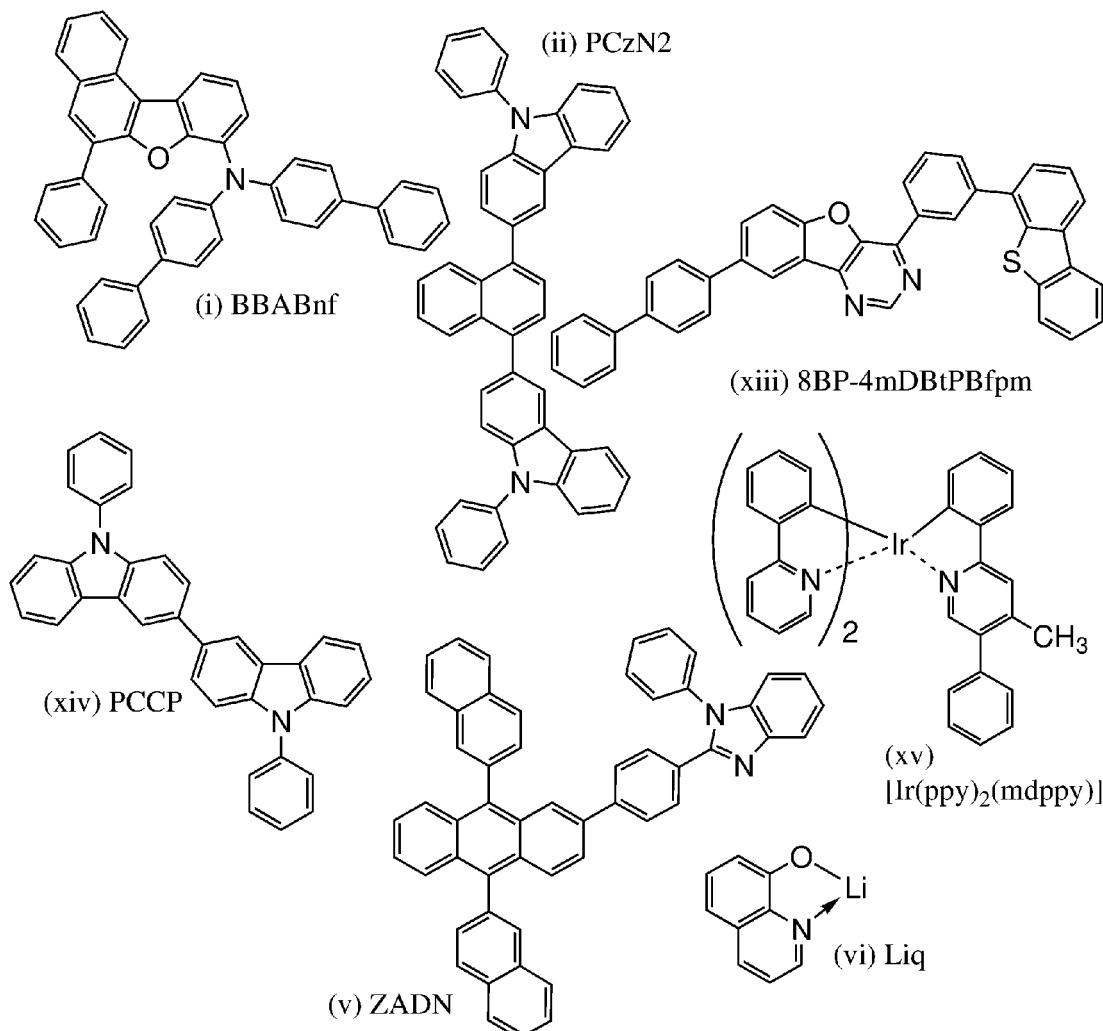
[0318] **Fig. 49** bis **Fig. 54** und die Tabelle 15 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 5 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine rote Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

[0319] **Fig. 55** ist ein Diagramm (Abklingkurve), das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 75 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 55** gezeigt, hält die Leuchtdichte 99 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte, selbst nachdem 100 Stunden vergangen worden sind. Dies offenbart, dass eine Verringerung der Leuchtdichte während des Betriebs über die Zeit besonders gering ist und die Licht emittierende Vorrichtung 5 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine sehr lange Lebensdauer aufweist. Die Abklingkurve weist eine charakteristische Form auf, d. h. sie weist einen lokalen Maximalwert auf, so dass die Licht emittierende Vorrichtung 5 durch Zeigen des vorstehenden Verschlechterungsverhaltens eine sehr lange Lebensdauer aufweisen kann.

[Beispiel 6]

[0320] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 6 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 8]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 6)

[0321] 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 4 mm² (2 mm × 2 mm).

[0322] 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-Ozon-Behandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

[0323] 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.

[0324] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0325] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphtha-

len-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 40 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0326] Anschließend wurden 8-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-4-[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 8BP-4mDBtPBfpm), das durch die Strukturformel (xiii) dargestellt wird, 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), das durch die Strukturformel (xiv) dargestellt wird, und [2-(4-Methyl-5-phenyl-2-pyridinyl- κ N)phenyl- κ C]bis[2-(2-pyridinyl- κ N)phenyl- κ C]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(ppy)₂(mdppy)]), das durch die Strukturformel (xv) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 45 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von 8BP-4mDBtPBfpm zu PCCP und [Ir(ppy)₂(mdppy)] 0,4:0,6:0,1 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0327] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) 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.

[0328] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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 6 dieses Beispiels hergestellt.

[0329] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 6 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 16]

Licht emittierende Vorrichtung 6	Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		10 nm	15 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 6	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	8BP-4mDBtPBfpm: PCCP: [Ir(ppy) ₂ (mdppy)] (0,4:0,6:0,1)	ZADN: Liq (1:0,9)	Liq

[0330] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
ZADN	-5,82	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,5 \times 10^{-6}$

[0331] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0332] **Fig. 56** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 6. **Fig. 57** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 58** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 59** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 60** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 61** zeigt das Emissionsspektrum dieser. Tabelle 18 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 6 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 18]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 6	3,7	0,05	1,2	0,33	0,63	80,8	21,7

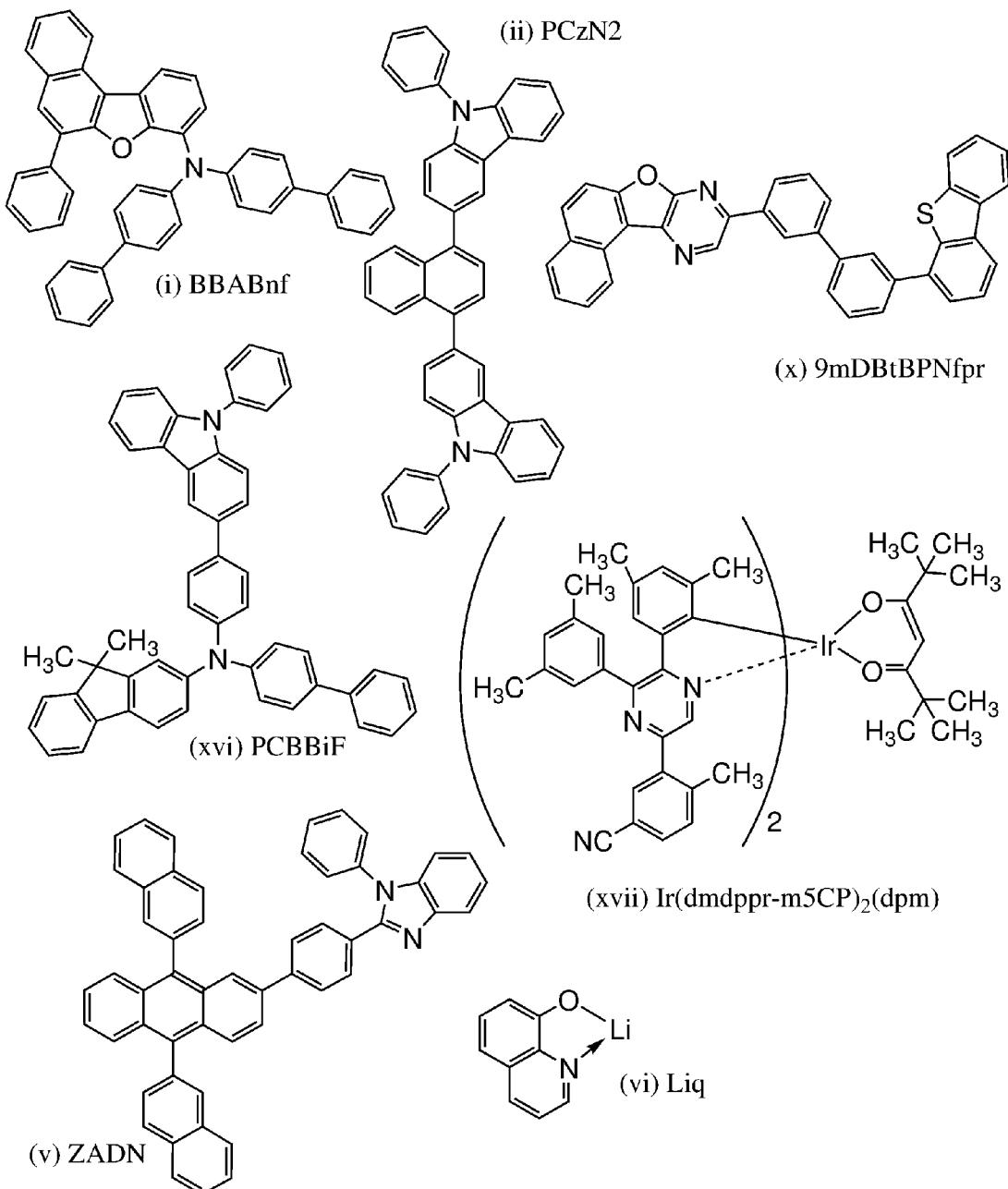
[0333] **Fig. 56** bis **Fig. 61** und die Tabelle 18 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine grüne Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

[0334] **Fig. 62** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 50 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 62** gezeigt, hält die Leuchtdichte 80 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte, selbst nachdem 200 Stunden vergangen worden sind. Dies offenbart, dass eine Verringerung der Leuchtdichte während des Betriebs über die Zeit besonders gering ist und die Licht emittierende Vorrichtung 6 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine sehr lange Lebensdauer aufweist.

[Beispiel 7]

[0335] In diesem Beispiel wird eine Licht emittierende Vorrichtung 7 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung 7 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 9]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 7)

[0336] 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.

[0337] 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.

[0338] 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.

[0339] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0340] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 55 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0341] Anschließend wurden 9-[(3'-Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]naphtho[1',2'-4,5]furo[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 9mDBtBPNfpr), das durch die Strukturformel (x) dargestellt wird, N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), das durch die Strukturformel (xvi) dargestellt wird, und Bis{4,6-dimethyl-2-[5-(5-cyano-2-methylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl- κ N]phenyl- κ C} (2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptandionato- κ^2 O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-m5CP)₂(dpm)])], das durch die Strukturformel (xvii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 60 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von 9mDBtBPNfpr zu PCBBiF und [Ir(dmdppr-m5CP)₂(dpm)] 0,8:0,2:0,1 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0342] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) 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.

[0343] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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.

[0344] Die Struktur der Licht emittierenden Vorrichtung 7 wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 19]

Licht emittierende Vorrichtung 7	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		10 nm	55 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 7	BBABnf: NDP-9 (1:0,1)	BBABnf	PCzN2	9mDBtBPNfpr: PCBBiF: [Ir(dmdppr-m5CP) ₂ (dpm)] (0,8:0,2:0,1)	ZADN: Liq (1:1)	Liq

[0345] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
ZADN	-5,82	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,5 \times 10^{-6}$

[0346] 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 Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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 gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde.

[0347] **Fig. 63** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 7. **Fig. 64** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 65** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 66** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 67** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 68** zeigt das Emissionsspektrum dieser. Tabelle 21 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 7 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 21]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 7	4,4	0,28	7,0	0,71	0,29	13,9	28,4

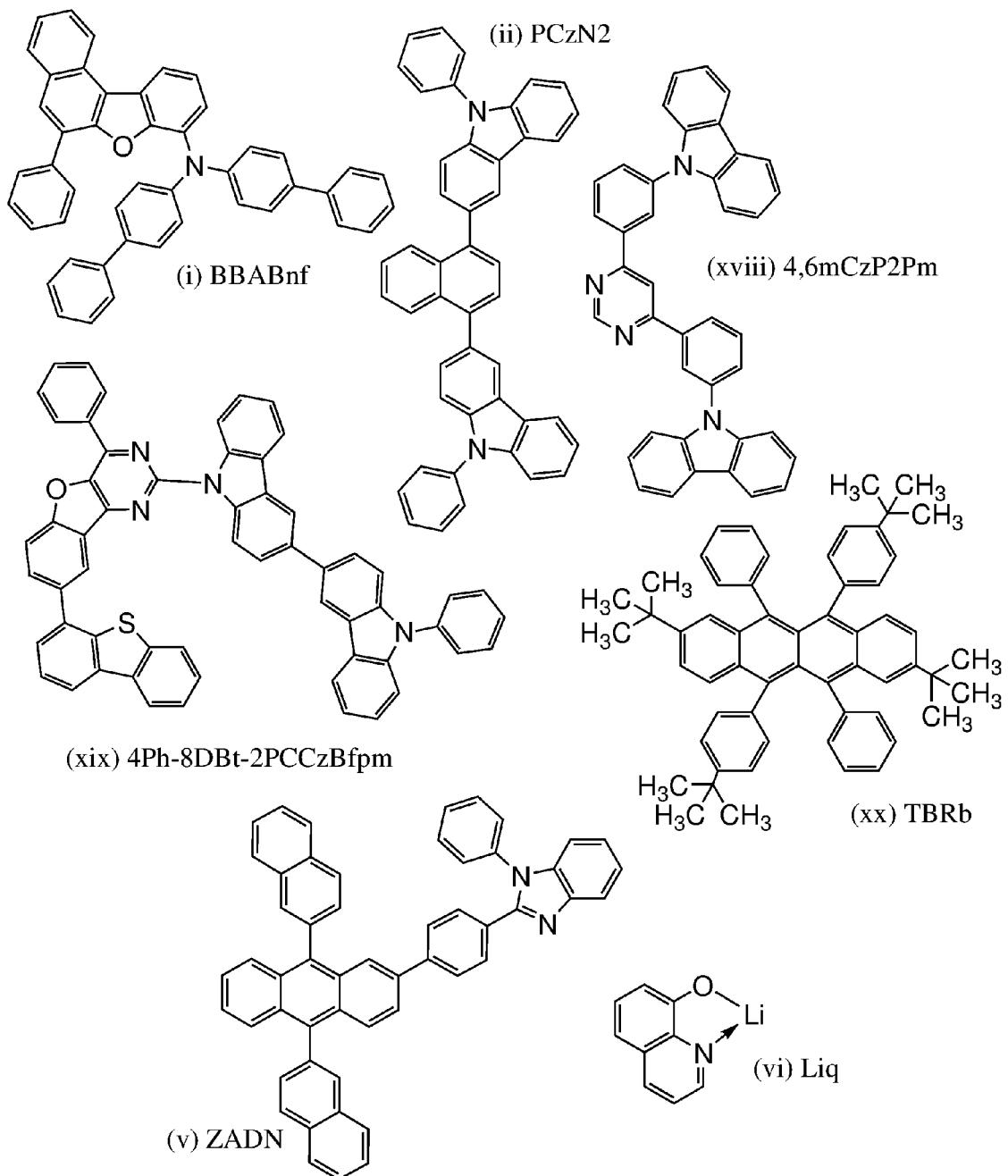
[0348] **Fig. 63** bis **Fig. 68** und die Tabelle 21 zeigen, dass es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung 7 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um eine rote Licht emittierende Vorrichtung mit günstigen Eigenschaften handelt.

[0349] **Fig. 69** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 75 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 69** gezeigt, hält die Leuchtdichte 90 % oder mehr der anfänglichen Leuchtdichte, selbst nachdem 400 Stunden vergangen worden sind. Dies offenbart, dass eine Verringerung der Leuchtdichte während des Betriebs über die Zeit besonders gering ist und die Licht emittierende Vorrichtung 7 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine sehr lange Lebensdauer aufweist.

[Beispiel 8]

[0350] In diesem Beispiel werden Licht emittierende Vorrichtungen 8 und 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9 verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 10]



(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 8)

[0351] 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 4 mm² (2 mm × 2 mm).

[0352] 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.

[0353] 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.

[0354] 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 (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 BBABnf zu NDP-9 1:0,05 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde.

[0355] Anschließend wurde über der Lochinjektionsschicht **111** BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 40 nm abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und dann wurde 3,3'-(Naphthalen-1,4-diyl)bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCzN2), das durch die Strukturformel (ii) dargestellt wird, durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm abgeschieden, um die zweite Lochtransportschicht **112-2** auszubilden, wodurch die Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die zweite Lochtransportschicht **112-2** auch als Elektronenblockierschicht dient.

[0356] Anschließend wurden 4,6-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), das durch die Strukturformel (xviii) dargestellt wird, 8-(Dibenzothiophen-4-yl)-4-phenyl-2-(9'-phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol-9-yl)-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm), das durch die Strukturformel (xx) dargestellt wird, und 2,8-Di-tert-butyl-5,11-bis(4-tert-butylphenyl)-6,12-diphenyltetracen (Abkürzung: TBRb), das durch die Strukturformel (xii) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 40 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von 4,6mCzP2Pm zu 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm und TBRb 1, 0:0,1:0,01 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0357] 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 (v) dargestellt wird, und 8-Hydroxychinolinatolithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird, durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 25 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:1 war, wodurch die Elektronentransportschicht **114** ausgebildet wurde.

[0358] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjektionsschicht **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 8 dieses Beispiels hergestellt.

(Verfahren zum Herstellen der Licht emittierenden Vorrichtung 9)

[0359] Die Licht emittierende Vorrichtung 9 wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung 8 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die erste Lochtransportschicht **112-1** der Licht emittierenden Vorrichtung 8 in einer Dicke von 30 nm ausgebildet wurde und die Licht emittierende Schicht **113** ohne TBRb ausgebildet wurde.

[0360] Die Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9 werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 22]

Lochinjektionsschicht	10 nm	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht
		1	2			
		1	20 nm			
Licht emittierende Vorrichtung 8	BBABnf: NDP-9 (1 : 0,05)	BBABnf	PCzN2	4,6mCzP2Pm: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm :TBRb (1:0,1:0,01)	ZADN: Liq (1:1)	Liq
				4,6mCzP2Pm: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm (1:0,1)		

*1 Licht emittierende Vorrichtung 8:40 nm
Licht emittierende Vorrichtung 9:30 nm

[0361] Es sei angemerkt, dass 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm, das in der Licht emittierenden Schicht verwendet wird, eine Substanz ist, die eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz (TADF) emittiert. In der Licht emittierenden Vorrichtung 8 wird 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm als Wirtsmaterial verwendet. In der Licht emittierenden Vorrichtung 9, die einen Lichtemissionsmechanismus aufweist, bei dem die Energie auf TBRb, das eine fluoreszierende Substanz ist, übertragen wird, emittiert 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm, das ein TADF-Material ist, selbst Licht.

[0362] 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 ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
ZADN	-5,82	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	$3,5 \times 10^{-6}$

[0363] Diese Licht emittierenden Vorrichtungen wurden unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmaterial wurde derart aufgetragen, dass es das Element 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.

[0364] **Fig. 70** zeigt die Leuchtdichte-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9. **Fig. 71** zeigt die Stromeffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 72** zeigt die Leuchtdichte-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 73** zeigt die Strom-Spannungs-Eigenschaften dieser. **Fig. 74** zeigt die externen Quanteneffizienz-Leuchtdichte-Eigenschaften dieser. **Fig. 75** zeigt die Emissionsspektren dieser. Tabelle 24 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 24]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität x	Chromatizität y	Stromeffizienz (cd/A)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 8	4,8	0,10	2,6	0,41	0,54	34,5	10,3
Licht emittierende Vorrichtung 9	4,8	0,12	3,1	0,25	0,53	33,4	11,6

[0365] **Fig. 70** bis **Fig. 75** und die Tabelle 24 zeigen, dass es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 8 und 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung um Licht emittierende Vorrichtungen mit hoher Emissionseffizienz handelt.

[0366] **Fig. 76** ist ein Diagramm, das Änderungen der Leuchtdichte in Bezug auf die Betriebszeit bei einer Stromdichte von 50 mA/cm² zeigt. Wie in **Fig. 76** gezeigt, wurde festgestellt, dass die Licht emittierende Vorrichtung 8 und die Licht emittierende Vorrichtung 9 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine lange Lebensdauer aufweisen, indem TADF für ein Wirtsmaterial und ein Licht emittierendes Material zum Einsatz kommt.

<Referenzbeispiel 1>

[0367] In diesem Referenzbeispiel werden Verfahren zur Berechnung der HOMO-Niveaus, der LUMO-Niveaus und der Elektronenbeweglichkeiten der in den Beispielen verwendeten organischen Verbindungen beschrieben.

[0368] Das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau können durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet werden.

[0369] 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^+ -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 .

[0370] Die Elektronenbeweglichkeit kann mit einer Impedanzspektroskopie (IS) gemessen werden.

[0371] 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.

[0372] Bei dem IS-Verfahren wird ein mikrosinusförmiges Spannungssignal ($V = V_0[\exp(j\omega t)]$) an ein EL-Element angelegt, und die Impedanz des EL-Elements wird aus einer Phasendifferenz zwischen der Stromamplitude eines Ansprechstromsignals ($I = I_0 \exp[j(\omega t + \Phi)]$) 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.

[0373] Hier kann die Admittanz Y ($= 1/Z$), die der Kehrwert der Impedanz ist, durch den Leitwert G und die Suszeptanz B wie in der folgenden Formel (1) dargestellt werden.

[0374]

[Formel 1]

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

[0375] 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, θ steht für einen Durchgangswinkel (ωt), ω steht für die Kreisfrequenz und t steht für die

Durchgangszeit. Für die Analyse werden die Stromgleichung, die Poisson-Gleichung und die Stromkontinuitätsgleichung verwendet, und ein Diffusionsstrom und ein Einfangzustand werden ignoriert.

[0376]

[Formel 2]

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

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

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

[0377] Ein Verfahren zur Berechnung der Beweglichkeit aus den Frequenzeigenschaften der Kapazität ist ein ΔB -Verfahren. Ein Verfahren zur Berechnung der Beweglichkeit aus den Frequenzeigenschaften des Leitwerts ist ein $\omega \Delta G$ -Verfahren.

[0378] 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 Beweglichkeit aus den Frequenzeigenschaften der Kapazität (das ΔB -Verfahren) beschrieben. **Fig. 37** ist ein schematisches Diagramm eines Nur-Elektronen-Elements, das für die Messung verwendet wird.

[0379] Wie in **Fig. 37** 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

[0380] **Fig. 38** 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.

[0381] Die Impedanz wurde unter den Bedingungen gemessen, dass die Frequenz 1 Hz bis 3 MHz betrug, die Wechselspannung 70 mV betrug und eine Gleichspannung in dem Bereich von 5,0 V bis 9,0 V angelegt wurde. Hier wird die Kapazität aus der Admittanz berechnet, die der Kehrwert der erhaltenen Impedanz ist (die vorstehende Formel (1)). **Fig. 39** zeigt die Frequenzeigenschaften der berechneten Kapazität C bei der angelegten Spannung von 7,0 V.

[0382] 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.

[0383]

[Formel 3]

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

[0384] Eine Änderung einer negativen Suszeptanz ($-\Delta B$) entspricht einem Wert ($-\omega_{AC}$), der durch Multiplikation einer Änderung einer Kapazität $-\Delta C$ mit einer Kreisfrequenz ω 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.

[0385]

[Formel 4]

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

[0386] **Fig. 40** 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. 40** durch einen Pfeil gekennzeichnet.

[0387] 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. Durch die gleiche Messung mit der Gleichspannung im Bereich von 5,0 V auf 9,0 V kann die Elektronenbeweglichkeit bei jeder Spannung (elektrischer Feldstärke) berechnet werden, so dass auch die Abhängigkeit der Beweglichkeit von der elektrischen Feldstärke gemessen werden kann.

[0388] **Fig. 41** zeigt die endgültige Abhängigkeit der Elektronenbeweglichkeit von der elektrischen Feldstärke der organischen Verbindungen, die mit dem vorstehenden Berechnungsverfahren erhalten wurde, und Tabelle 10 zeigt die Werte der Elektronenbeweglichkeit in dem Fall, in dem die Quadratwurzel der aus der Figur abgelesenen elektrischen Feldstärke $[V/cm]^{1/2}$ 600 $[V/cm]^{1/2}$ betrug.

[Tabelle 26]

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

[0389] Die Elektronenbeweglichkeit kann wie vorstehend beschrieben berechnet werden. Bezuglich 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.

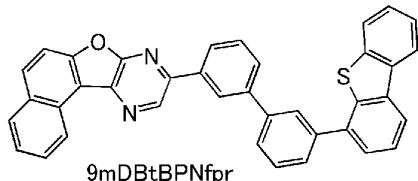
<Referenzbeispiel 2>

[0390] Syntheseverfahren von 9mDBtBPNfpr und 8BP-4mDBtPBfpm, welche unveröffentlichte Substanzen sind und in dem Beispiel verwendet werden, werden beschrieben.

«Syntheseverfahren von 9mDBtBPNfpr»

[0391] Ein Verfahren zum Synthetisieren von 9-[(3'-Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]naphtho[1',2'-4,5]furo[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 9mDBtBPNfpr), das durch die Strukturformel (x) des Beispiels 1 dargestellt wird, wird beschrieben. Die Struktur von 9mDBtBPNfpr wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 11]

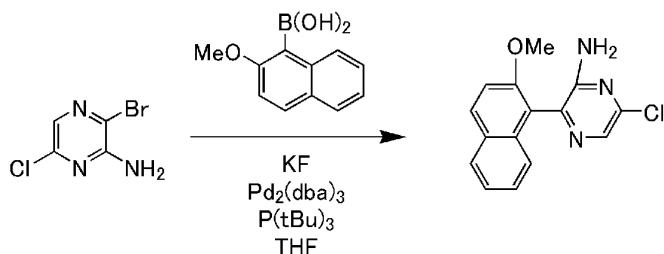


(Schritt 1: Synthese von 6-Chlor-3-(2-methoxynaphthalen-1-yl)pyrazin-2-amin)

[0392] In einen Dreihalskolben, der mit einem Rücklaufrohr ausgestattet war, wurden zuerst 4,37 g 3-Brom-6-chlorpyrazin-2-amin, 4,23 g 2-Methoxynaphthalen-1-boronsäure, 4,14 g Kaliumfluorid und 75 ml wasserfreies Tetrahydrofuran gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Die Mischung in dem Kolben wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und dann wurden 0,57 g Tris(dibenzylidenaceton)dipalladium(0) (Abkürzung: $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$) und 4,5 ml Tri-tert-butylphosphin (Abkürzung: $\text{P}(\text{tBu})_3$) dazu gegeben. Die Mischung wurde bei 80 °C 54 Stunden lang gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen.

[0393] Nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit wurde die erhaltene Mischung einer Saugfiltration unterzogen, und das Filtrat wurde konzentriert. Anschließend wurde eine Reinigung durch eine Kieselgel-Säulenchromatographie unter Verwendung eines Laufmittels (Toluol:Ethylacetat = 9:1) durchgeführt, so dass ein Pyrazin-Derivat, das die Zielsubstanz war, erhalten wurde (2,19 g eines gelblich weißen Pulvers in einer Ausbeute von 36 %). Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend gezeigt.

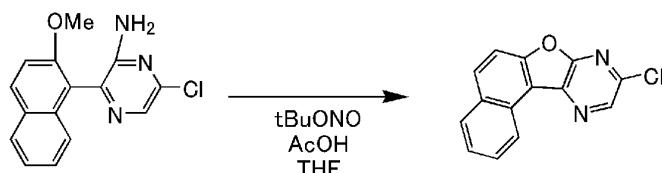
[Chemische Formel 12]



(Schritt 2: Synthese von 9-Chlornaphtho[1',2'-4,5]furo[2,3-b]pyrazin)

[0394] Als Nächstes wurden in einen Dreihalskolben 2,18 g 6-Chlor-3-(2-methoxynaphthalen-1-yl)pyrazin-2-amin, das in dem Schritt 1 erhalten worden war, 63 ml wasserfreies Tetrahydrofuran und 84 ml Essigsäure gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Nachdem der Kolben auf -10 °C abgekühlt worden war, wurden 2,8 ml tert-Butylnitrit hinein getropft, und die Mischung wurde bei -10 °C 30 Minuten lang und bei 0 °C 3 Stunden lang gerührt. Nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit wurden der erhaltenen Suspension 250 ml Wasser hinzugefügt und eine Saugfiltration wurde durchgeführt, so dass ein Pyrazin-Derivat, das die Zielsubstanz war, erhalten wurde (1,48 g eines gelblich weißen Pulvers in einer Ausbeute von 77 %). Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 13]



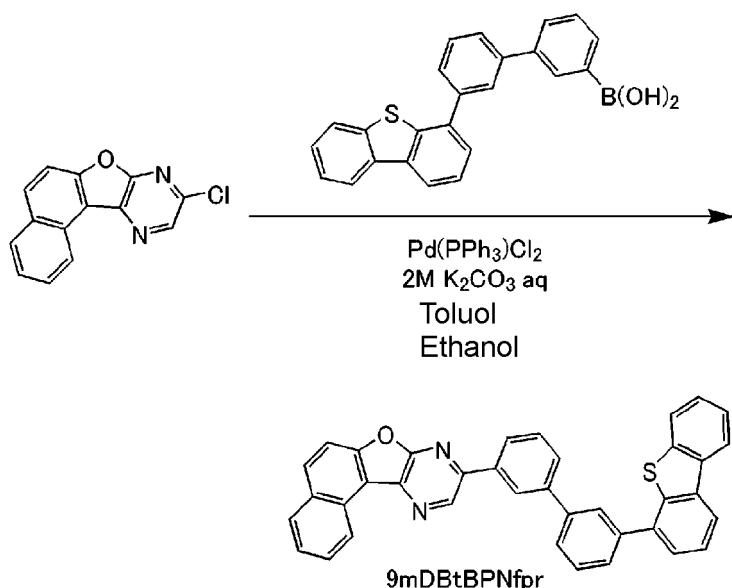
(Schritt 3: Synthese von 9-[(3'-Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]naphtho[1',2':4,5]furo[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 9mDBtBPNfpr))

[0395] In einen Dreihalskolben wurden 1,48 g 9-Chlornaphtho[1',2':4,5]furo[2,3-b]pyrazin, das in dem Schritt 2 erhalten worden war, 3,41 g 3'-(4-Dibenzothiophen)-1,1'-biphenyl-3-boronsäure, 8,8 ml einer 2M wässrigen Kaliumcarbonatlösung, 100 ml Toluol und 10 ml Ethanol gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Die Mischung in dem Kolben wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und dann wurden 0,84 g Bis(triphenylphosphin)palladium(II)dichlorid (Abkürzung: $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$) dazugegeben. Die Mischung wurde bei 80 °C 18 Stunden lang gerührt, um eine Reaktion herbeizuführen.

[0396] Nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit wurde die erhaltene Suspension einer Saugfiltration unterzogen und wurde mit Wasser und Ethanol gewaschen. Der erhaltene Feststoff wurde in Toluol aufgelöst, und die Mischung wurde durch ein Filterhilfsmittel, in dem Celite, Aluminiumoxid und Celite in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet waren, gefiltert. Anschließend wurde eine Umkristallisation aus einem gemischten Lösungsmittel aus Toluol und Hexan durchgeführt, so dass die Zielsubstanz erhalten wurde (2,66 g eines blassgelben Feststoffs in einer Ausbeute von 82 %).

[0397] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 2,64 g des erhaltenen blassgelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Der Feststoff wurde unter den Bedingungen der Sublimationsreinigung erwärmt, unter denen der Druck 2,6 Pa betrug und die Argon-Durchflussrate 15 ml/min bei 315 °C betrug. Nach der Sublimationsreinigung wurden 2,34 g eines blassgelben Feststoffs, der die Zielsubstanz war, mit einer Sammelquote von 89 % erhalten. Das Syntheseschema von Schritt 3 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 14]



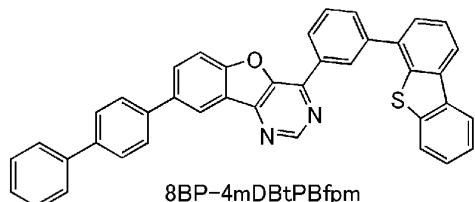
[0398] Die durch Kernspinresonanz- ($^1\text{H-NMR}$ -) Spektroskopie erhaltenen Analyseergebnisse des blassgelben Feststoffs, der in dem Schritt 3 erhalten worden ist, werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse offenbaren, dass 9mDBtBPNfpr erhalten wurde.

[0399] $^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 7,47-7,51 (m, 2H), 7,60-7,69 (m, 5H), 7,79-7,89 (m, 6H), 8,05 (d, 1H), 8,10-8,11 (m, 2H), 8,18-8,23 (m, 3H), 8,53 (s, 1H), 9,16 (d, 1H), 9,32 (s, 1H).

«Syntheseverfahren von 8BP-4mDBtPBfpm»

[0400] Ein Verfahren zum Synthetisieren von 8-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-4-[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 8BP-4mDBtPBfpm), das durch die Strukturformel (xiii) des Beispiels dargestellt wird, wird beschrieben. Die Struktur von 8BP-4mDBtPBfpm wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 15]



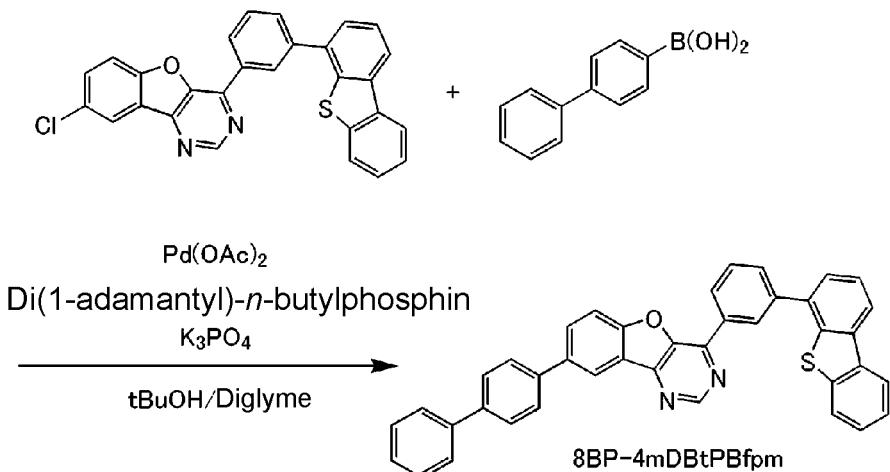
(Synthese von 8-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-4-[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin)

[0401] In einen Dreihalskolben wurden 1,37 g 8-Chlor-4-[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin, 0,657 g 4-Biphenylboronsäure, 1,91 g Trikaliumphosphat, 30 ml Diglyme und 0,662 g t-Butanol gegeben. Die Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt.

[0402] Diese Mischung wurde bei 60 °C erwärmt, dazu wurden 23,3 mg Palladium(II)-acetat und 66,4 mg Di(1-adamantyl)-n-butylphosphin hinzugefügt, und die Mischung wurde bei 120 °C 27 Stunden lang gerührt. Dieser Reaktionslösung wurde Wasser hinzugefügt, eine Saugfiltration wurde durchgeführt, und der erhaltene Rückstand wurde mit Wasser, Ethanol und Toluol gewaschen. Dieser Rückstand wurde in erwärmtem Toluol aufgelöst, und die Lösung wurde durch ein Filterhilfsmittel, in dem Celite, Aluminiumoxid und Celite in dieser Reihenfolge gefüllt waren, gefiltert. Die erhaltene Lösung wurde konzentriert und getrocknet, und dann wurde sie aus Toluol umkristallisiert, wodurch 1,28 g eines weißen Feststoffs, der die Zielsubstanz war, in einer Ausbeute von 74 % erhalten wurden.

[0403] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 1,26 g des weißen Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Der Feststoff wurde unter den Bedingungen der Sublimationsreinigung erwärmt, unter denen der Druck 2,56 Pa betrug und die Argon-Durchflussrate 10 ml/min bei 310 °C betrug. Nach der Sublimationsreinigung wurden 1,01 g eines blassgelben Feststoffs, der die Zielsubstanz war, mit einer Sammelquote von 80 % erhalten. Das Syntheseschema wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 16]



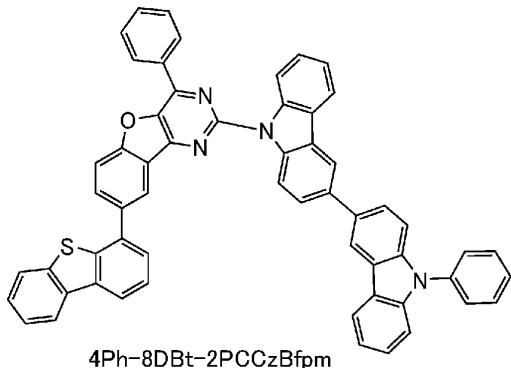
[0404] Die durch Kernspinresonanz- (¹H-NMR-) Spektroskopie erhaltenen Analyseergebnisse des blassgelben Feststoffs, der durch die vorstehende Reaktion erhalten worden ist, werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse offenbaren, dass 8BP-4mDBtPBfpm erhalten wurde.

[0405] ¹H-NMR. δ (CDCl₃) - 7,39 (t, 1H), 7,47-7,53 (m, 4H), 7,63-7,67 (m, 2H), 7,68 (d, 2H), 7,75 (d, 2H), 7,79-7,83 (m, 4H), 7,87 (d, 1H), 7,98 (d, 1H), 8,02 (d, 1H), 8,23-8,26 (m, 2H), 8,57 (s, 1H), 8,73 (d, 1H), 9,05 (s, 1H), 9,34 (s, 1H).

«Syntheseverfahren von 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm»

[0406] Ein Verfahren zum Synthetisieren von 8-(Dibenzothiophen-4-yl)-4-phenyl-2-(9'-phenyl-3,3'-bi-9H-cbazol-9-yl)-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm), das durch die Strukturformel (xix) des Beispiels dargestellt wird, wird beschrieben. Die Struktur von 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 17]



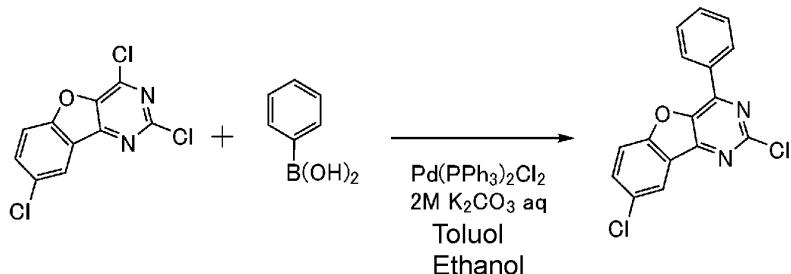
(Schritt 1; Synthese von 2,8-Dichlor-4-phenyl-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin)

[0407] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 10 g (37 mmol) 2,4,8-Trichlor-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin, 4,5 g (371 mmol) Phenylboronsäure, 37 ml einer 2M wässrigen Kaliumcarbonatlösung, 180 ml Toluol und 18 ml Ethanol gegeben. Die Mischung in dem Kolben wurde entgast, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 1,3 g (1,8 mmol) Bis(triphenylphosphin)palladium(II)dichlorid hinzugefügt, und die Mischung wurde bei 80 °C 16 Stunden lang gerührt.

[0408] Nach Ablauf der vorbestimmten Zeit wurde die erhaltene Reaktionsmischung konzentriert, Wasser wurde dazu hinzugefügt, und die Mischung wurde einer Saugfiltration unterzogen. Der erhaltene Rückstand wurde mit Ethanol gewaschen, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde in Toluol aufgelöst, und die Lösung wurde einer Saugfiltration durch ein Filtermedium, in dem Celite, Aluminiumoxid und Celite in dieser Reihenfolge angeordnet sind, unterzogen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, so dass 11 g eines weißen

Feststoffs, der die Zielsubstanz war, in einer Ausbeute von 91 % erhalten wurden. Das Syntheseschema von Schritt 1 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 18]

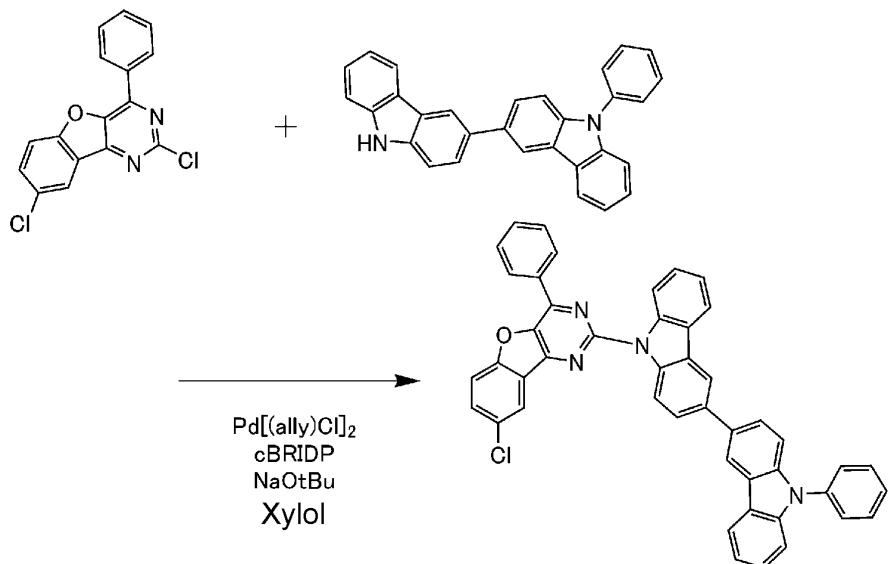


(Schritt 2; Synthese von 8-Chlor-4-phenyl-2-(9'-phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol-9-yl)-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin)

[0409] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 5,0 g (16 mmol) 2,8-Dichlor-4-phenyl-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin, das in dem Schritt 1 erhalten worden war, 6,5 g (16 mmol) 9-Phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol, 3,1 g (32 mmol) tert-Natriumbutoxid und 150 ml Xylo gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dazu wurden dann 224 mg (0,64 mmol) Di-tert-butyl(1-methyl-2,2-diphenylcyclopropyl)phosphin (Abkürzung: cBRIDP) und 58 mg (0,16 mmol) Allylpalladium(II)chloriddimer hinzugefügt, und die Mischung wurde 7 Stunden lang bei 90 °C erwärmt und gerührt.

[0410] Der erhaltenen Reaktionsmischung wurde Wasser hinzugefügt, und eine wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und eine organische Schicht wurden kombiniert und mit einer gesättigten Salzlösung gewaschen, und der organischen Schicht wurde wasserfreies Magnesiumsulfat für die Trocknung hinzugefügt. Die erhaltene Mischung wurde schwerkraftfiltriert, und das Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch eine Kieselgel-Säulen-chromatographie gereinigt. Als Laufmittel wurde ein gemischtes Lösungsmittel, das Toluol und Hexan enthält, in einem Verhältnis von 1:1 verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, so dass 5,5 g eines gelben Feststoffs, der die Zielsubstanz war, in einer Ausbeute von 50 % erhalten wurden. Das Syntheseschema von Schritt 2 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 19]



(Schritt 3: Synthese von 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm)

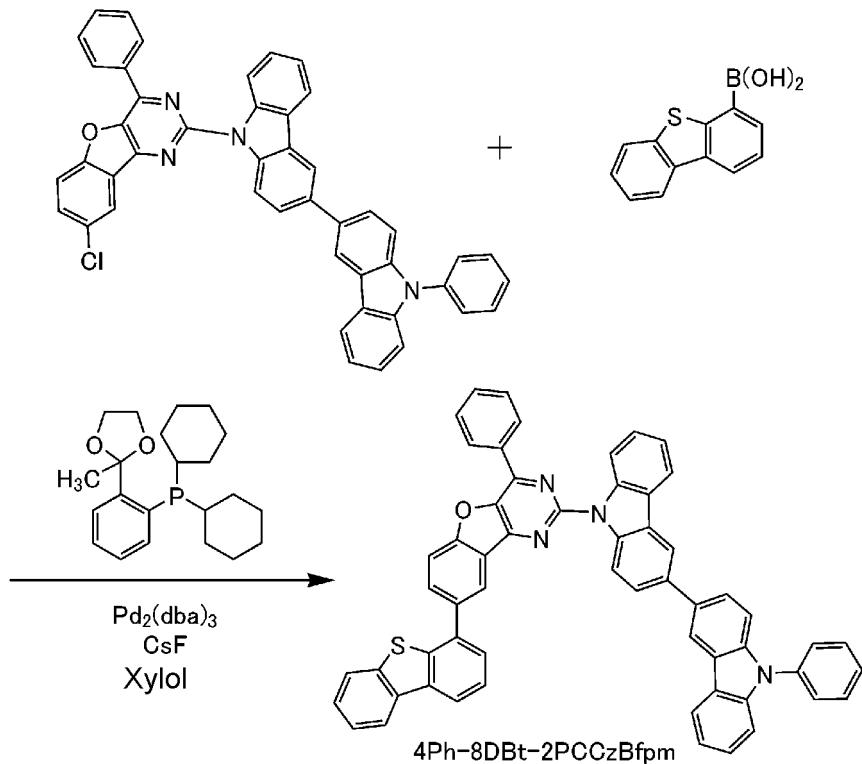
[0411] In einen Dreihalskolben wurden 2,25 g (3,3 mmol) 8-Chlor-4-phenyl-2-(9'-phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol-9-yl)-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin, das in dem Schritt 2 erhalten worden war, 0,82 g (3,6 mmol) 4-Dibenzothio-

phenboronsäure, 1,5 g (9,8 mmol) Cäsiumfluorid und 35 ml Xylool gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt.

[0412] Die Temperatur dieser Mischung wurde auf 60 °C erhöht, und 60 mg (0,065 mmol) Tris(dibenzylidenaceton)dipalladium(0) und 77 mg (0,2 mmol) 2'-(Dicyclohexylphosphino)acetophenon-ethylenketal wurden dazu hinzugefügt, und die Mischung wurde 16 Stunden lang bei 100 °C erwärmt und gerührt. Dieser Mischung wurden ferner 30 mg (0,032 mmol) Tris(dibenzylidenaceton)dipalladium(0) und 36 mg (0,1 mmol) 2'-(Dicyclohexylphosphino)acetophenon-ethylenketal hinzugefügt, und die Mischung wurde 7 Stunden lang bei 110 °C und dann 7 Stunden lang bei 120 °C erwärmt und gerührt.

[0413] Dem erhaltenen Reaktionsprodukt wurde Wasser hinzugefügt, die Mischung wurde einer Saugfiltration unterzogen, und der Rückstand wurde mit Ethanol gewaschen. Dieser Feststoff wurde in Toluol aufgelöst, und die Lösung wurde einer Saugfiltration durch ein Filtermedium, in dem Celite, Aluminiumoxid und Celite in dieser Reihenfolge angeordnet sind, unterzogen. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und eine Umkristallisation aus Toluol wurde durchgeführt, so dass 1,87 g eines gelben Feststoffs, der die Zielsubstanz war, in einer Ausbeute von 68 % erhalten wurden. Das Syntheseschema wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 20]



[0414] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,90 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Der Feststoff wurde unter den Bedingungen der Sublimationsreinigung erwärmt, unter denen der Druck $1,58 \times 10^{-2}$ Pa betrug und die Erwärmungstemperatur 400 °C betrug. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,78 g eines gelben Feststoffs, der die Zielsubstanz war, mit einer Sammelquote von 86 % erhalten.

[0415] Die durch Kernspinresonanz- ($^1\text{H-NMR}$ -) Spektroskopie erhaltenen Analyseergebnisse des gelben Feststoffs, der bei der vorstehenden Reaktion erhalten worden ist, werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse offenbaren, dass $4\text{Ph}-8\text{DBt}-2\text{PCCzBfpmp}$ erhalten wurde.

[0416] $^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 7,33 (t, 1H), 7,41-7,53 (m, 7H), 7,59 (t, 1H), 7,62-7,70 (m, 7H), 7,72-7,75 (m, 2H), 7,83 (dd, 1H), 7,87 (dd, 1H), 7,93-7,95 (m, 2H), 8,17 (dd, 1H), 8,23-8,26 (m, 4H), 8,44 (d, 1H), 8,52 (d, 1H), 8,75 (d, 1H), 8,2 (d, 2H), 9,02 (d, 1H), 9,07 (d, 1H).

Bezugszeichenliste

- 101:** Anode,
102: Kathode,
103: EL-Schicht,
111: Lochinjektionsschicht,
112: Lochtransportschicht,
112-1: erste Lochtransportschicht,
112-2: zweite Lochtransportschicht,
113: Licht emittierende Schicht,
113-1: Licht emittierender Bereich,
114: Elektronentransportschicht,
114-1: kein Licht emittierender Rekombinationsbereich,
115: Elektroneninjektionsschicht,
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: Dichtungsubstrat,
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: Dichtungsubstrat,

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: Dichtungsubstrat,
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: 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.

[0417] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2018-191681, eingereicht beim japanischen Patentamt am 10. Oktober 2018, der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2018-191678, eingereicht beim japanischen Patentamt am 10. Oktober 2018, der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2018-191887, eingereicht beim japanischen Patentamt am 10. Oktober 2018, der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2018-225260, eingereicht beim japanischen Patentamt am 30. November 2018, der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2019-020057, eingereicht beim japanischen Patentamt am 6. Februar 2019, und der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2019-087060, eingereicht beim japanischen Patentamt am 30. April 2019, deren gesamte Inhalte hiermit zum Gegenstand der vorliegenden Offenlegung gemacht werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2011/065136 [0008]

Patentansprüche

1. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode;
eine Kathode; und

eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,
wobei die EL-Schicht eine Licht emittierende Schicht umfasst, und

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

2. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode;
eine Kathode; und

eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,

wobei die EL-Schicht eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht in Kontakt mit der Anode ist,

wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung beinhaltet,
wobei die zweite Schicht eine dritte organische Verbindung beinhaltet,

wobei die dritte Schicht eine vierte organische Verbindung beinhaltet,

wobei die Licht emittierende Schicht eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung beinhaltet,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung beinhaltet,

wobei die erste organische Verbindung eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung aufweist,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums substanz ist,

wobei ein HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV ist,

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 eine Quadratwurzel einer elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt, und

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

3. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Abklingkurve einen Abschnitt aufweist, in dem die Leuchtdichte 100 % überschreitet.

4. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:

eine Anode;
eine Kathode; und

eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,

wobei die EL-Schicht eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,

wobei die erste Schicht in Kontakt mit der Anode ist,

wobei die vierte Schicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht ist,

wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung beinhaltet,
wobei die zweite Schicht eine dritte organische Verbindung beinhaltet,

wobei die dritte Schicht eine vierte organische Verbindung beinhaltet,

wobei die Licht emittierende Schicht eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung beinhaltet,

wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung beinhaltet,

wobei die erste organische Verbindung eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung aufweist,

wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrums substanz ist,

wobei ein HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV ist,

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 eine Quadratwurzel einer elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 beträgt, und

wobei ein HOMO-Niveau der siebten organischen Verbindung höher als oder gleich -6,0 eV ist.

5. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 4,
wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und einem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist, und
wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist.

6. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 4,
wobei die zweite organische Verbindung ein erstes Lochtransport-Gerüst enthält, wobei die dritte organische Verbindung ein zweites Lochtransport-Gerüst enthält, wobei die vierte organische Verbindung ein drittes Lochtransport-Gerüst enthält,
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.

7. Licht emittierende Vorrichtung, die umfasst:
eine Anode;
eine Kathode; und
eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,
wobei die EL-Schicht eine erste Schicht, eine zweite Schicht, eine dritte Schicht, eine Licht emittierende Schicht und eine vierte Schicht in dieser Reihenfolge von einer Anodenseite aus umfasst,
wobei die erste Schicht in Kontakt mit der Anode ist,
wobei die vierte Schicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht ist,
wobei die erste Schicht eine erste organische Verbindung und eine zweite organische Verbindung beinhaltet,
wobei die zweite Schicht eine dritte organische Verbindung beinhaltet,
wobei die dritte Schicht eine vierte organische Verbindung beinhaltet,
wobei die Licht emittierende Schicht eine fünfte organische Verbindung und eine sechste organische Verbindung beinhaltet,
wobei die vierte Schicht eine siebte organische Verbindung und eine achte Substanz beinhaltet,
wobei die erste organische Verbindung eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die zweite organische Verbindung aufweist,
wobei die fünfte organische Verbindung eine Emissionszentrumssubstanz ist,
wobei ein HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV ist,
wobei die siebte organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst enthält, und
wobei die achte Substanz ein organischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ist.

8. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 7,
wobei eine Differenz zwischen dem HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung und einem HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist, und
wobei das HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung gleich oder tiefer als das HOMO-Niveau der zweiten organischen Verbindung ist.

9. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 7,
wobei die zweite organische Verbindung ein erstes Lochtransport-Gerüst enthält, wobei die dritte organische Verbindung ein zweites Lochtransport-Gerüst enthält, wobei die vierte organische Verbindung ein drittes Lochtransport-Gerüst enthält,
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.

10. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 7, wobei eine Abklingkurve, die eine Änderung der Leuchtdichte einer Lichtemission zeigt, die bei der Zufuhr eines konstanten Stroms zu der Licht emittierenden Vorrichtung erhalten wird, einen lokalen Maximalwert aufweist.

11. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Abklingkurve einen Abschnitt aufweist, in dem die Leuchtdichte 100 % überschreitet.

12. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 4, wobei die siebte organische Verbindung ein Anthracen-Gerüst und ein heterocyclisches Gerüst enthält.
13. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 7, wobei die Elektronenbeweglichkeit der siebten organischen Verbindung niedriger als die Elektronenbeweglichkeit der sechsten organischen Verbindung ist.
14. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 7, wobei eine Differenz zwischen HOMO-Niveaus der dritten organischen Verbindung und der vierten organischen Verbindung kleiner als oder gleich 0,2 eV ist.
15. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 7, wobei ein HOMO-Niveau der vierten organischen Verbindung gleich oder tiefer als ein HOMO-Niveau der dritten organischen Verbindung ist.
16. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 7, wobei die zweite organische Verbindung ein Dibenzofuran-Gerüst enthält.
17. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 7, wobei es sich bei der zweiten organischen Verbindung und der dritten organischen Verbindung um die gleiche Substanz handelt.
18. Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 7, wobei es sich bei der fünften organischen Verbindung um ein blaues fluoreszierendes Material handelt.
19. Elektronisches Gerät, das die Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 4 und 7 und einen Sensor, einen Bedienknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon umfasst.
20. Beleuchtungsvorrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 4 und 7 und ein Gehäuse umfasst.

Es folgen 52 Seiten Zeichnungen

Fig. 1A

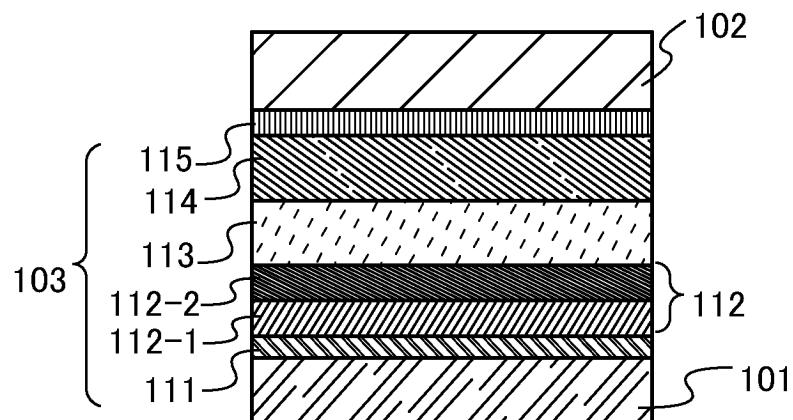


Fig. 1B

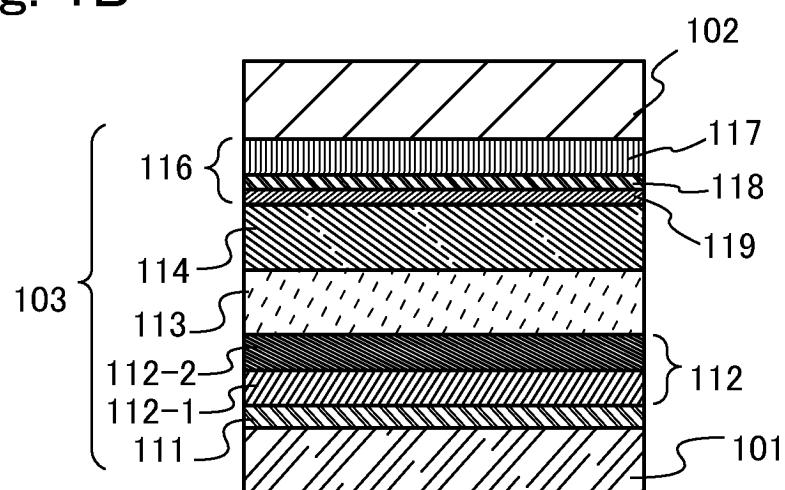


Fig. 1C

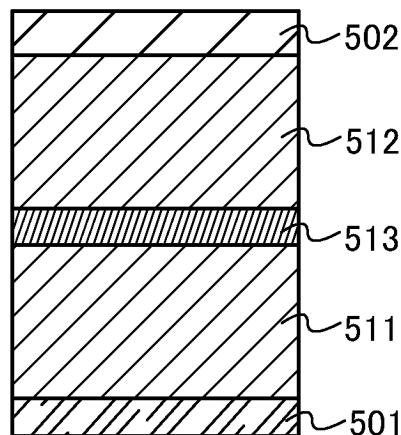


Fig. 2A

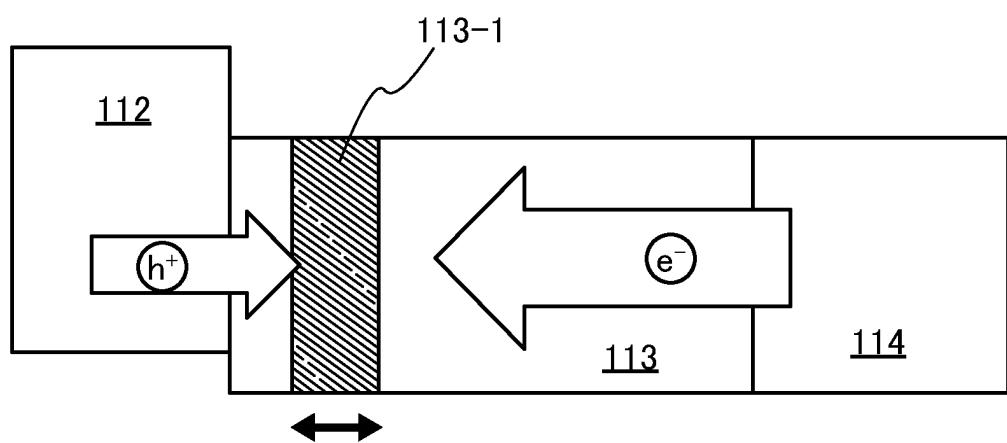


Fig. 2B

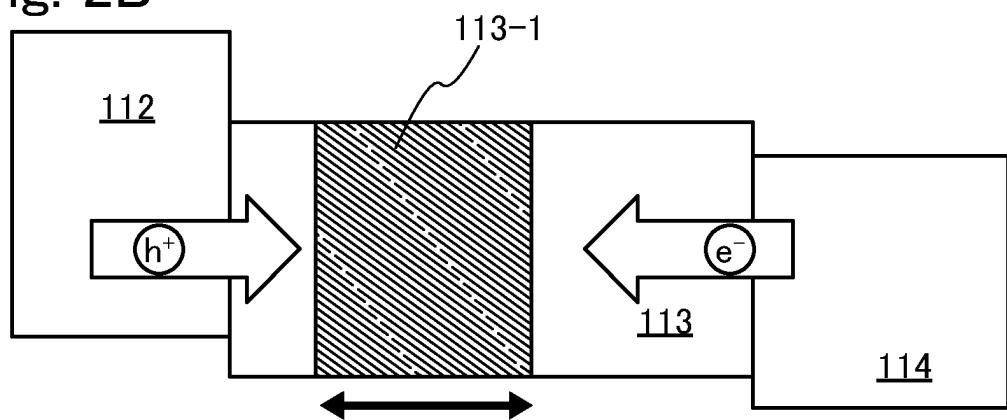


Fig. 3A

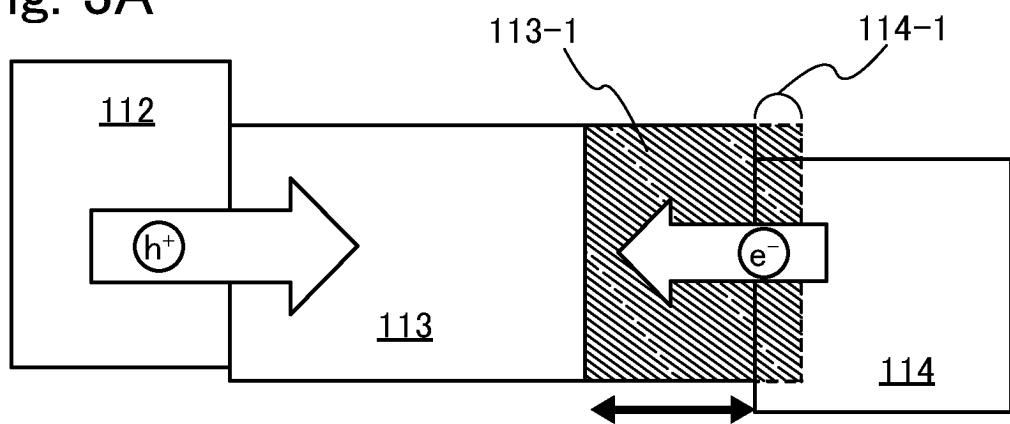
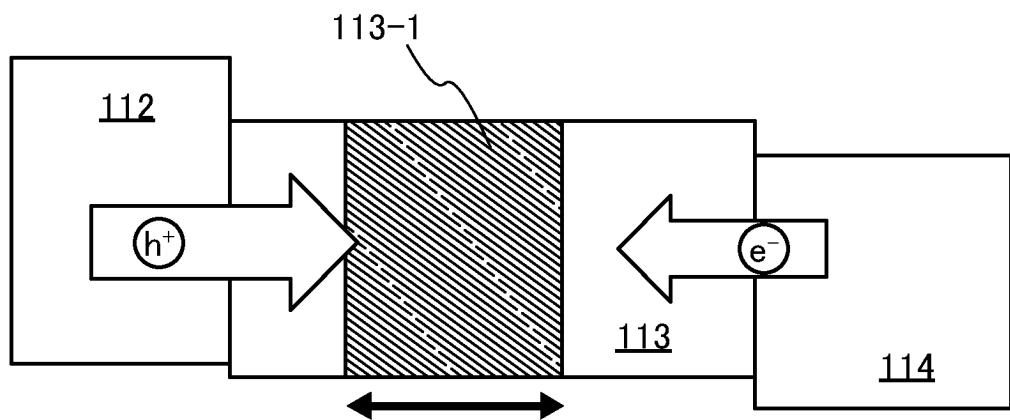


Fig. 3B



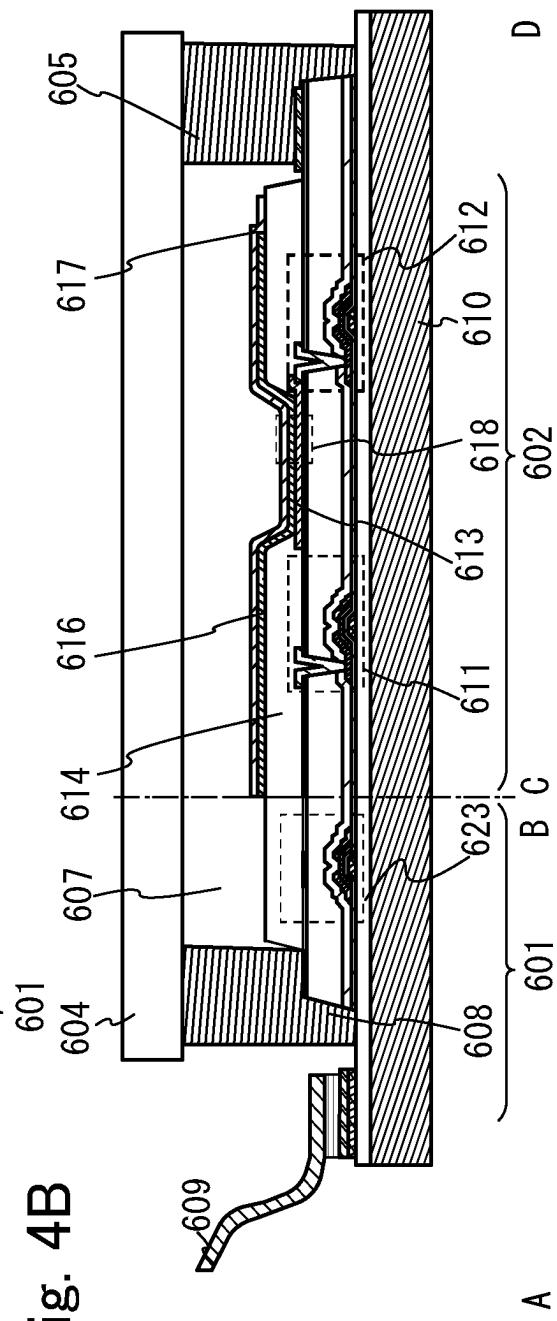
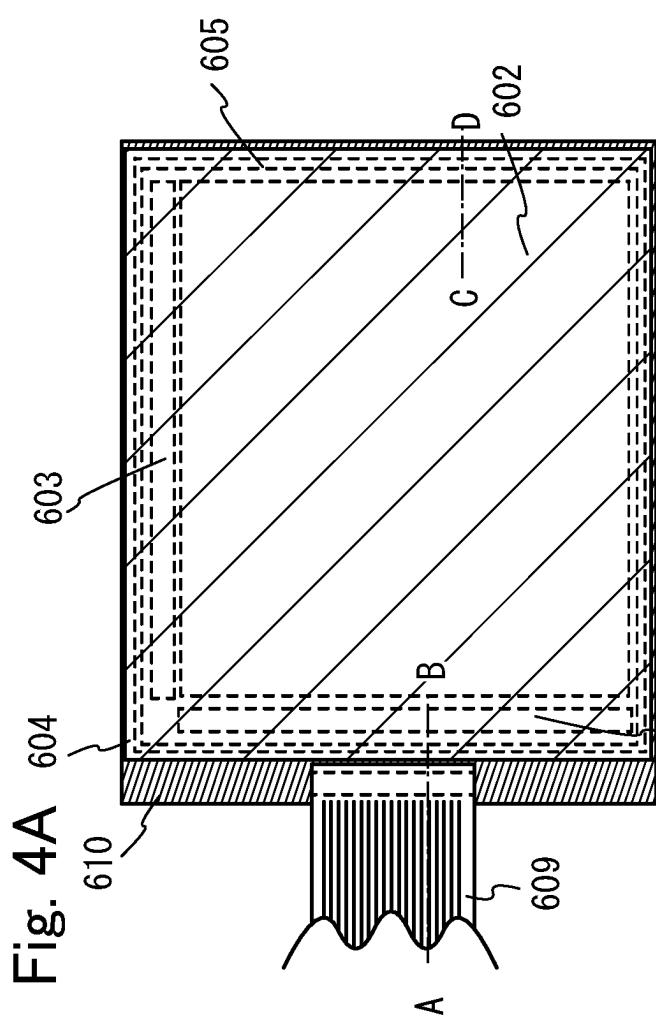


Fig. 5A

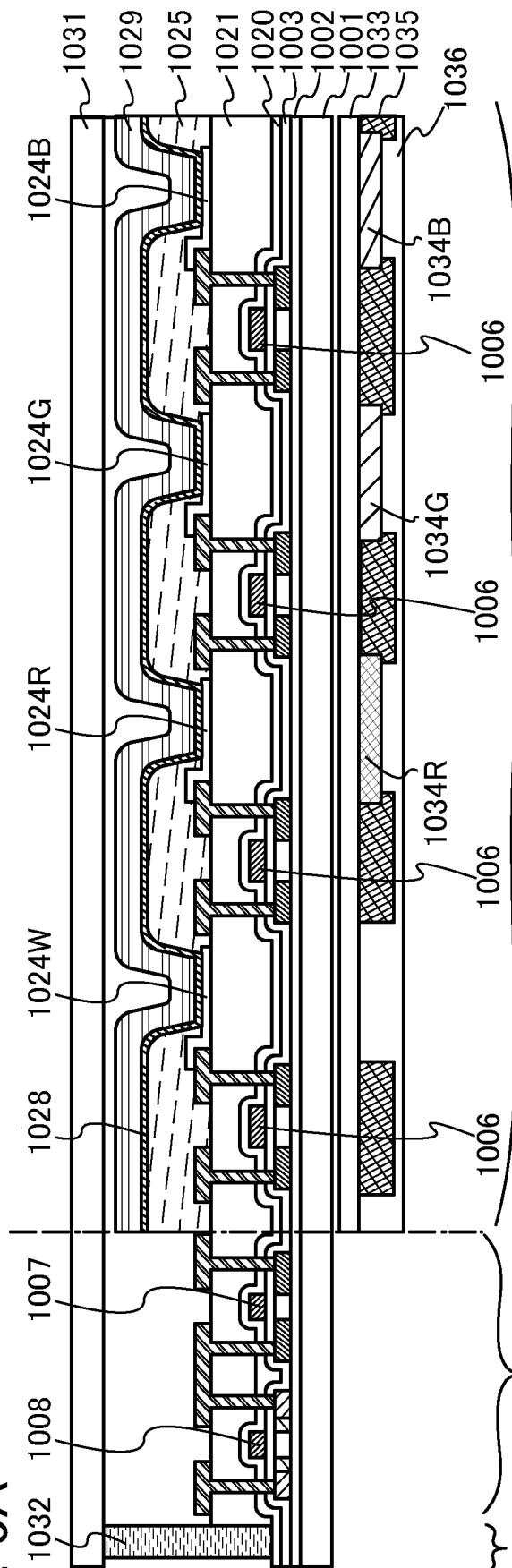


Fig. 5B

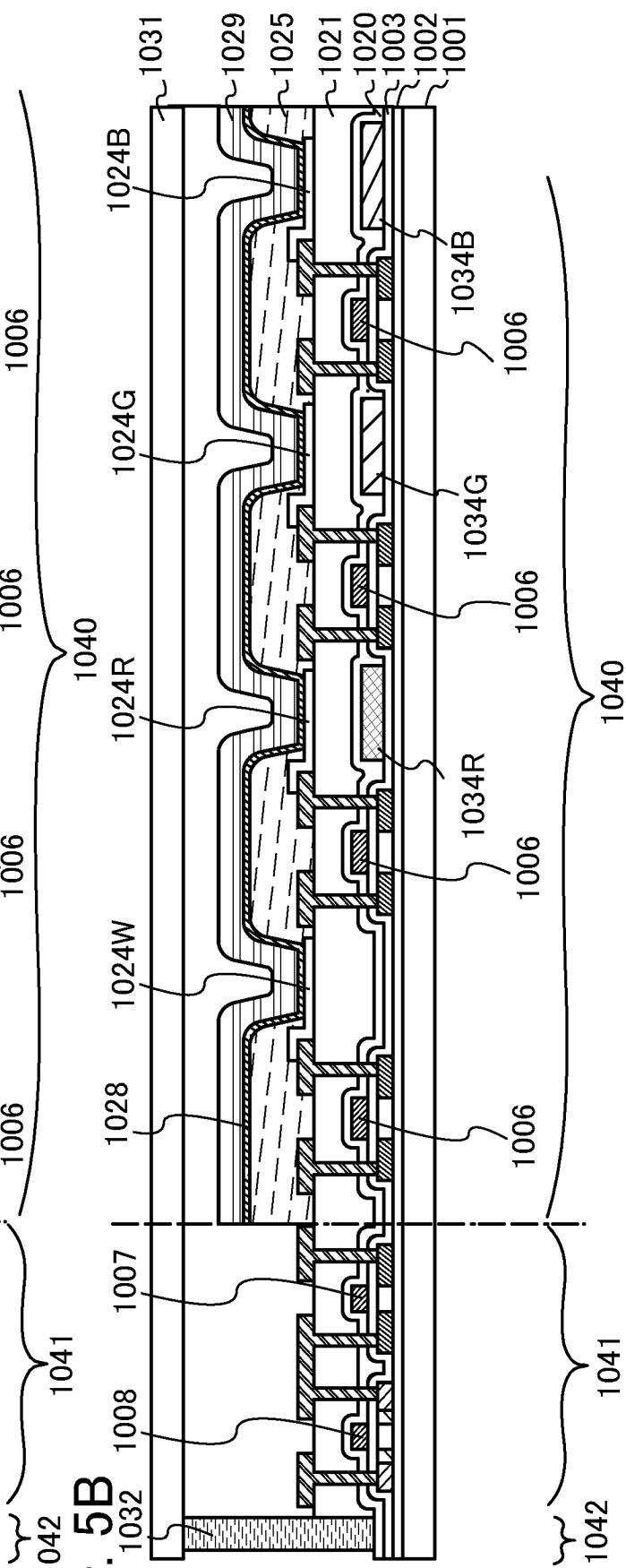


Fig. 6

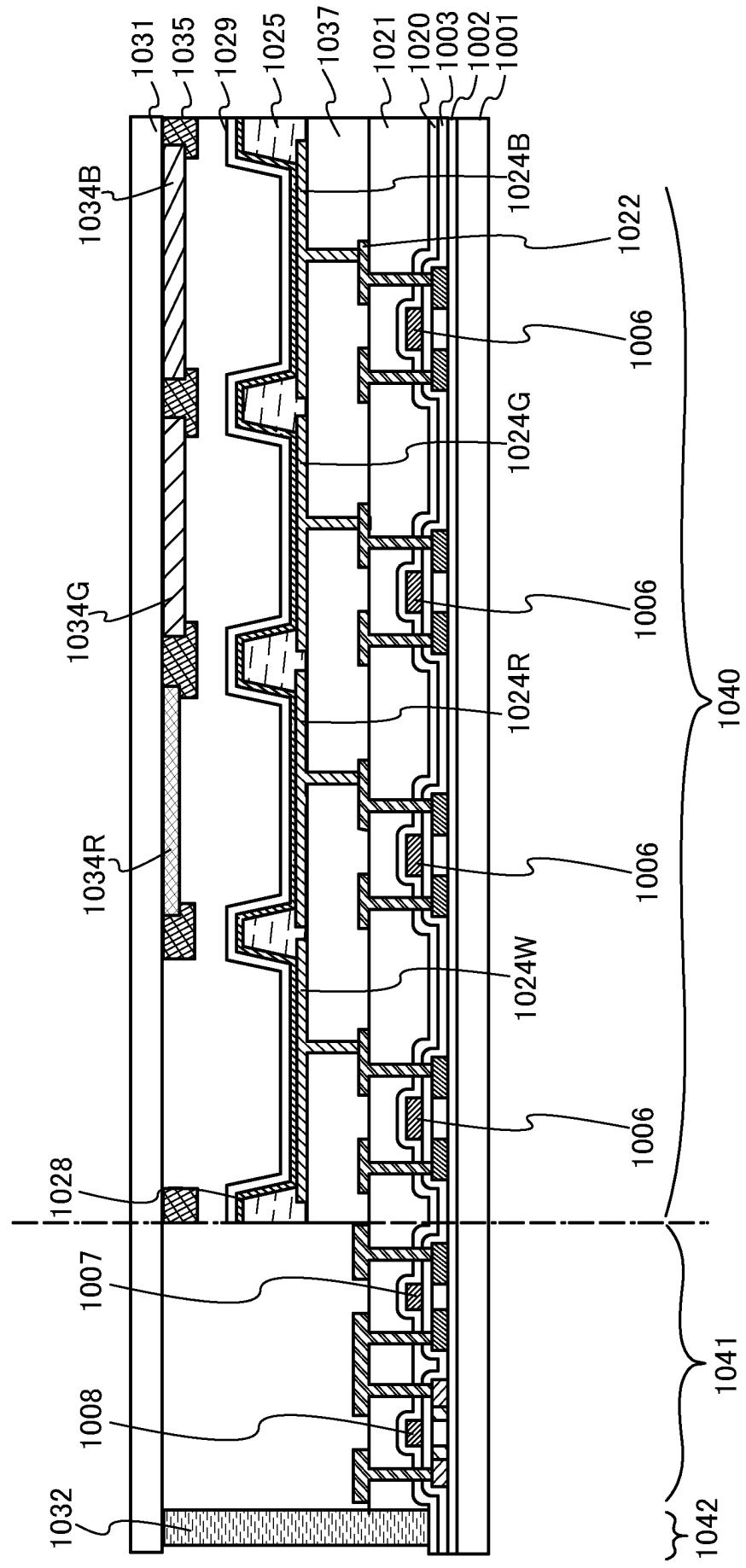


Fig. 7A

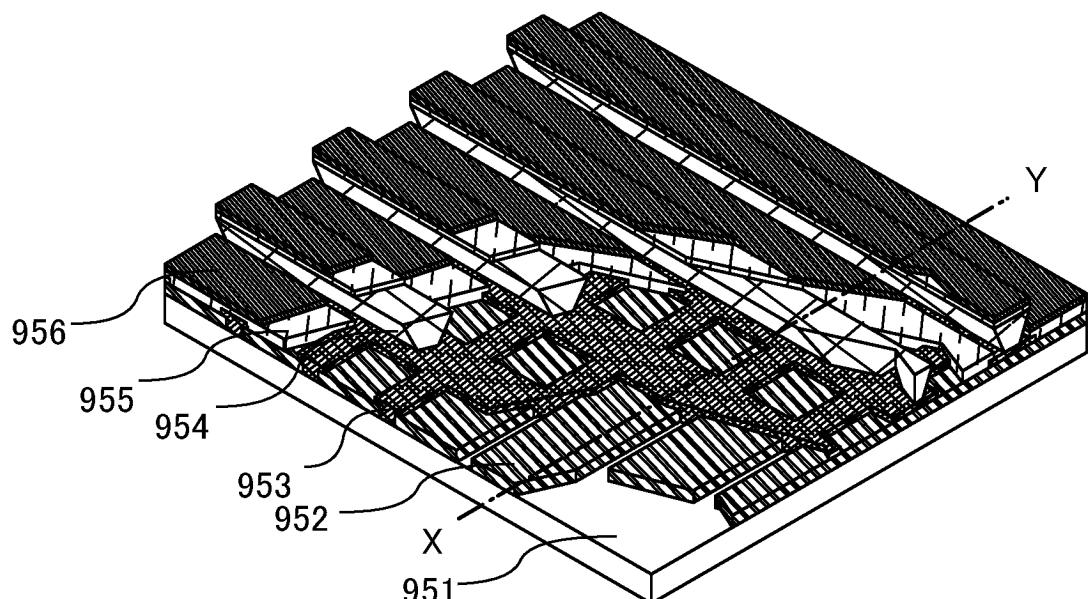


Fig. 7B

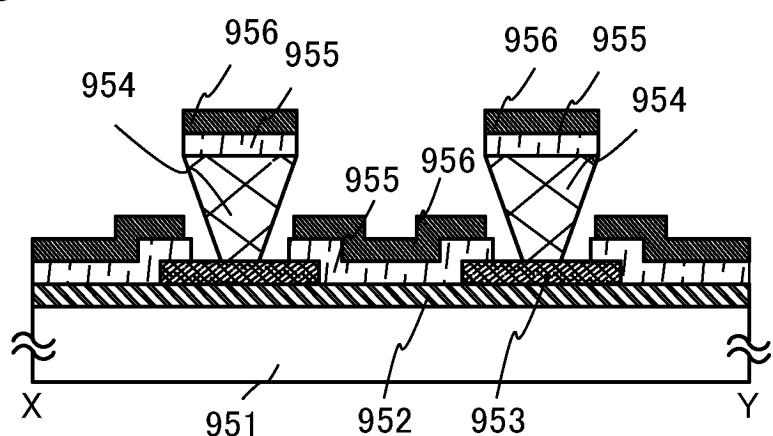


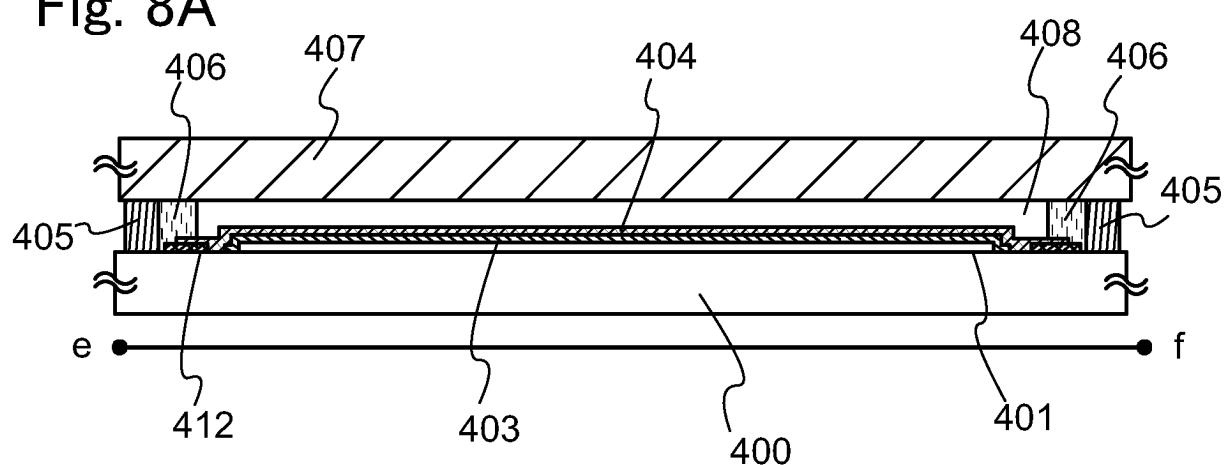
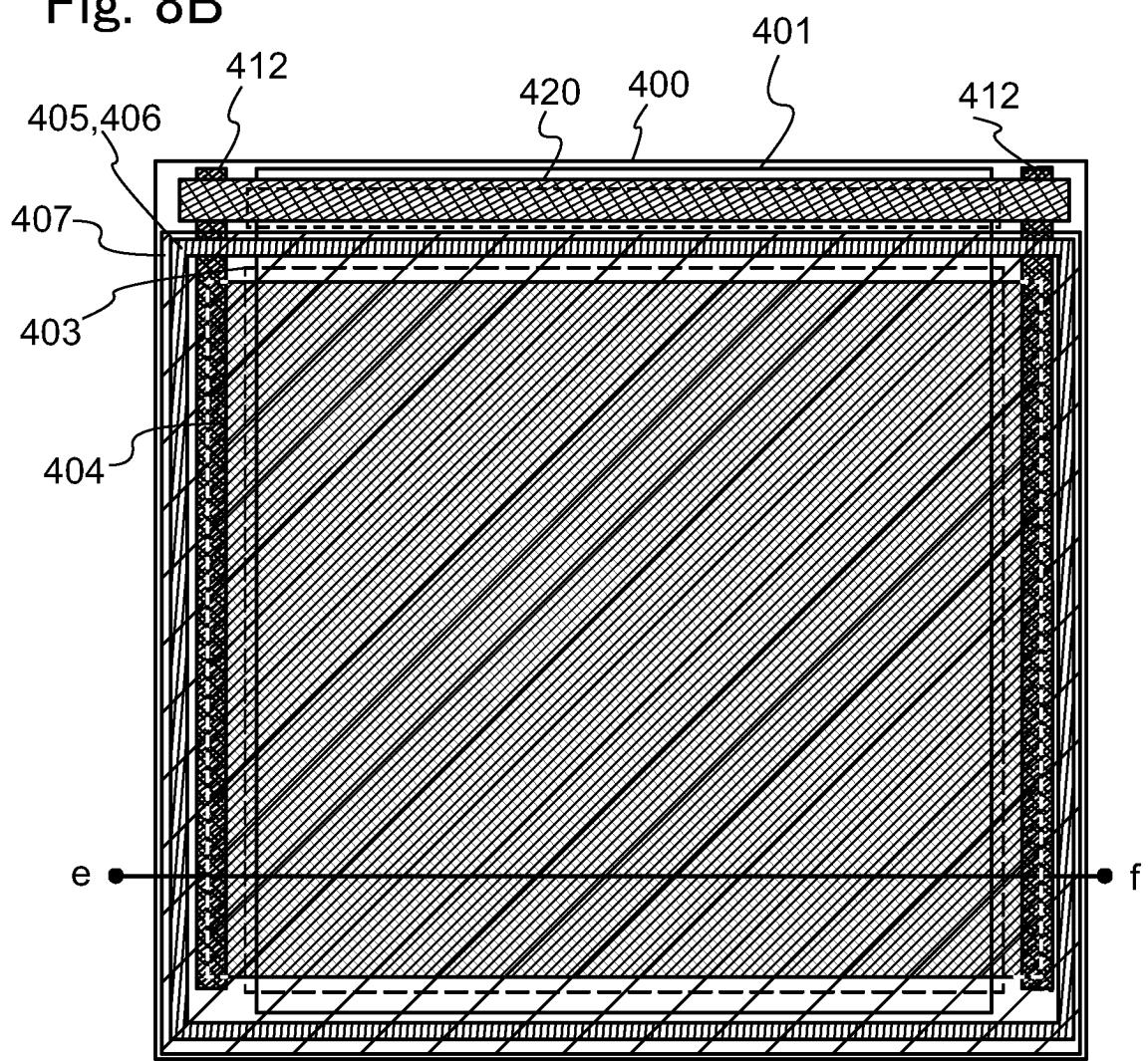
Fig. 8A**Fig. 8B**

Fig. 9A

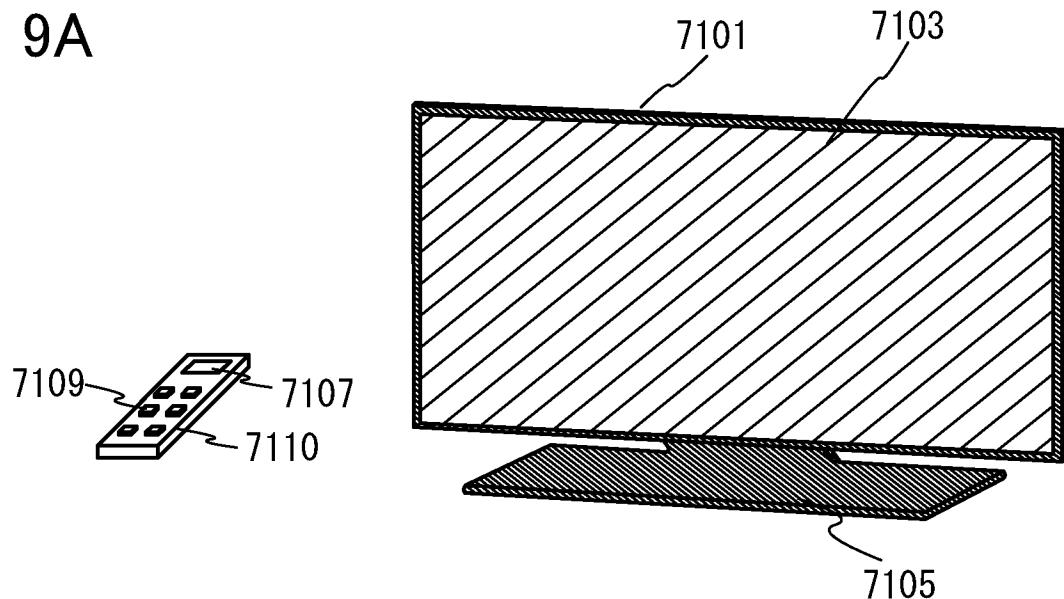


Fig. 9B1

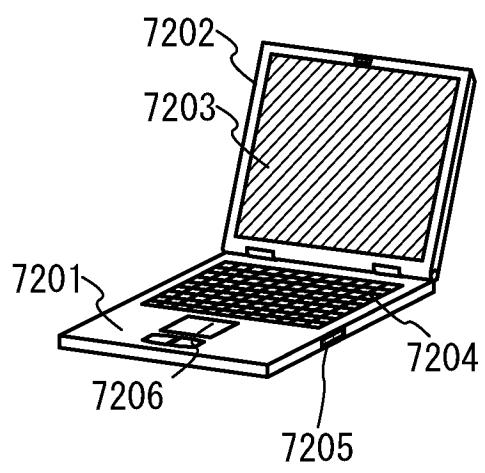


Fig. 9B2

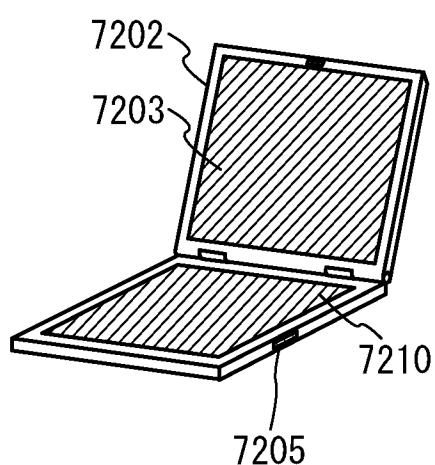


Fig. 9C

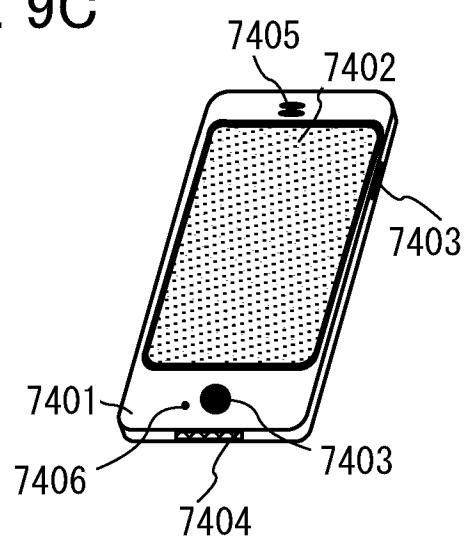


Fig. 10A

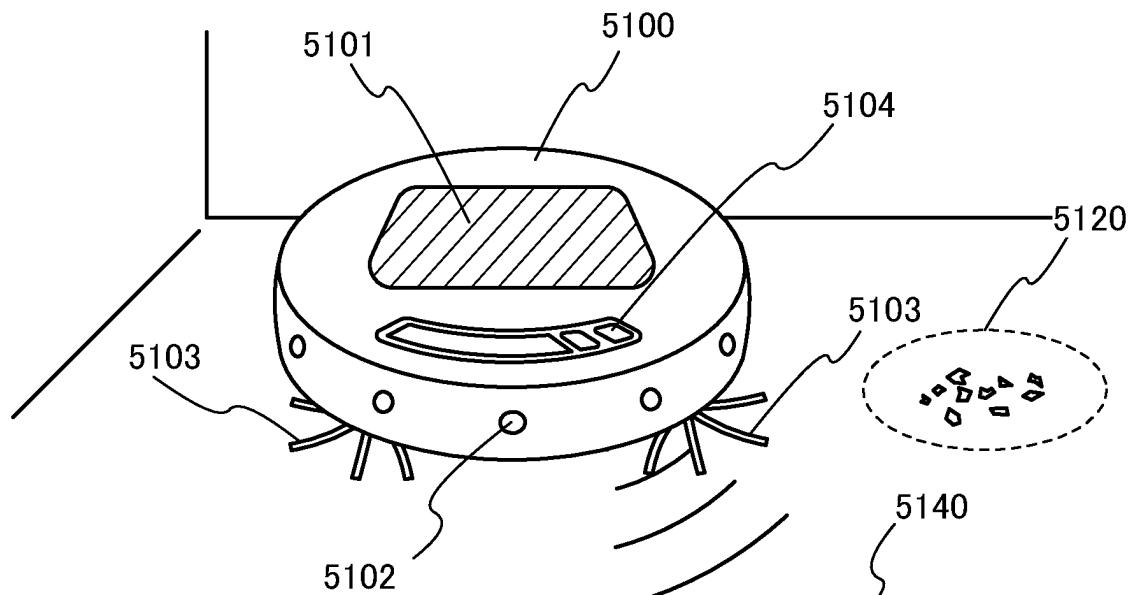


Fig. 10B

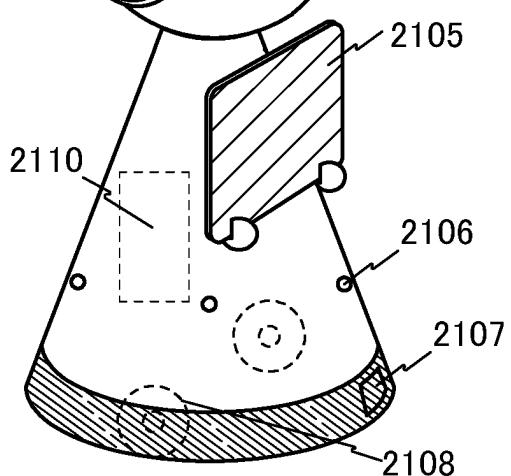
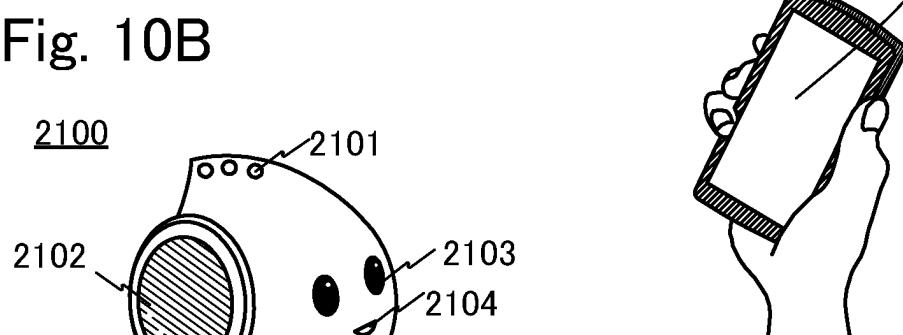


Fig. 10C

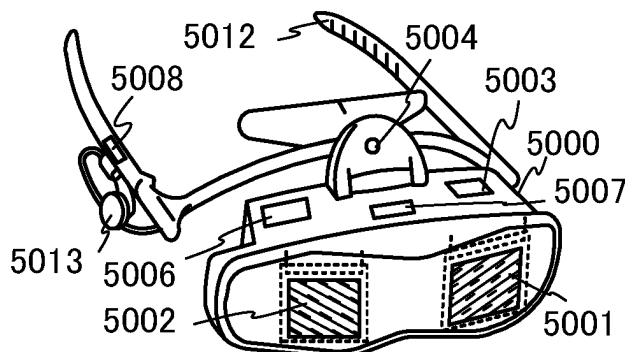


Fig. 11

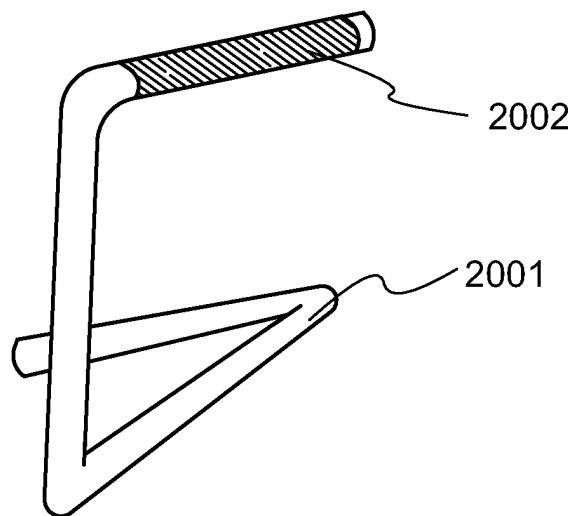


Fig. 12

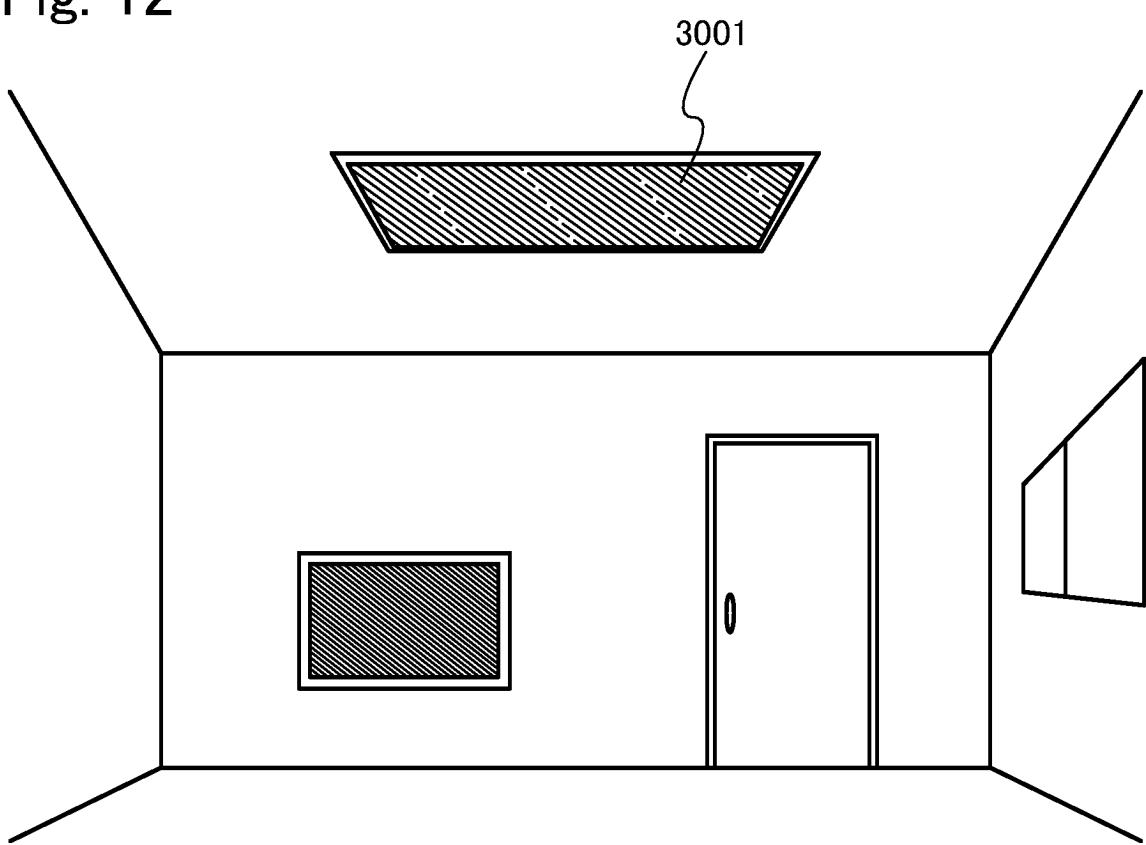


Fig. 13

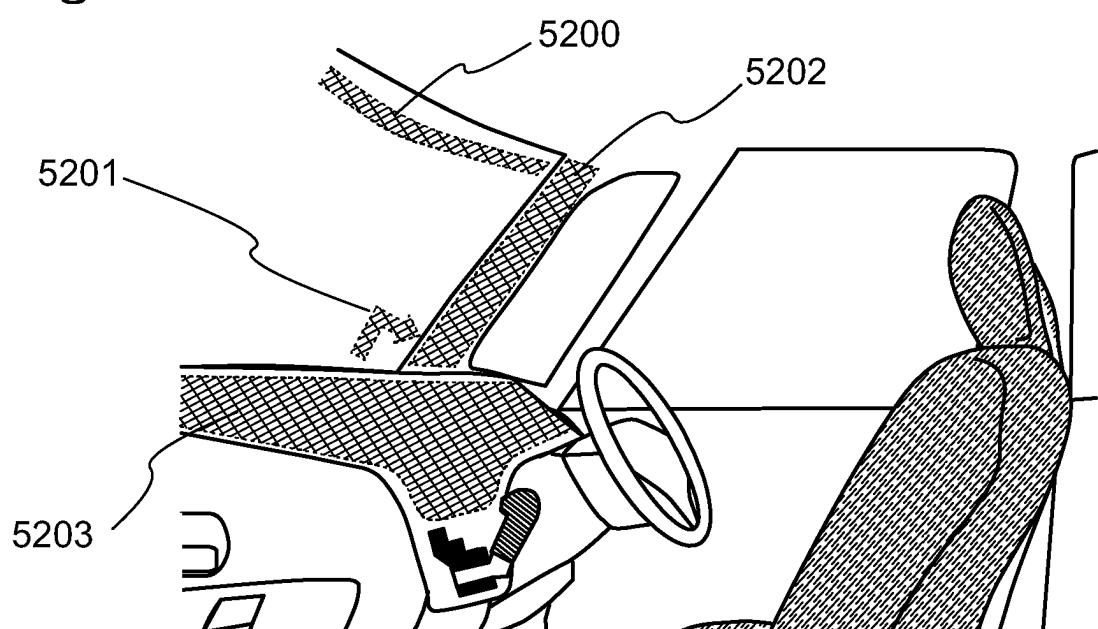


Fig. 14A

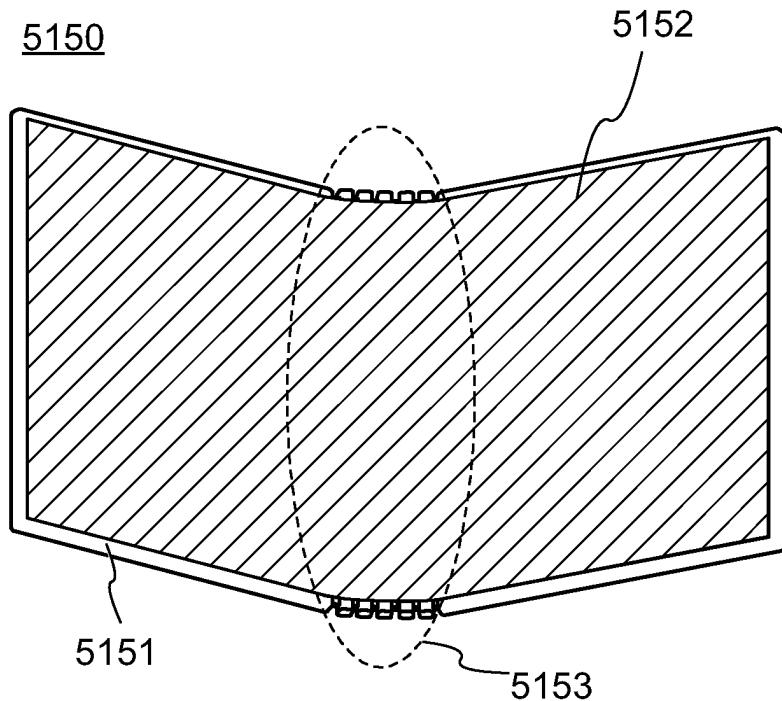


Fig. 14B

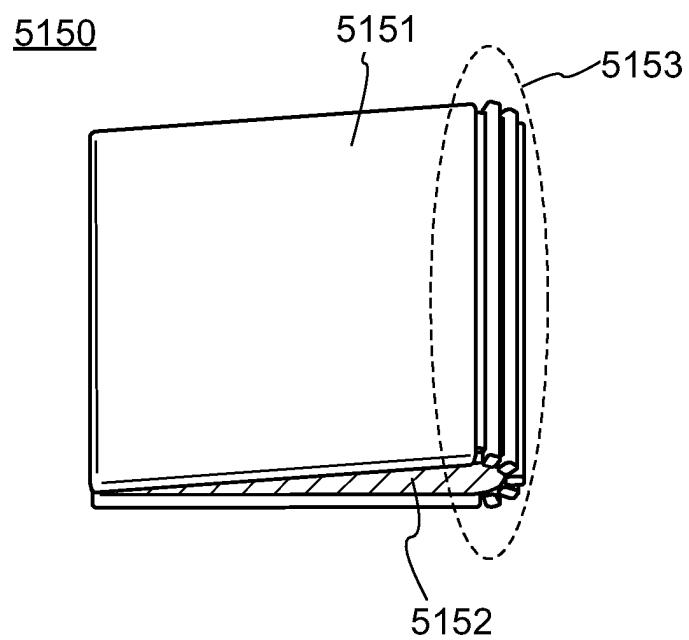


Fig. 15A

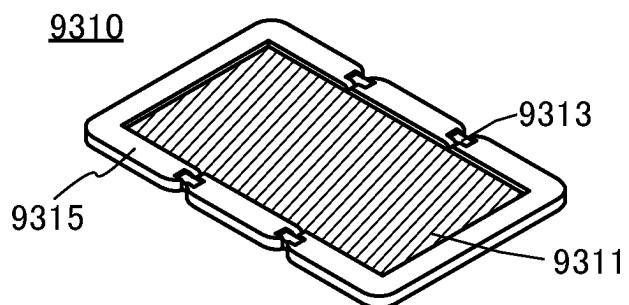


Fig. 15B

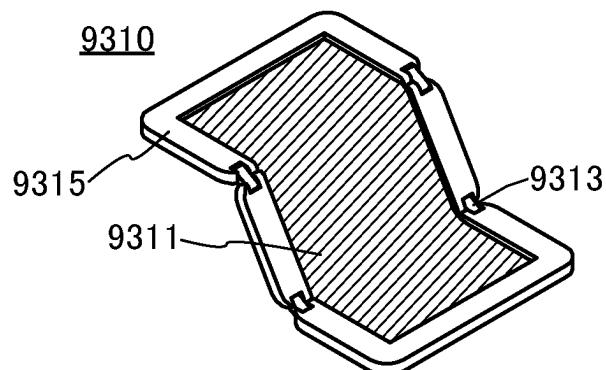


Fig. 15C

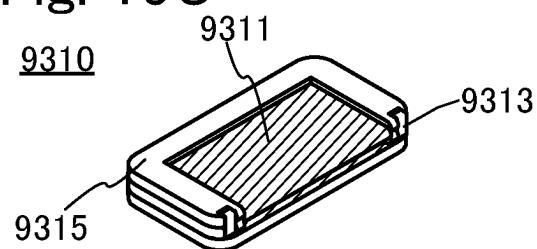


Fig. 16

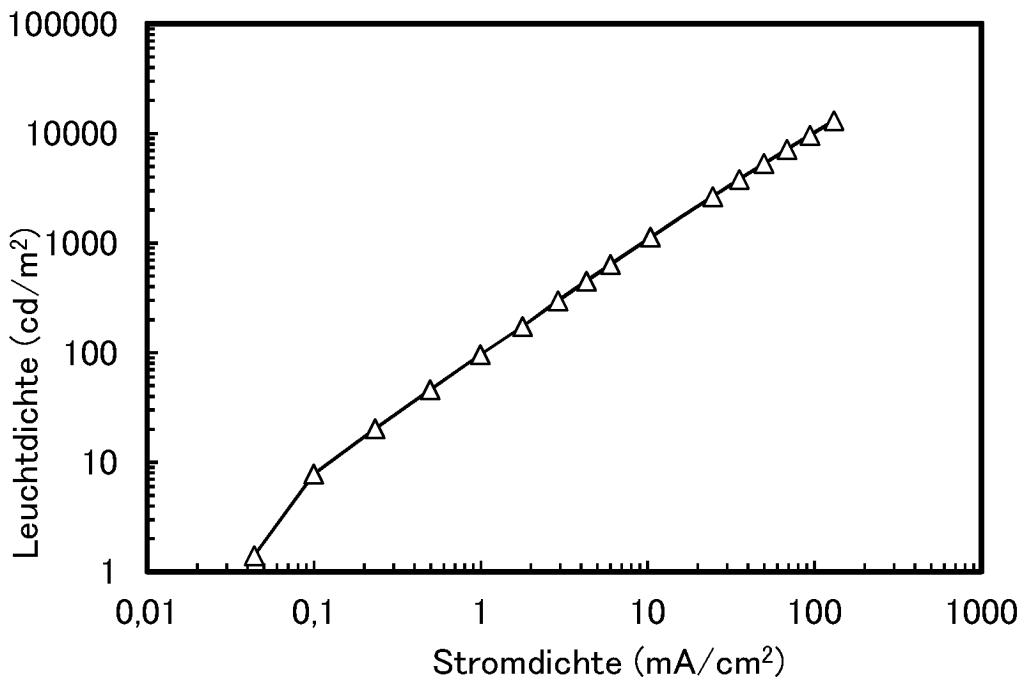


Fig. 17

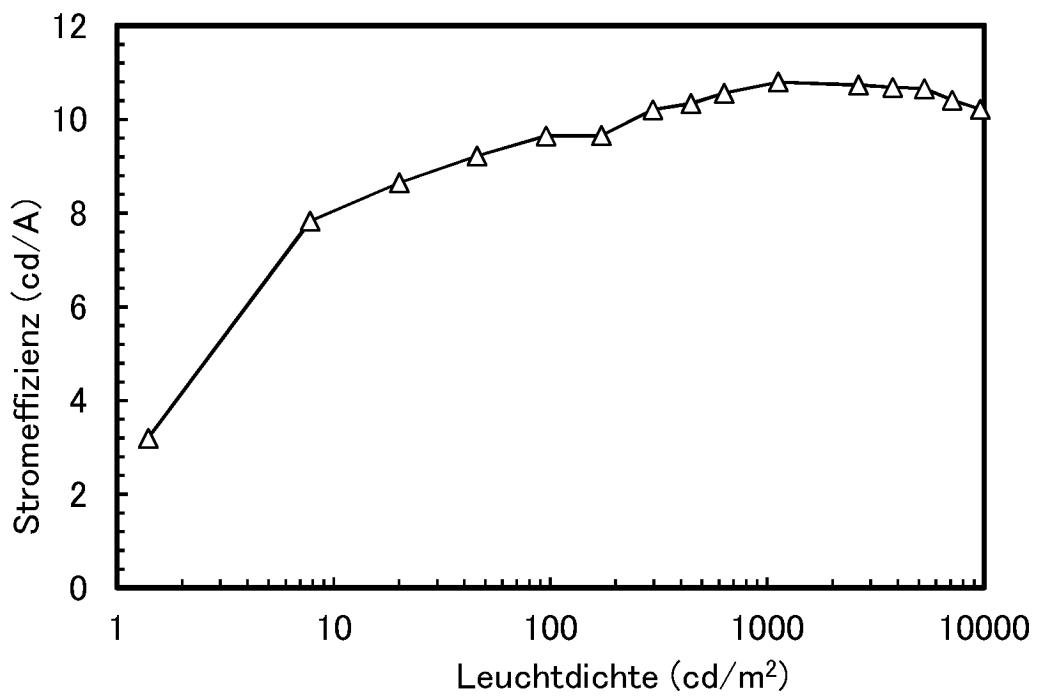


Fig. 18

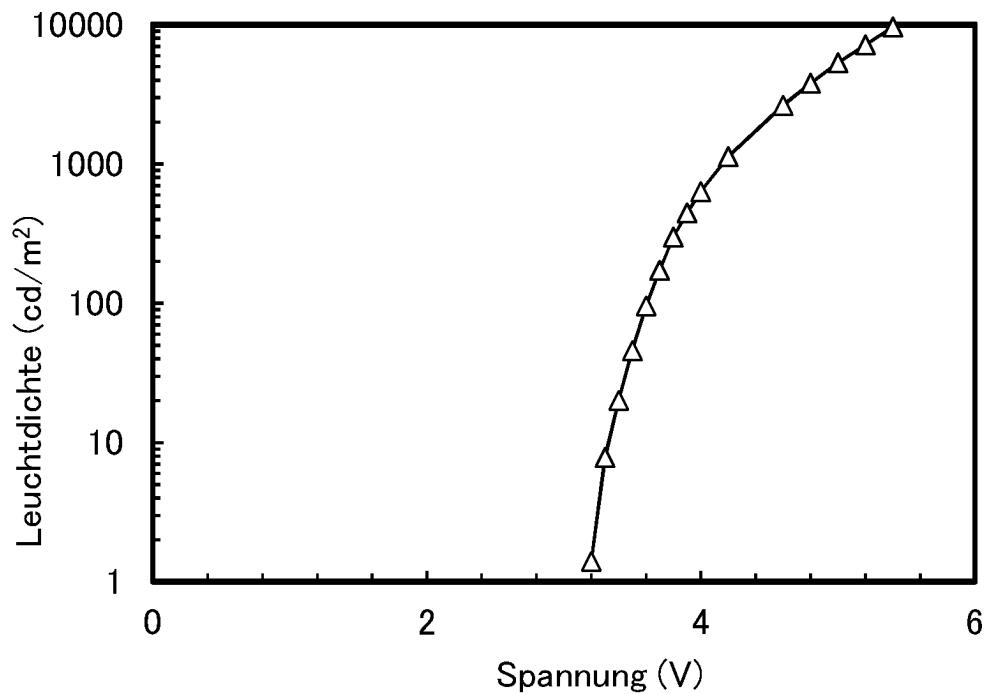


Fig. 19

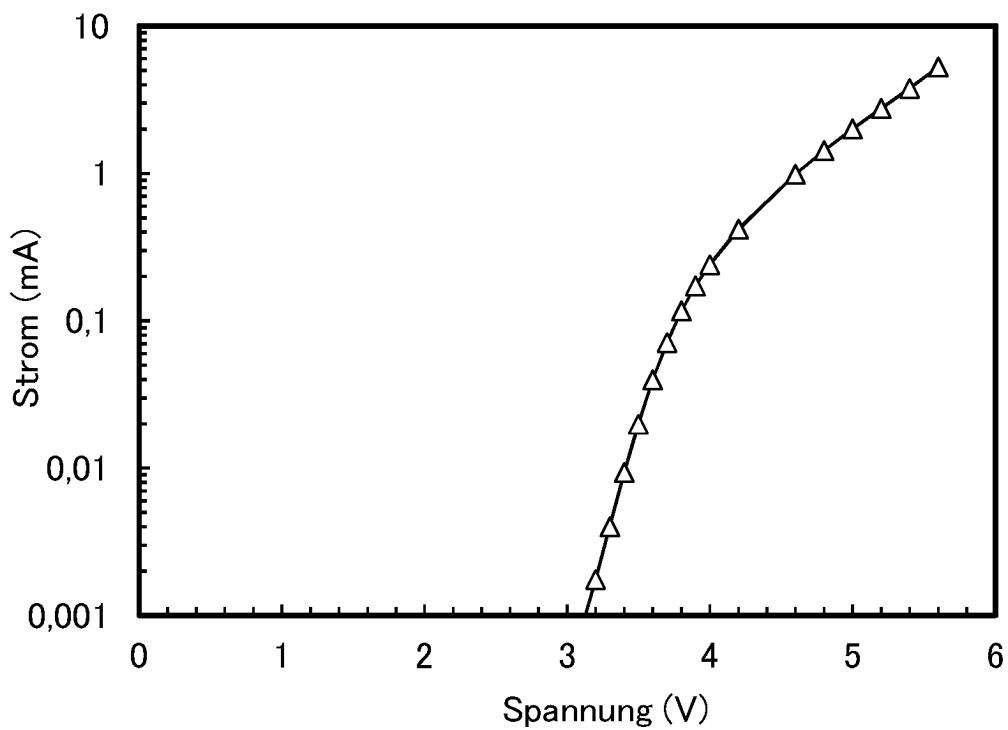


Fig. 20

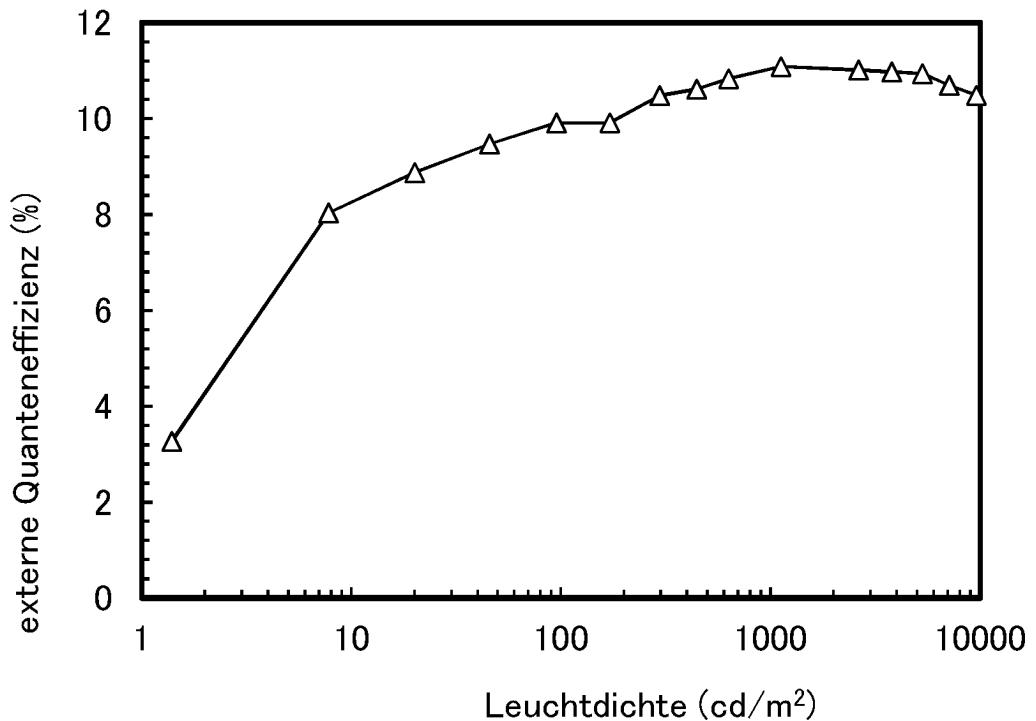


Fig. 21

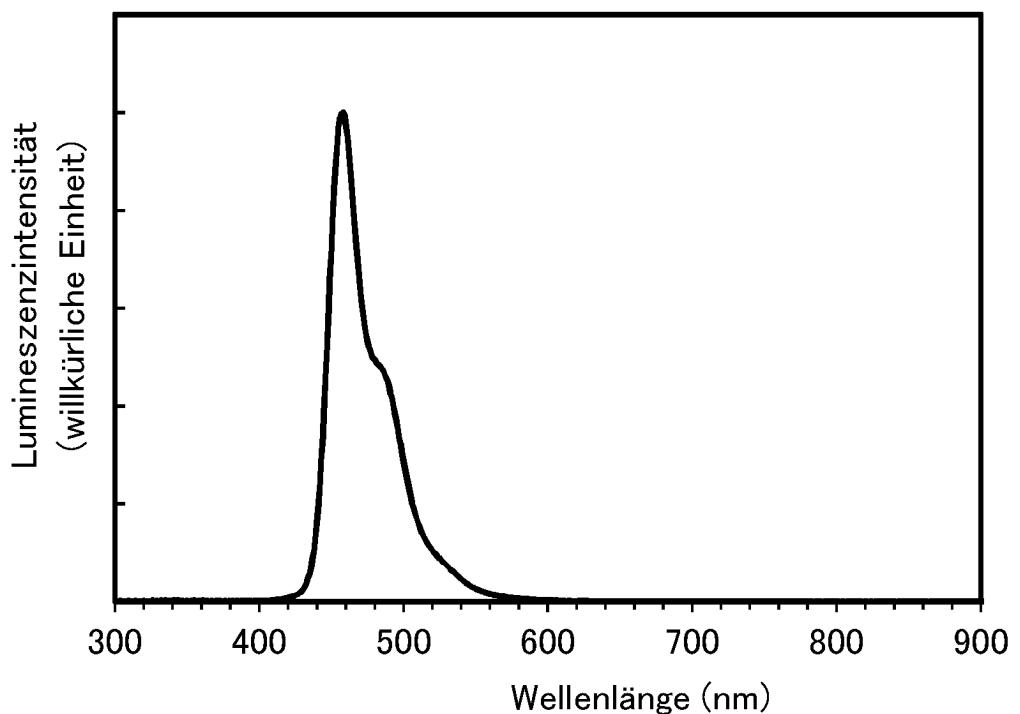


Fig. 22

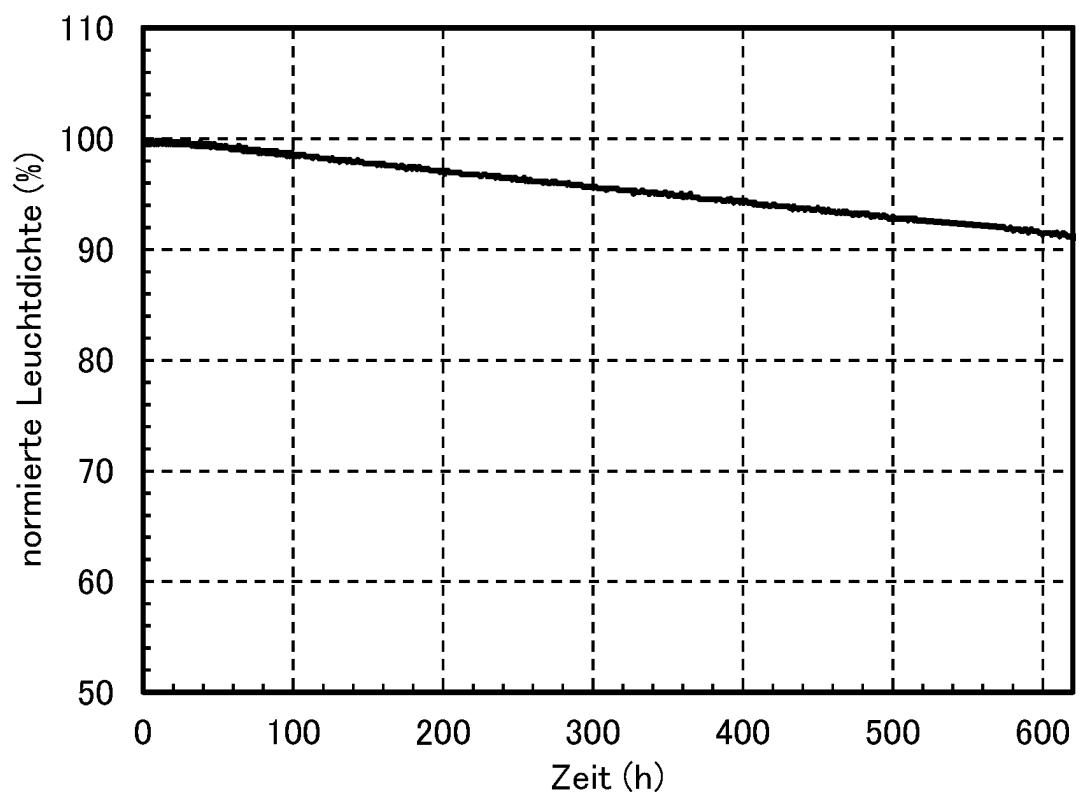


Fig. 23

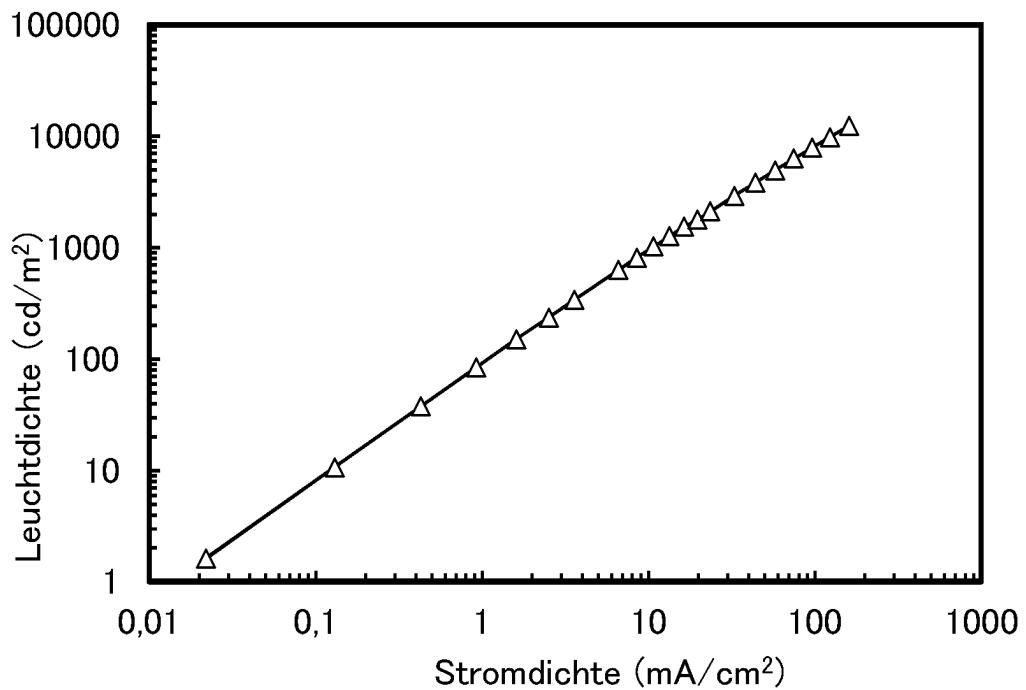


Fig. 24

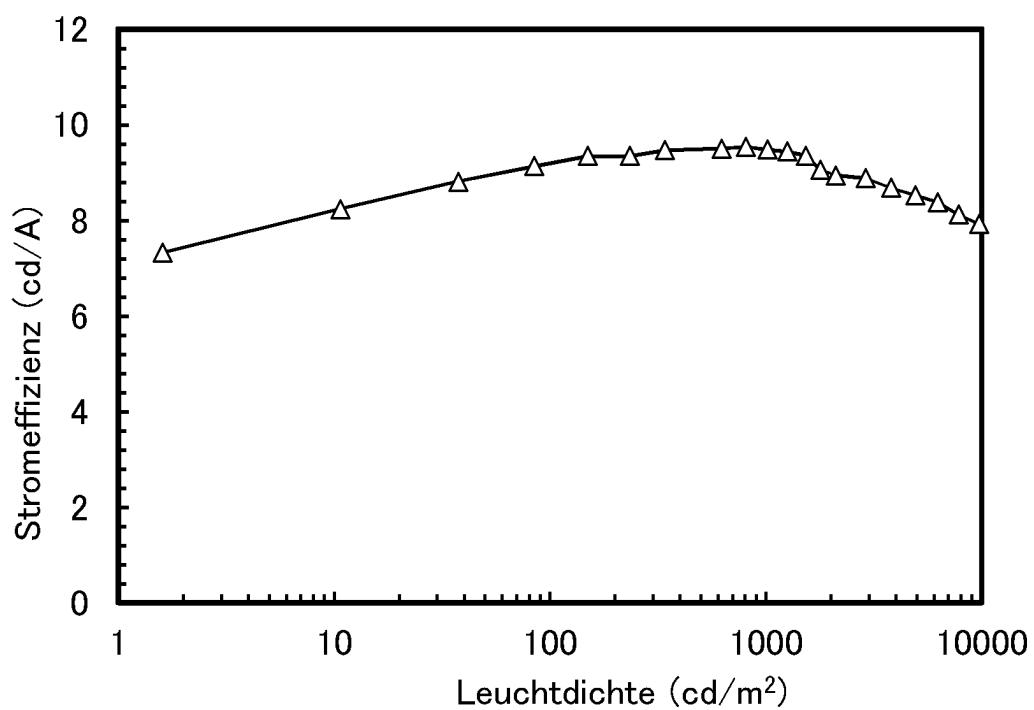


Fig. 25

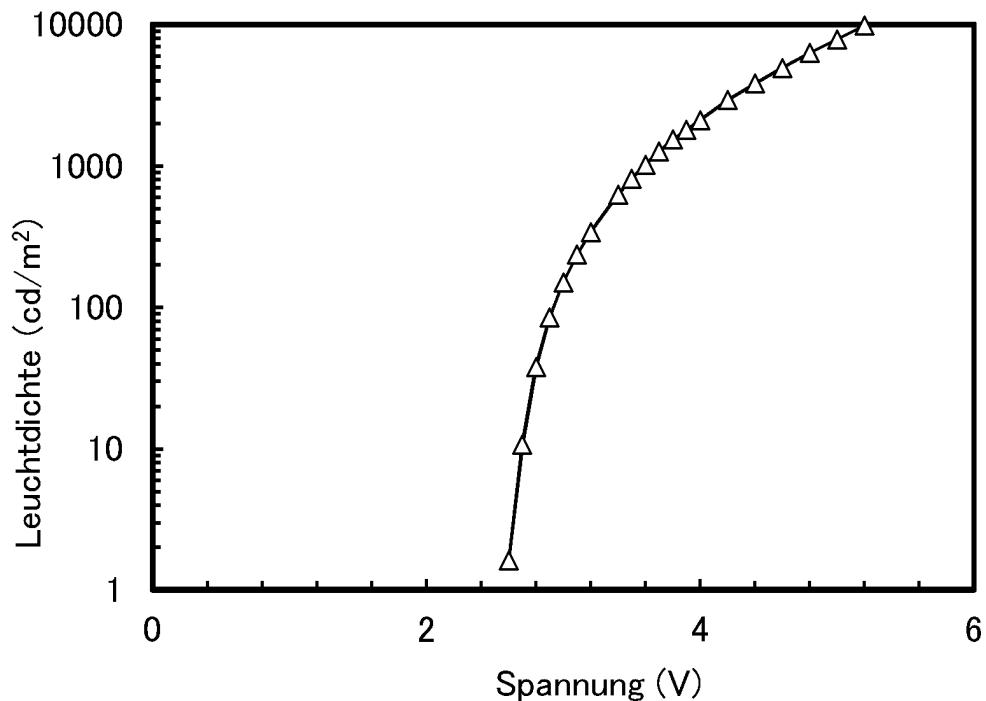


Fig. 26

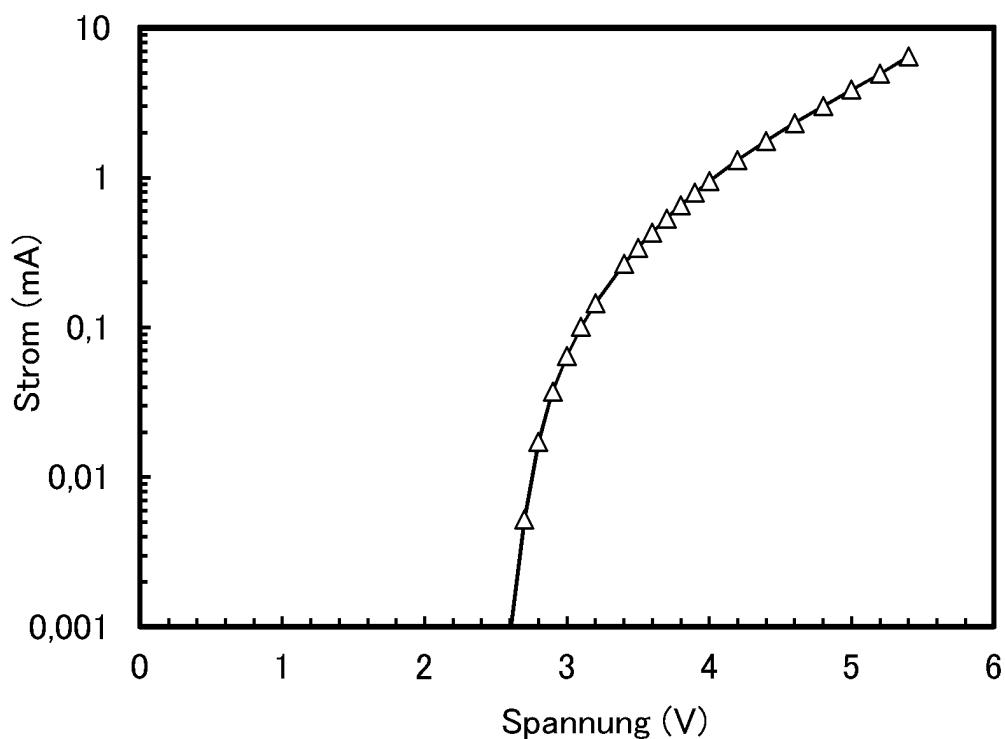


Fig. 27

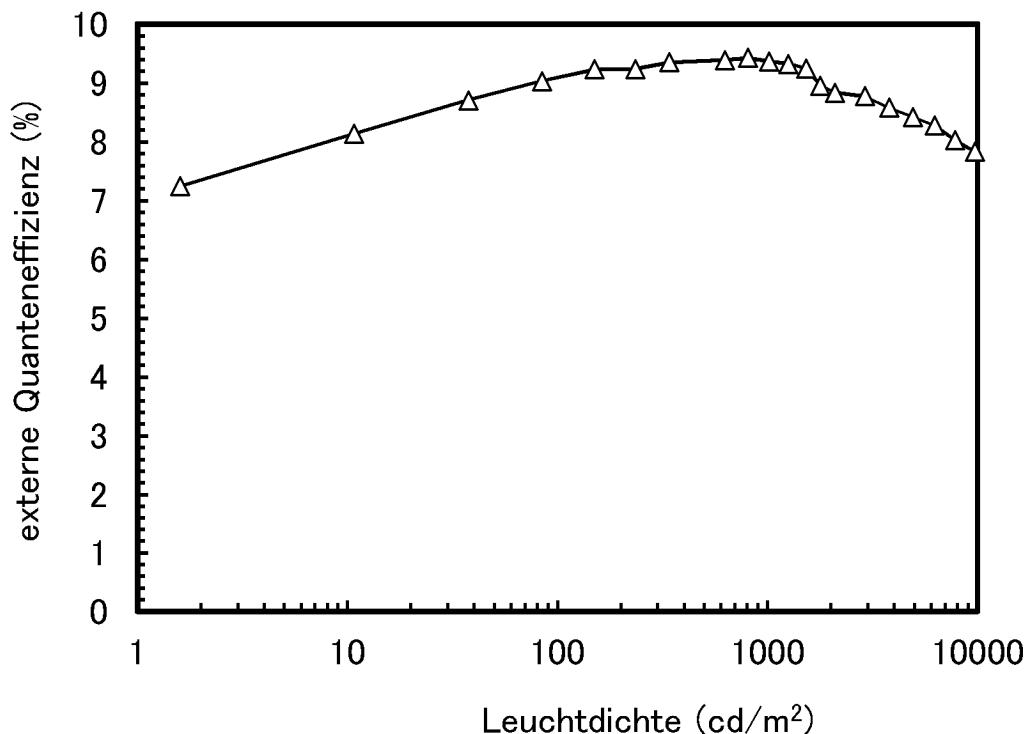


Fig. 28

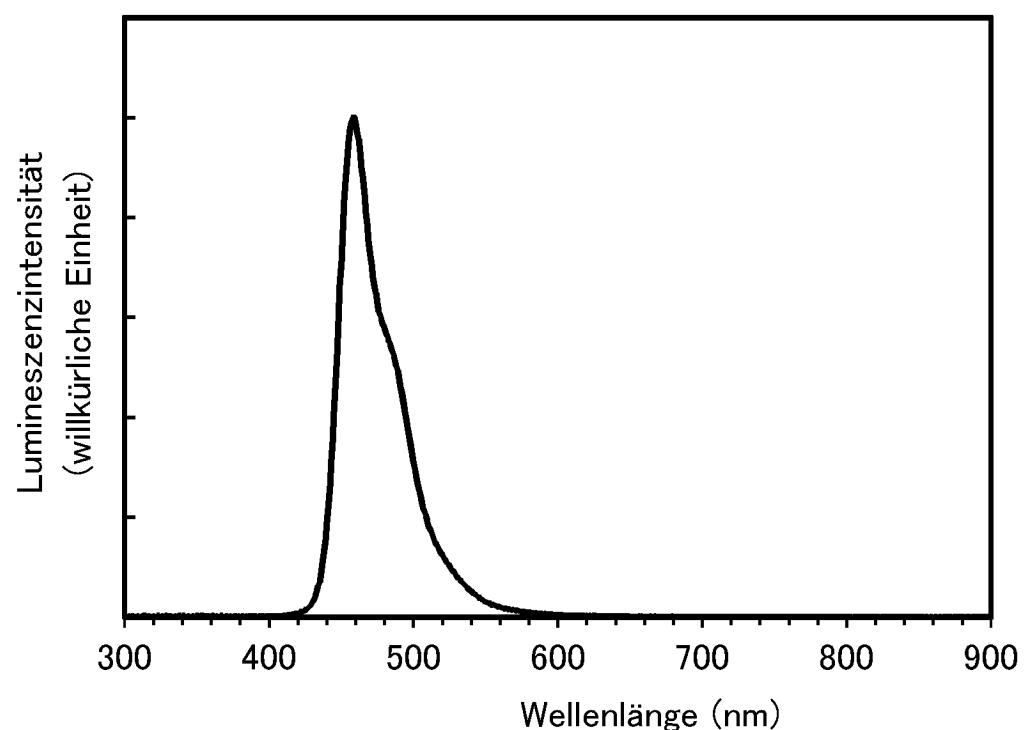


Fig. 29

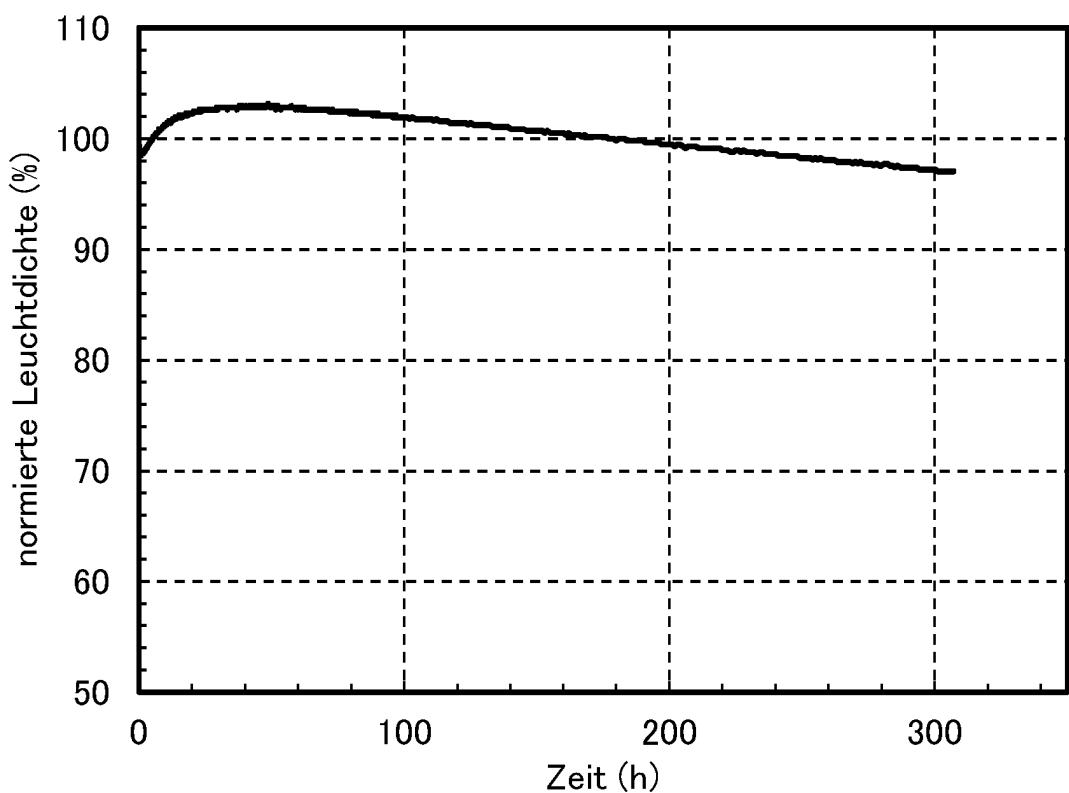


Fig. 30

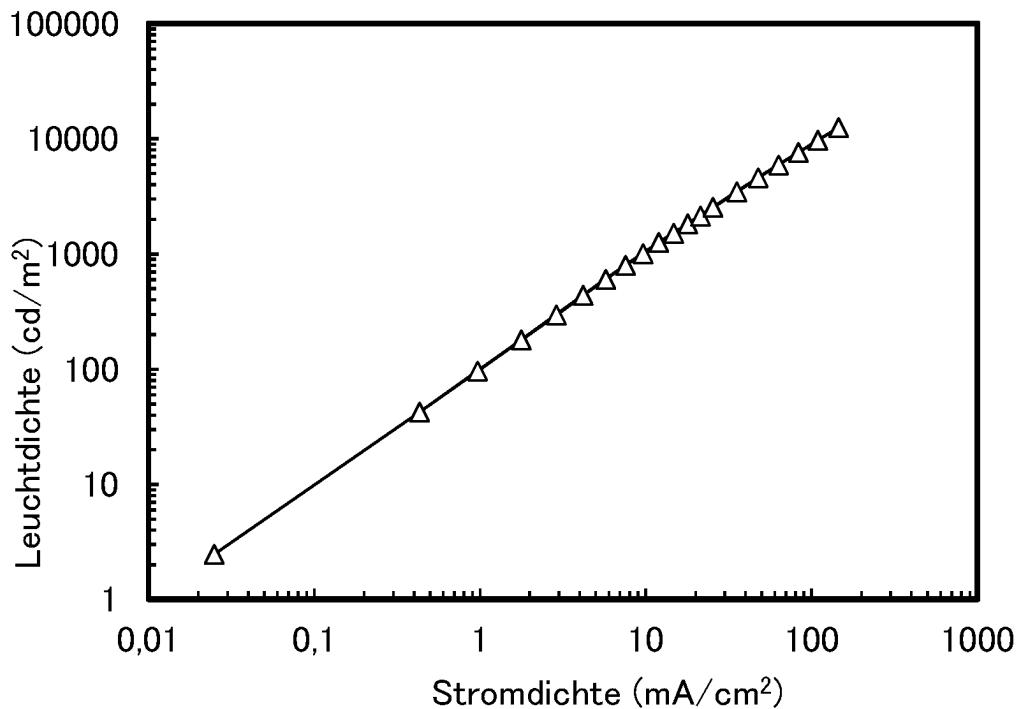


Fig. 31

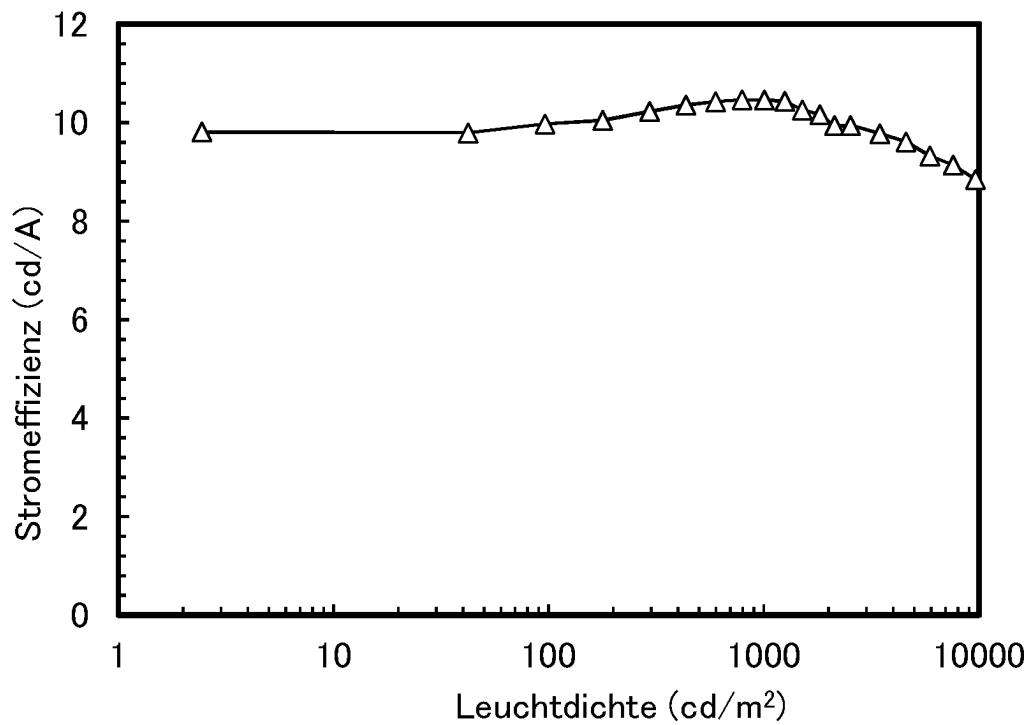


Fig. 32

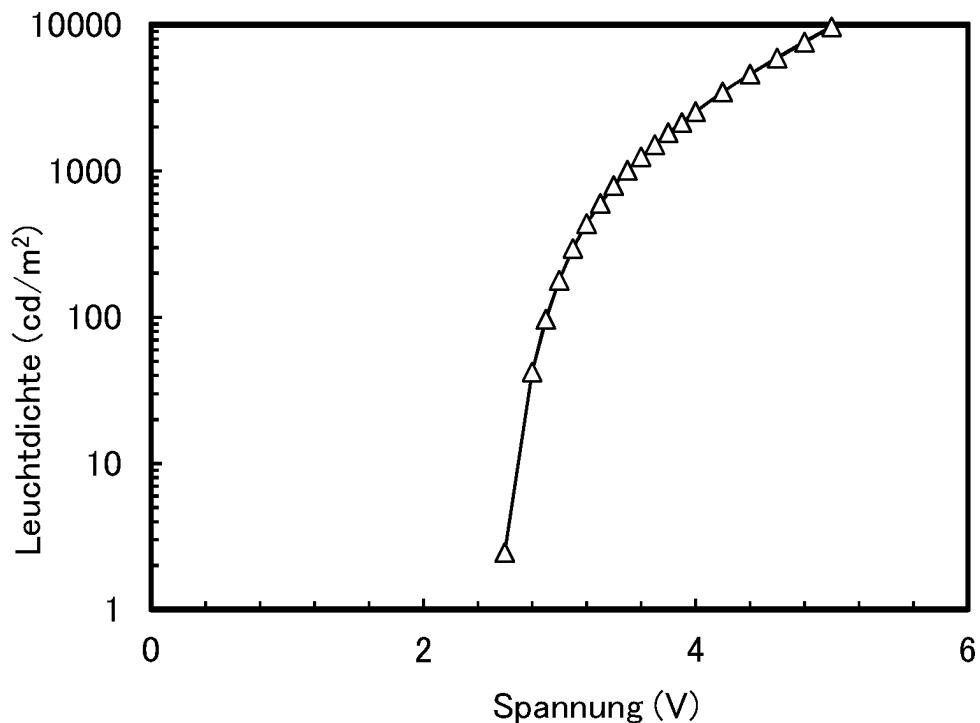


Fig. 33

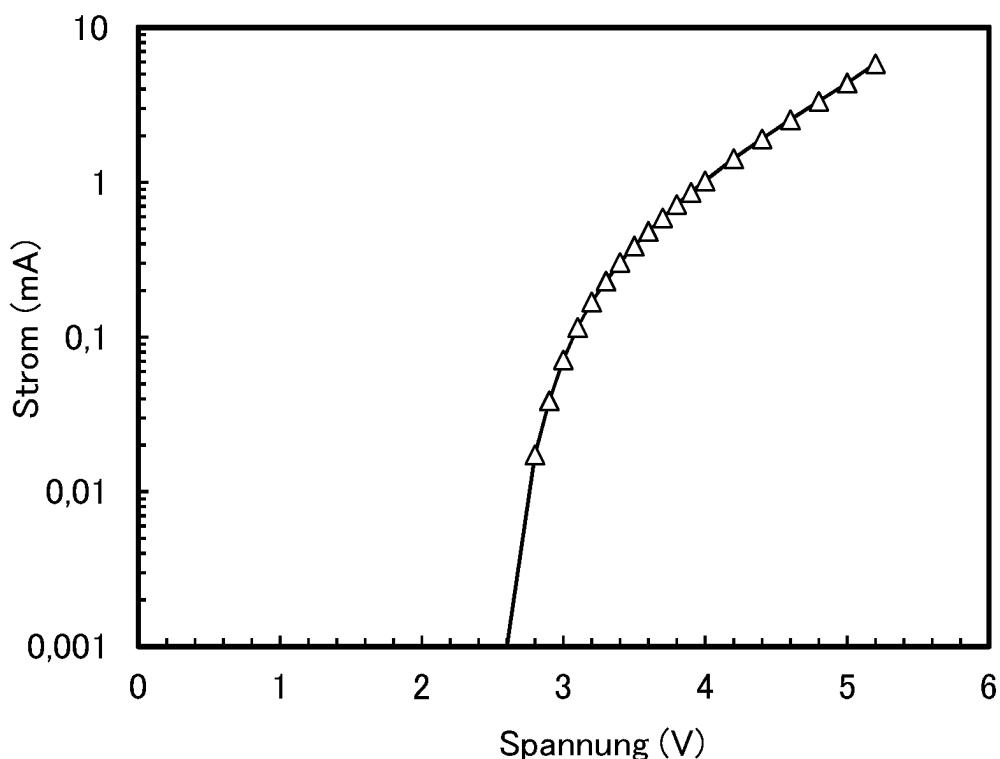


Fig. 34

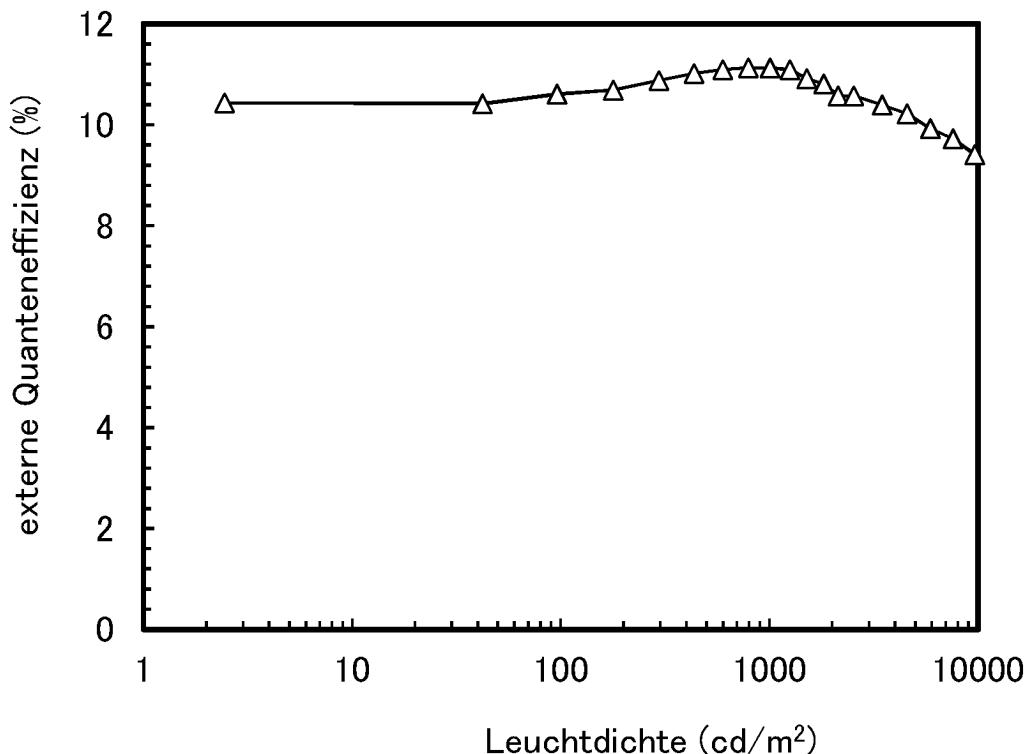


Fig. 35

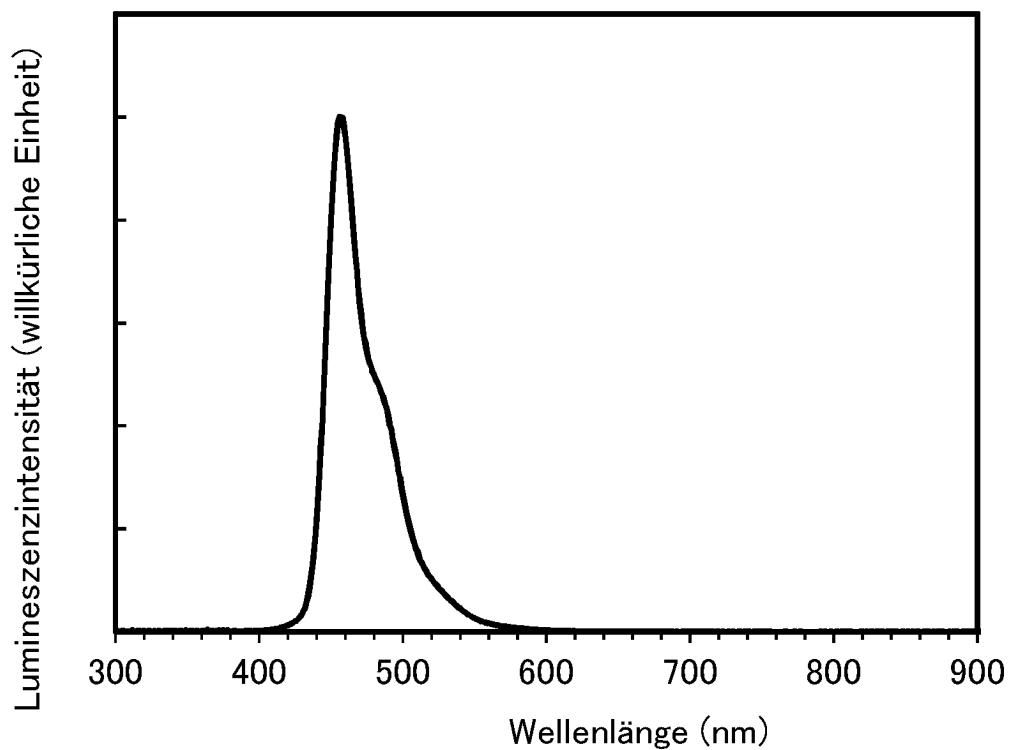


Fig. 36

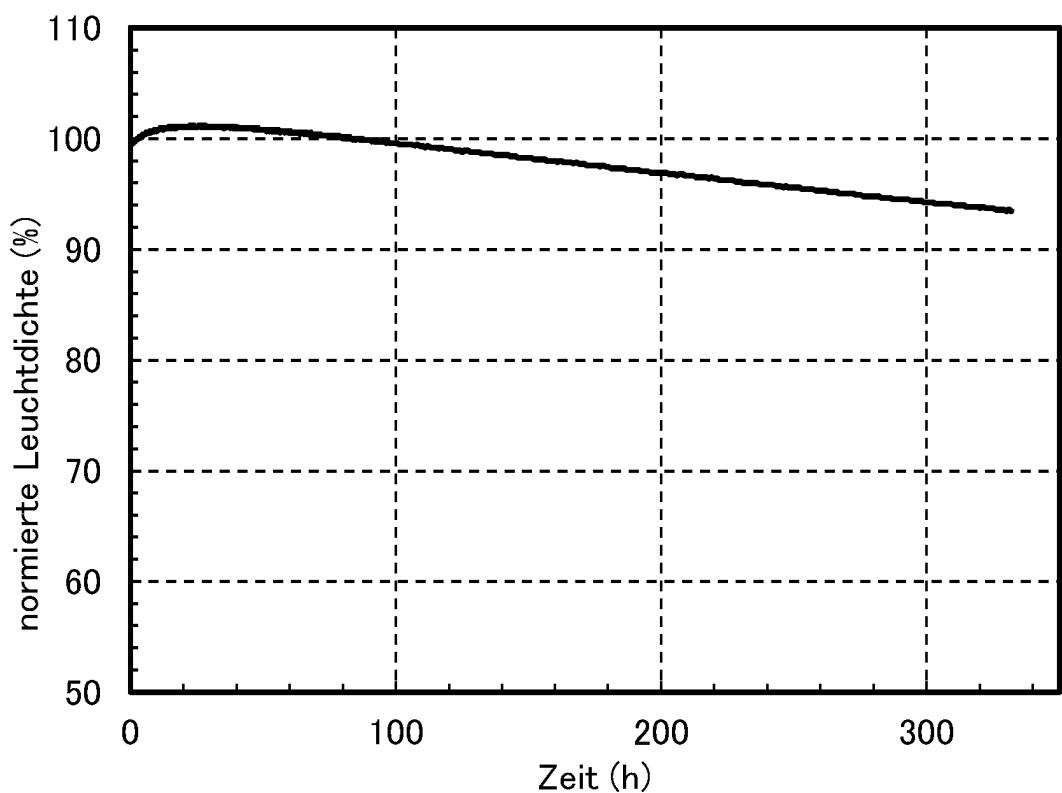


Fig. 37

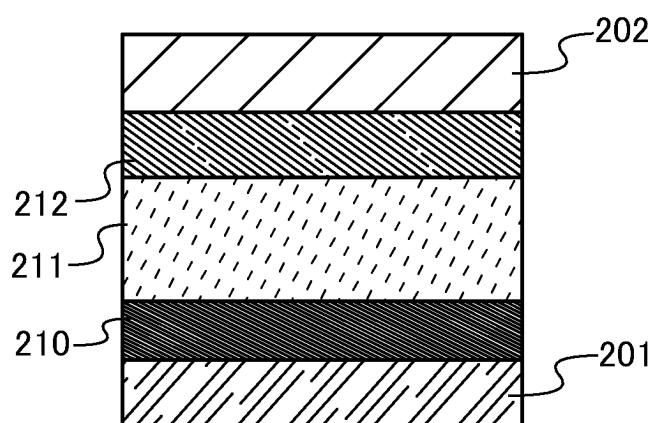


Fig. 38

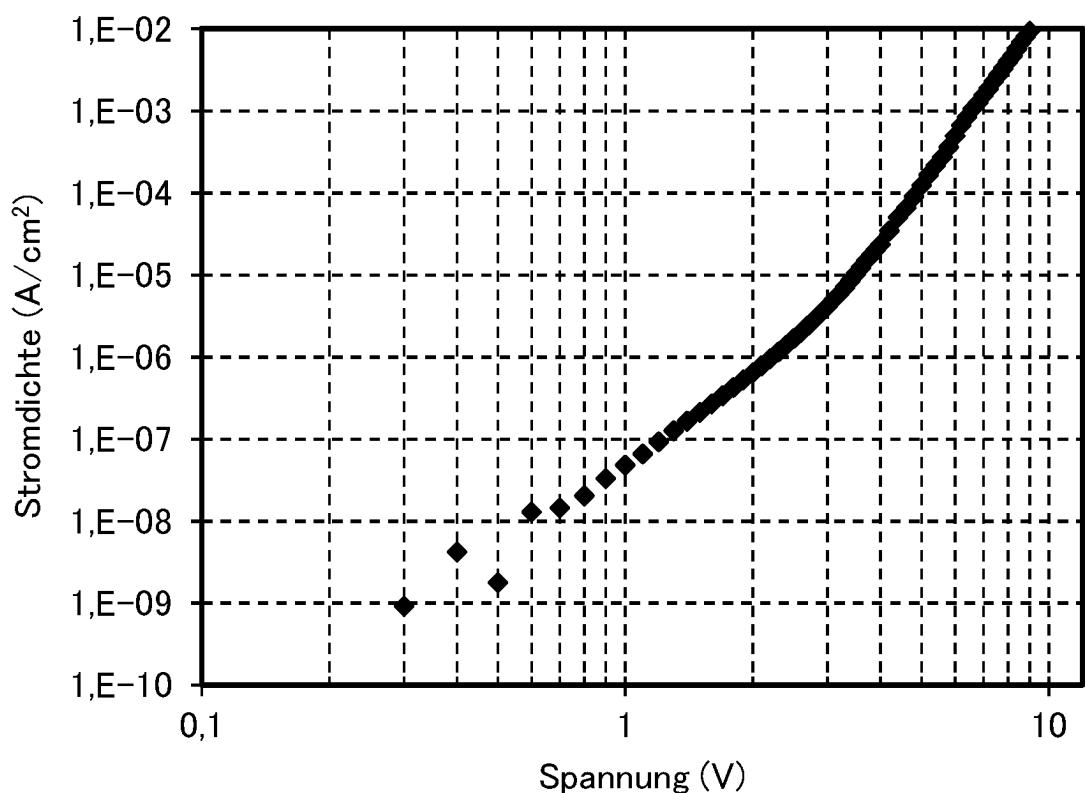


Fig. 39

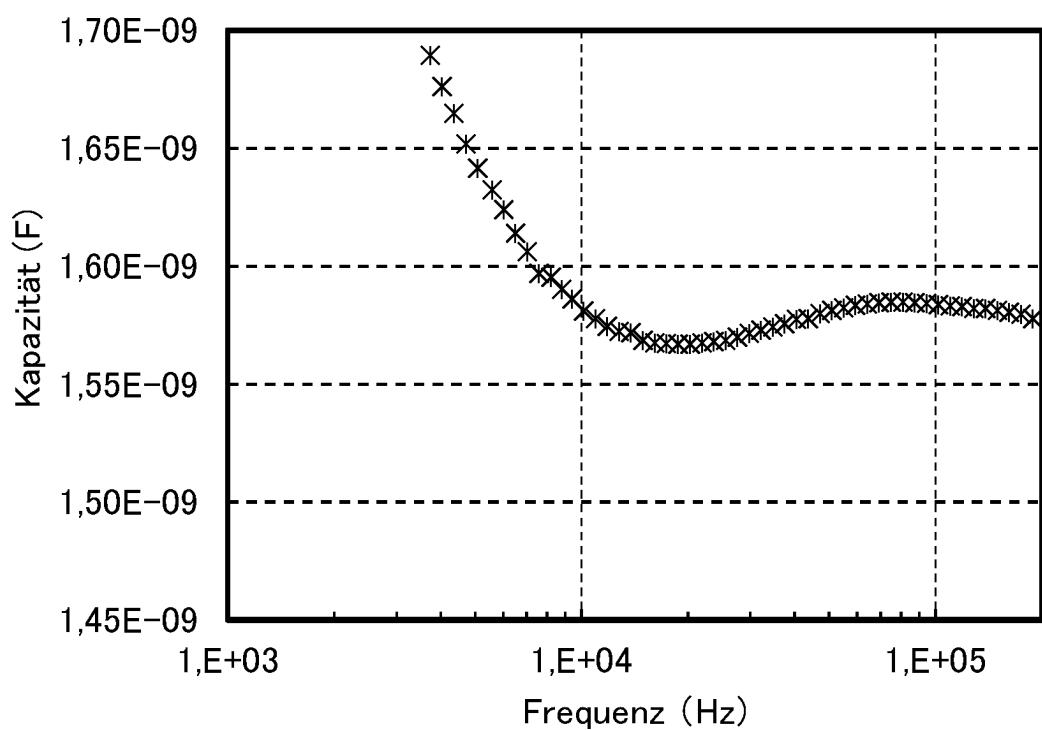


Fig. 40

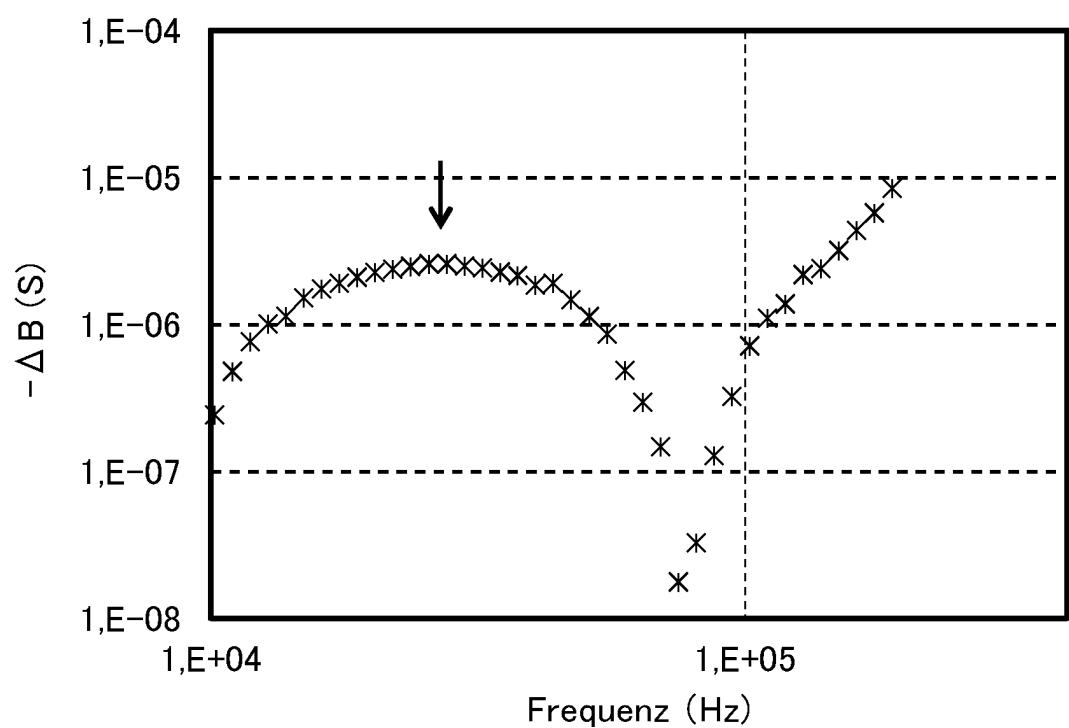


Fig. 41

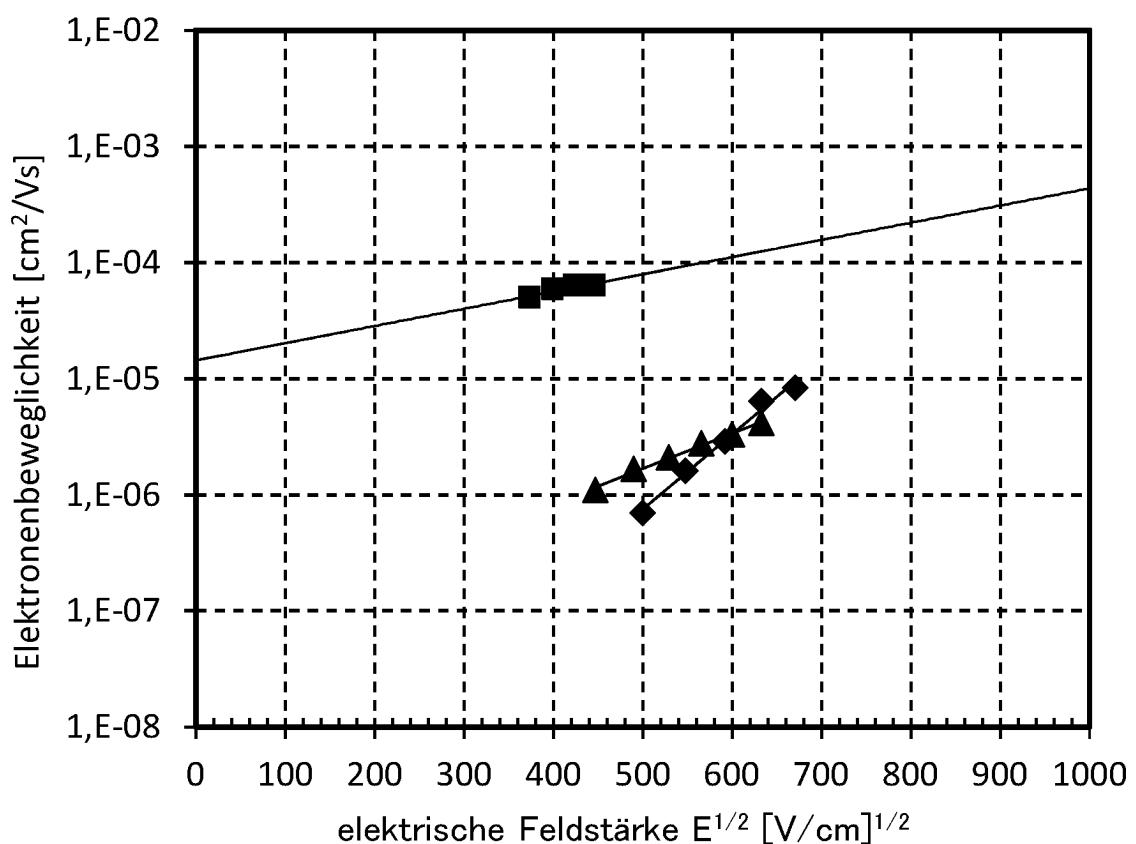


Fig. 42

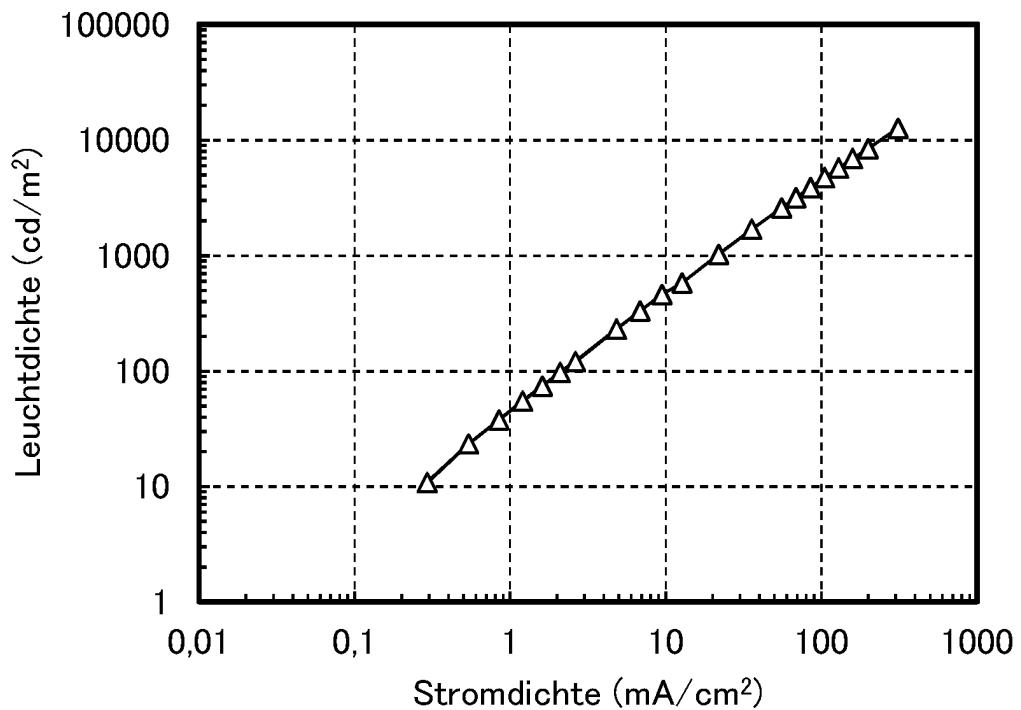


Fig. 43

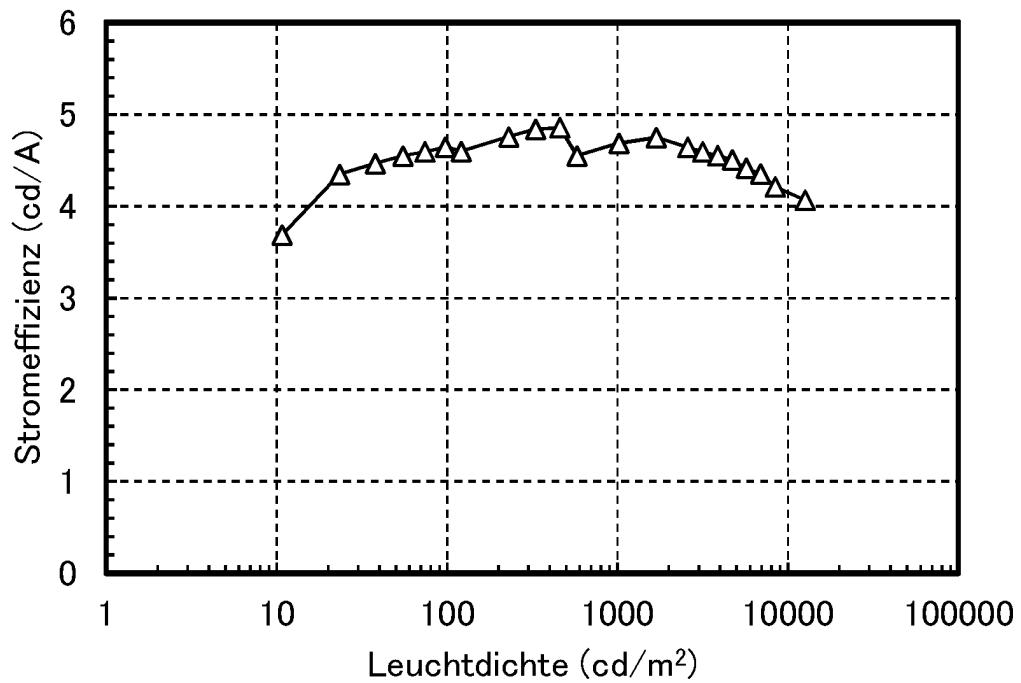


Fig. 44

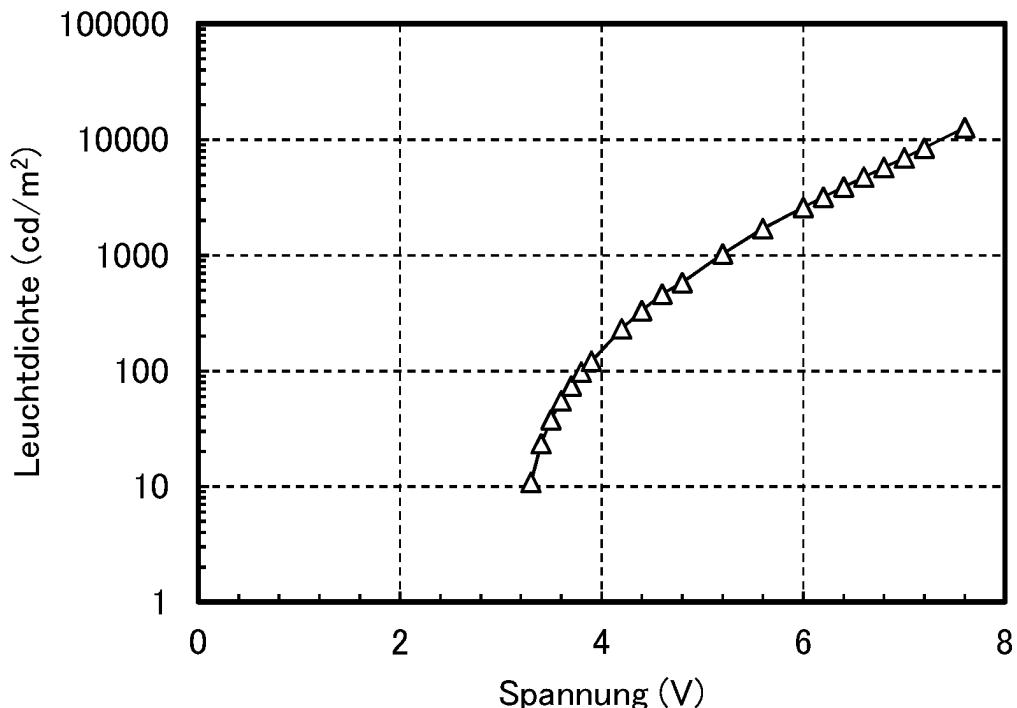


Fig. 45

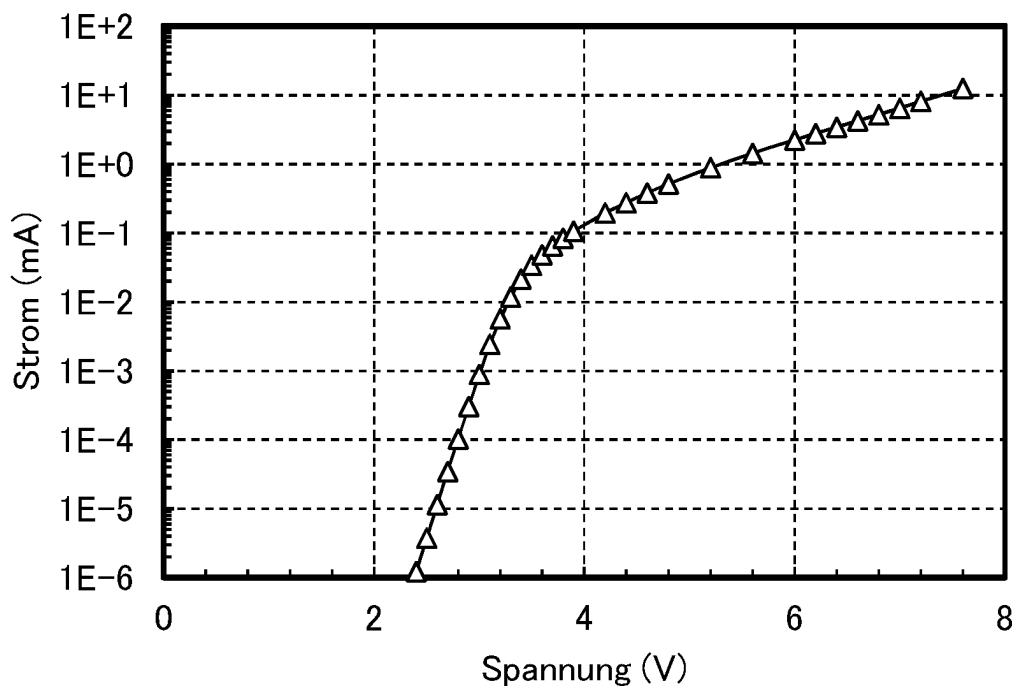


Fig. 46

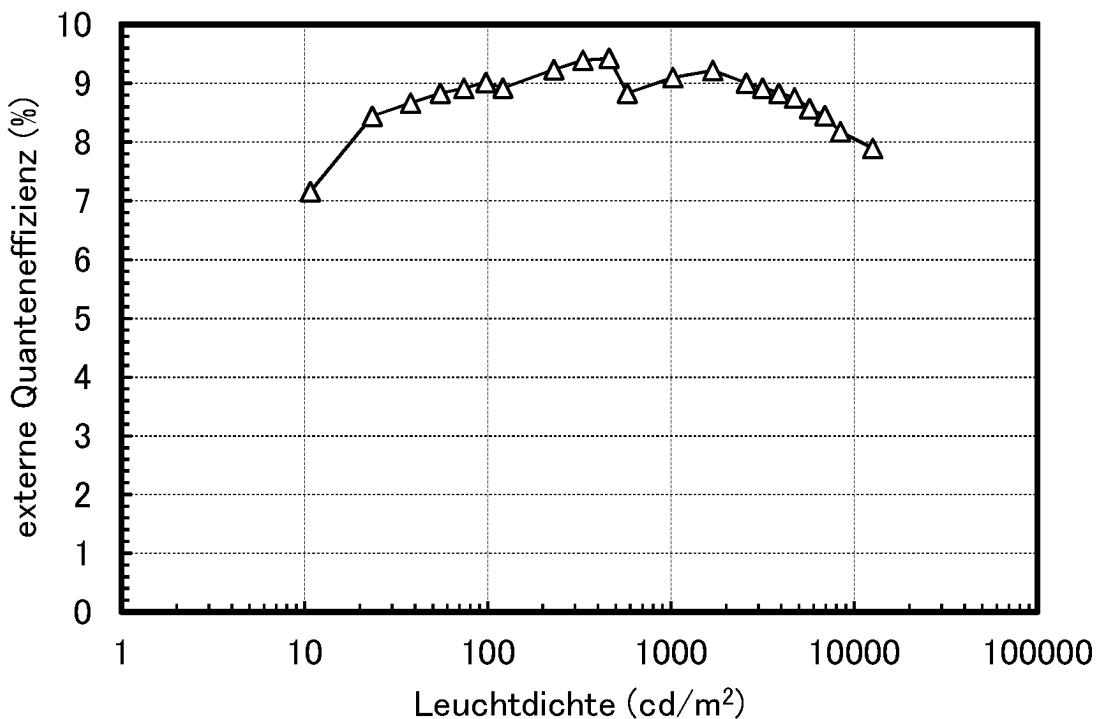


Fig. 47

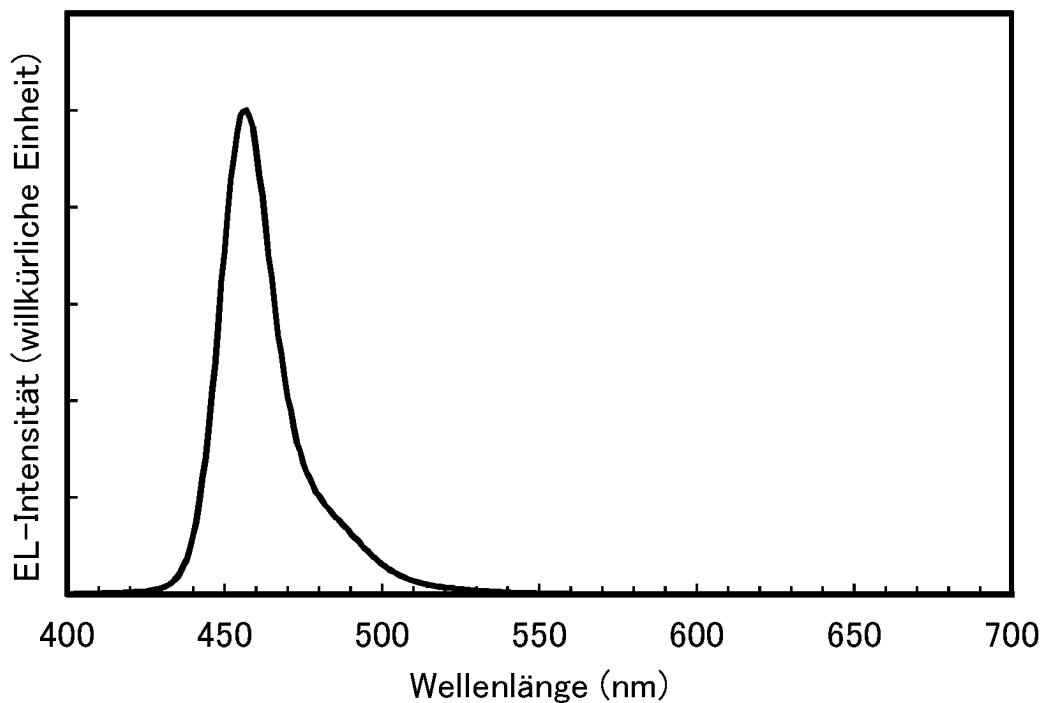


Fig. 48

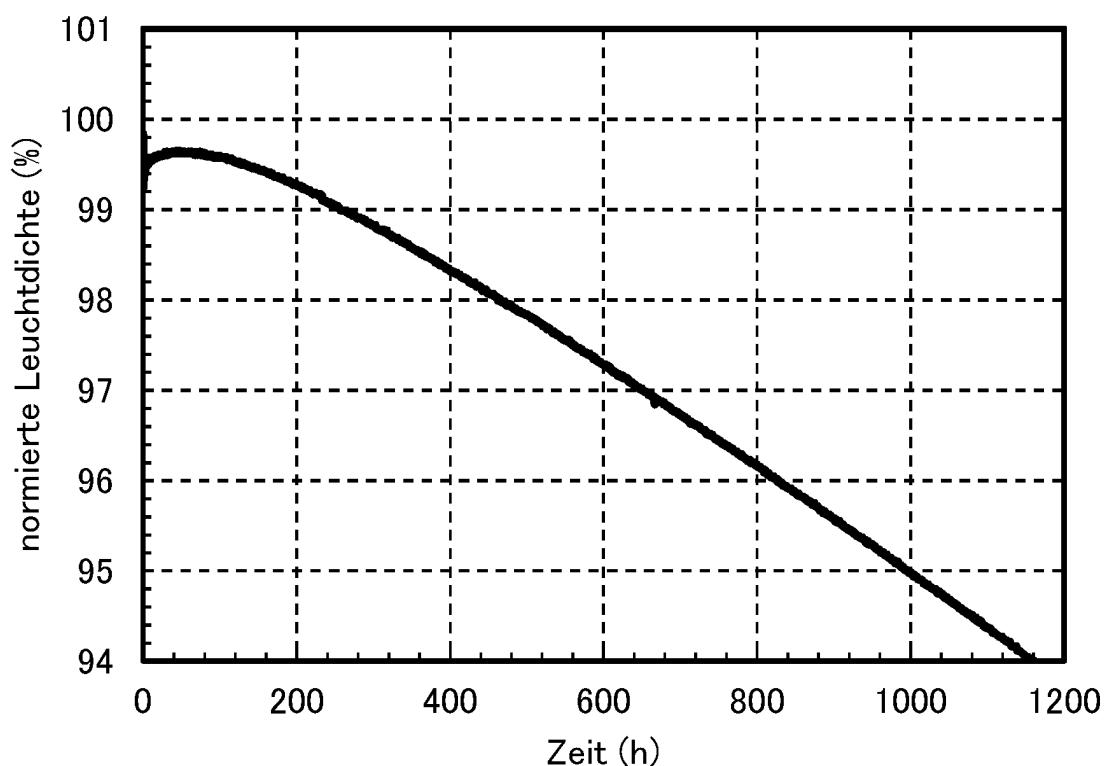


Fig. 49

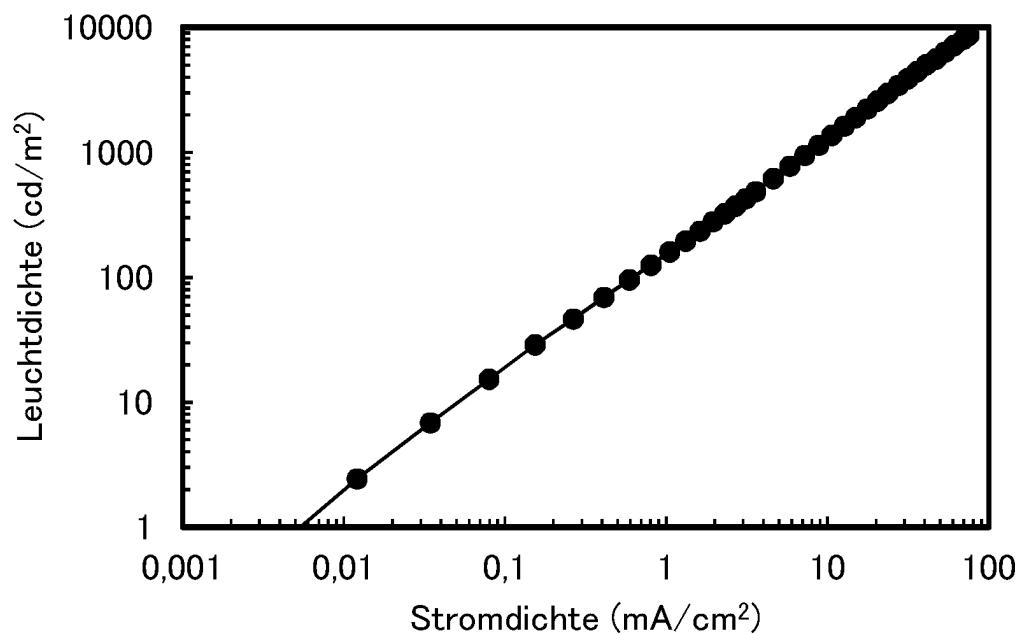


Fig. 50

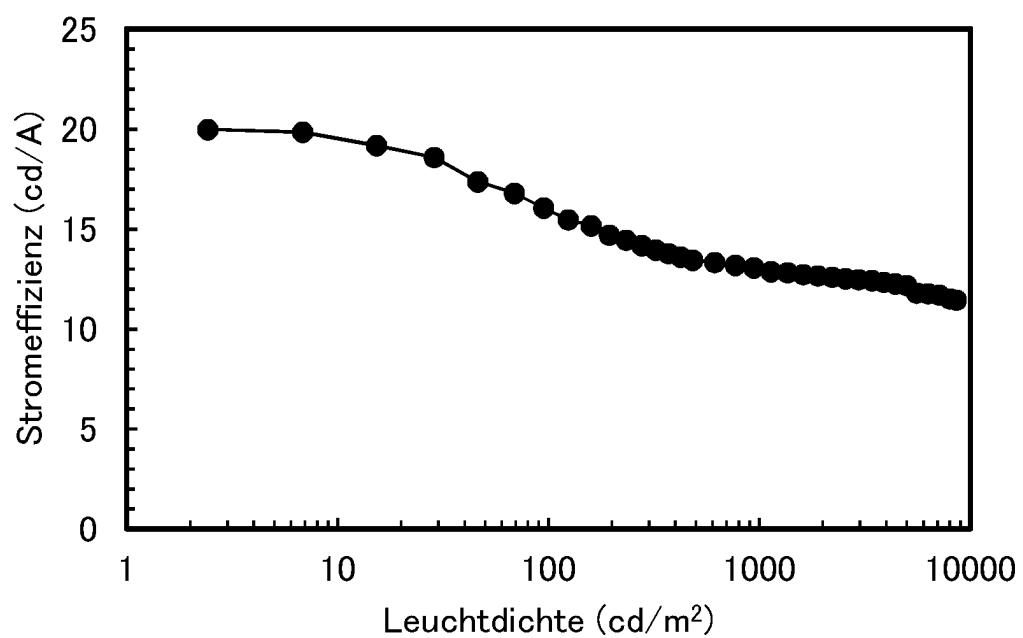


Fig. 51

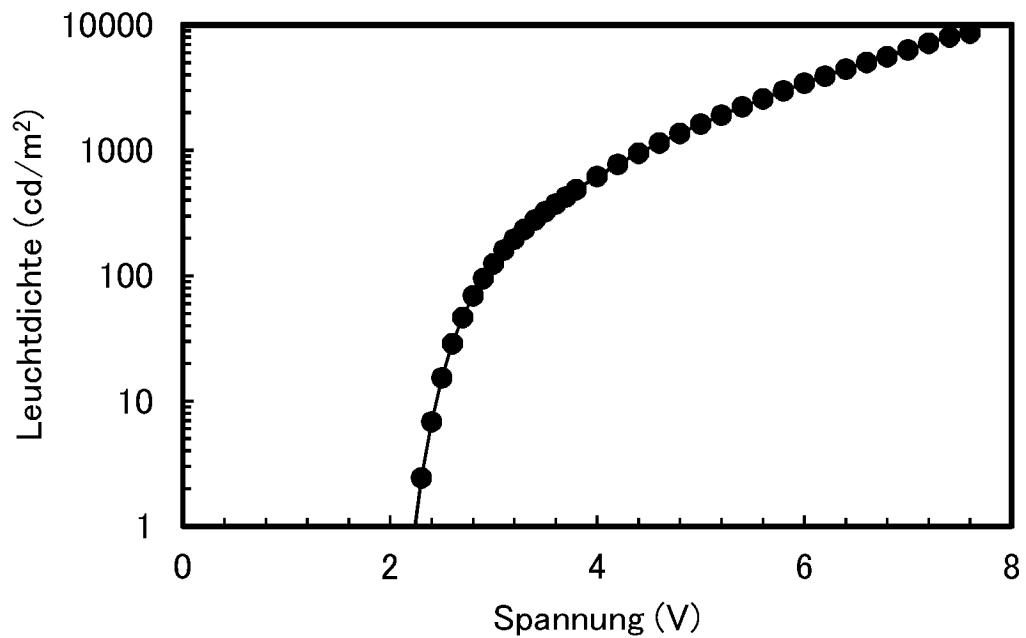


Fig. 52

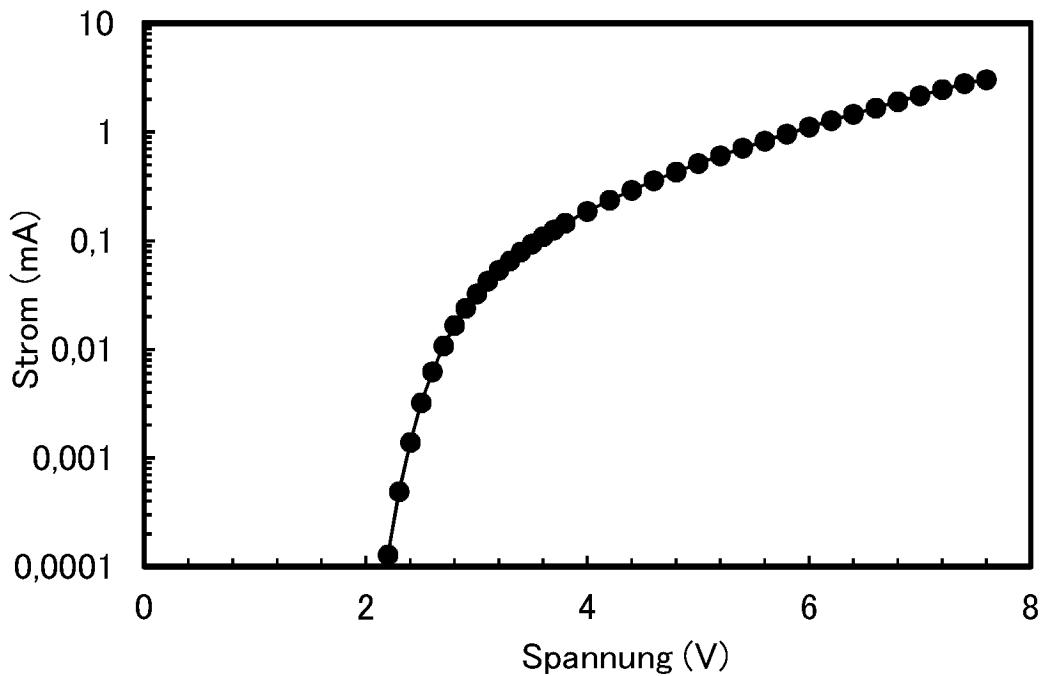


Fig. 53

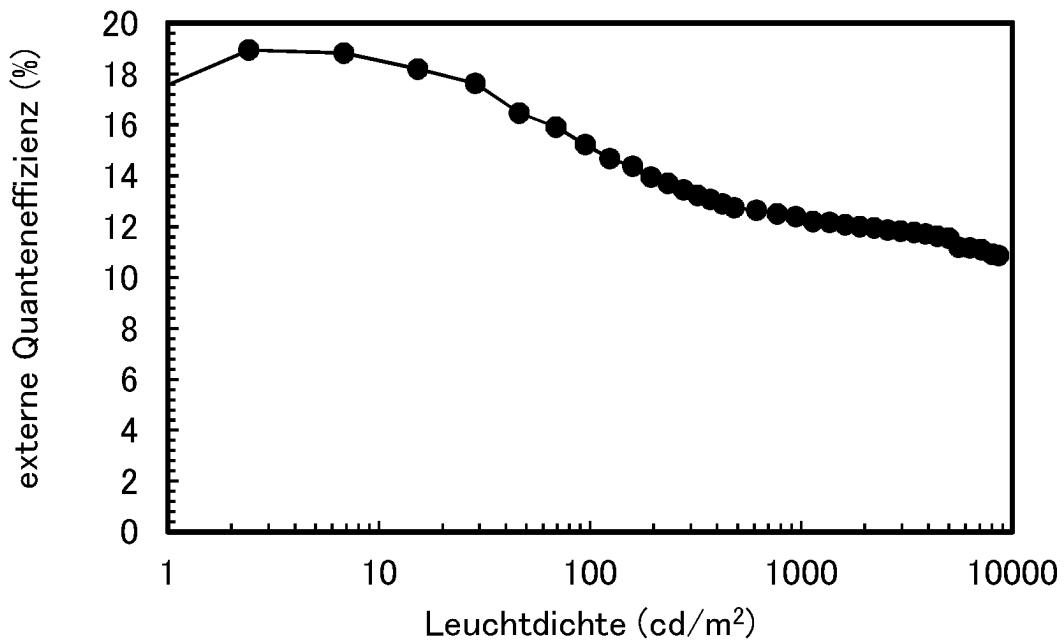


Fig. 54

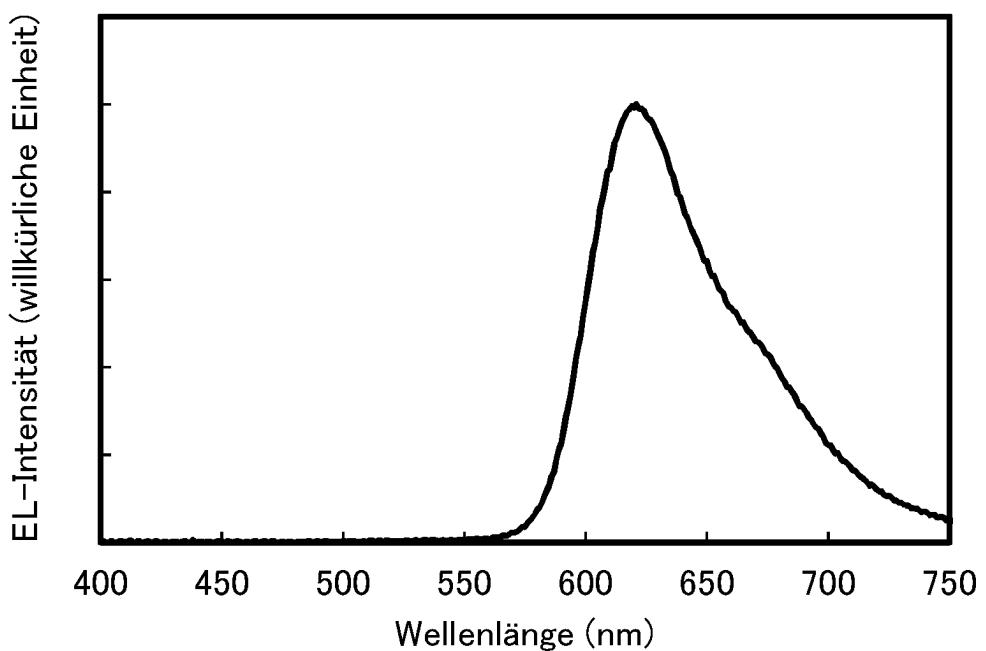


Fig. 55

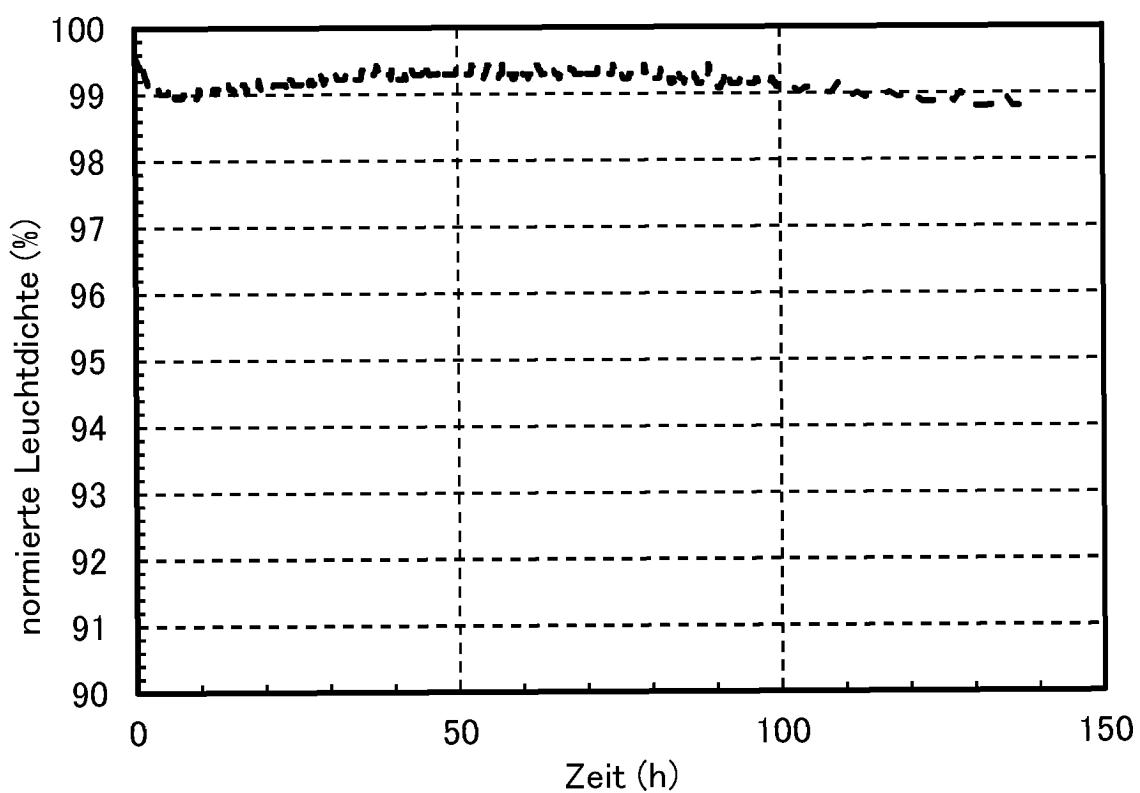


Fig. 56

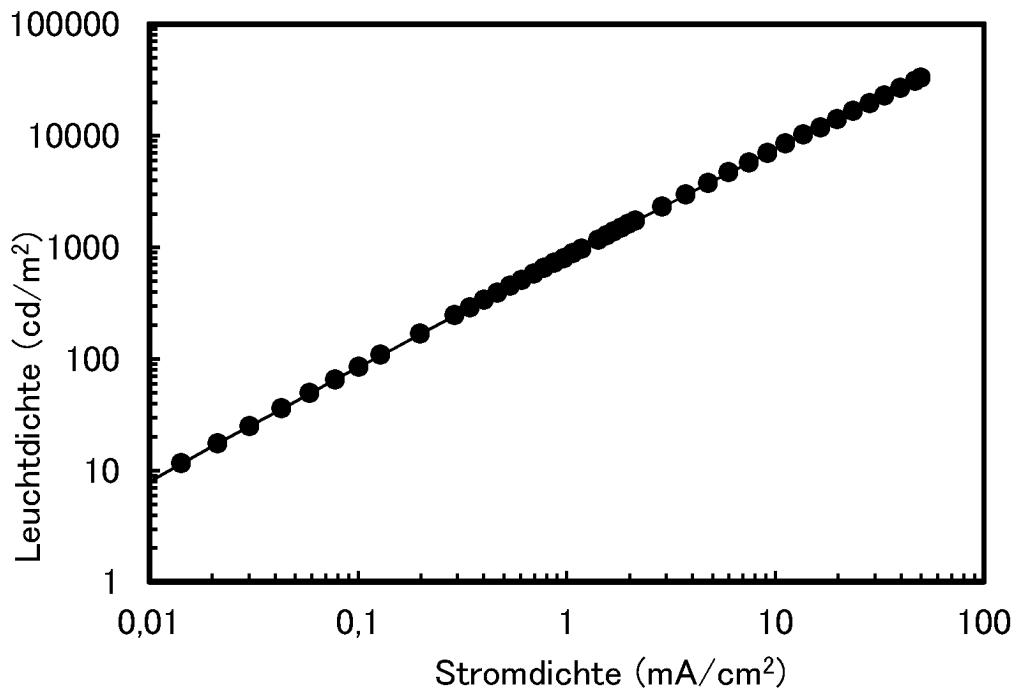


Fig. 57

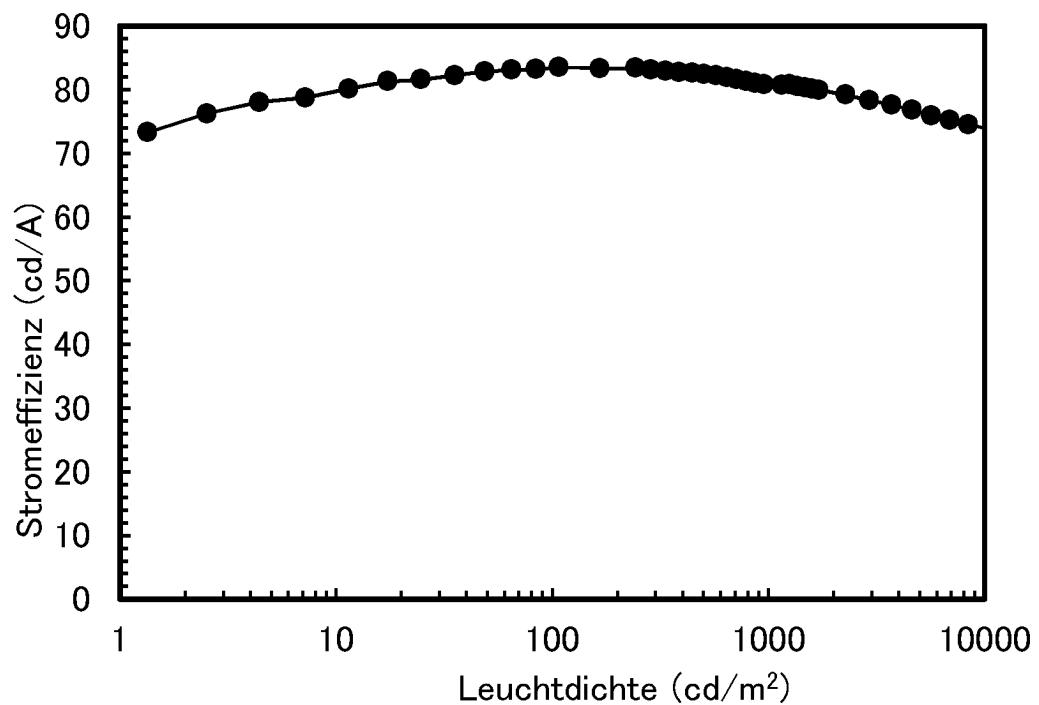


Fig. 58

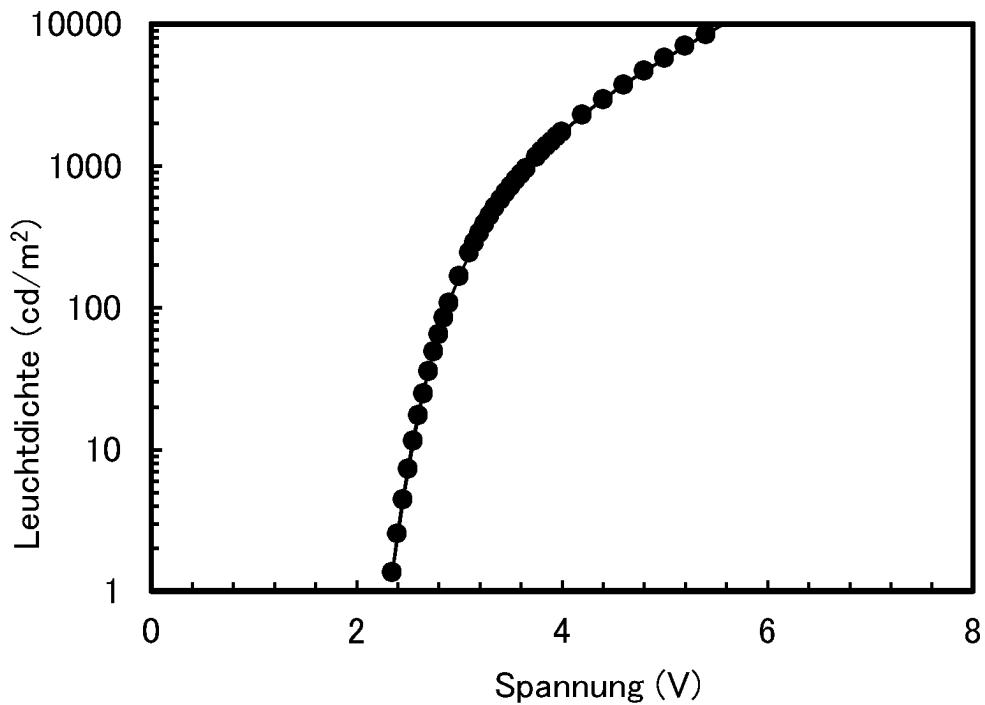


Fig. 59

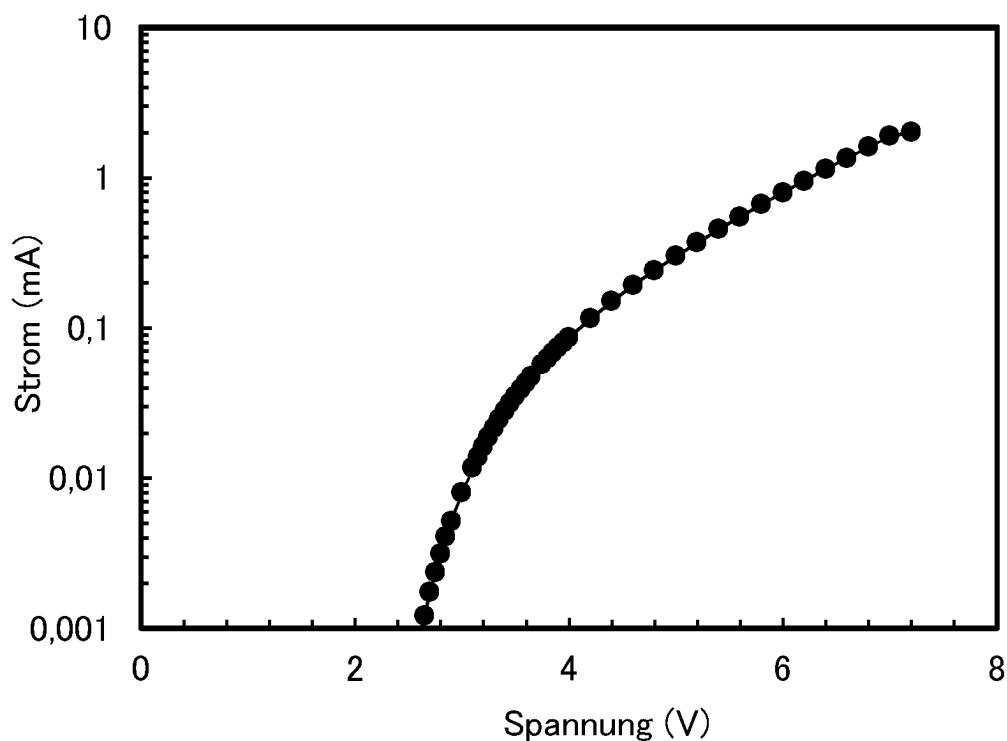


Fig. 60

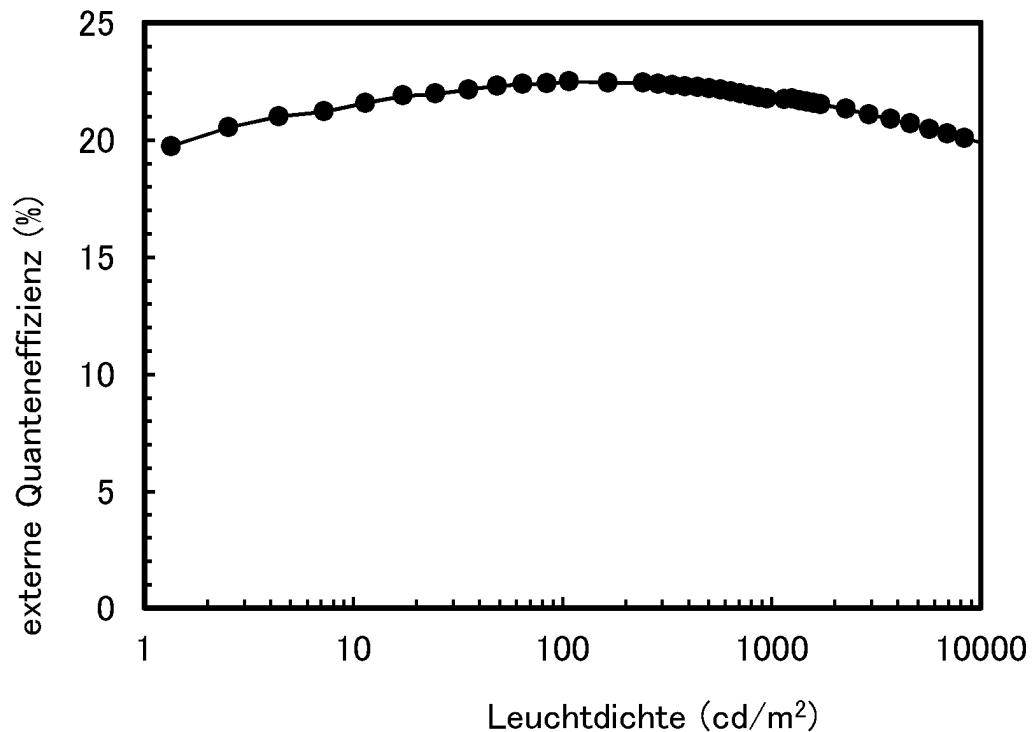


Fig. 61

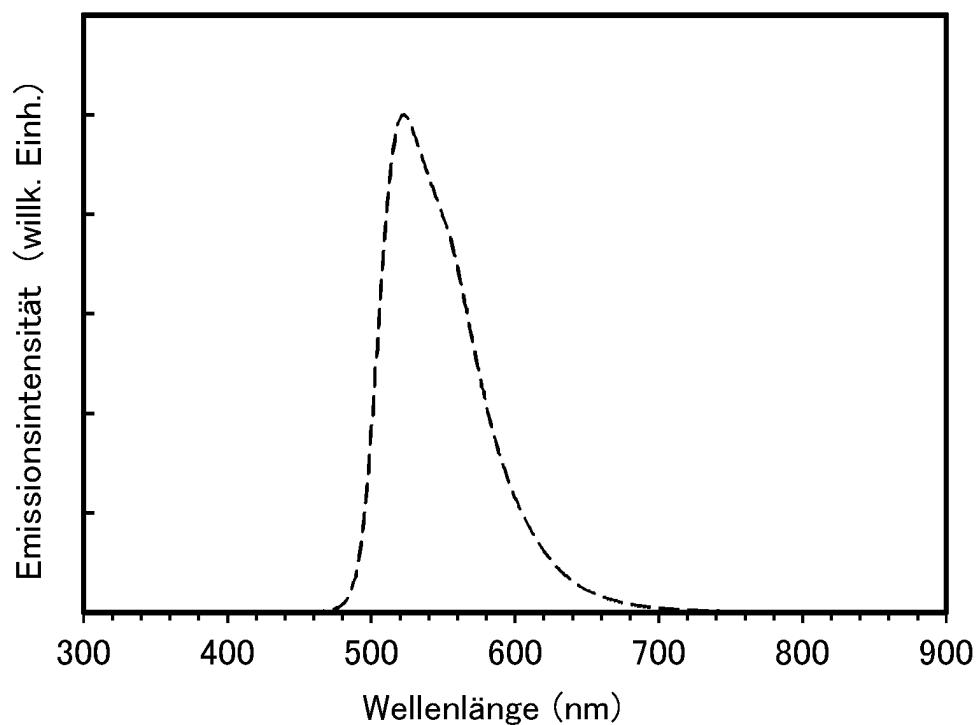


Fig. 62

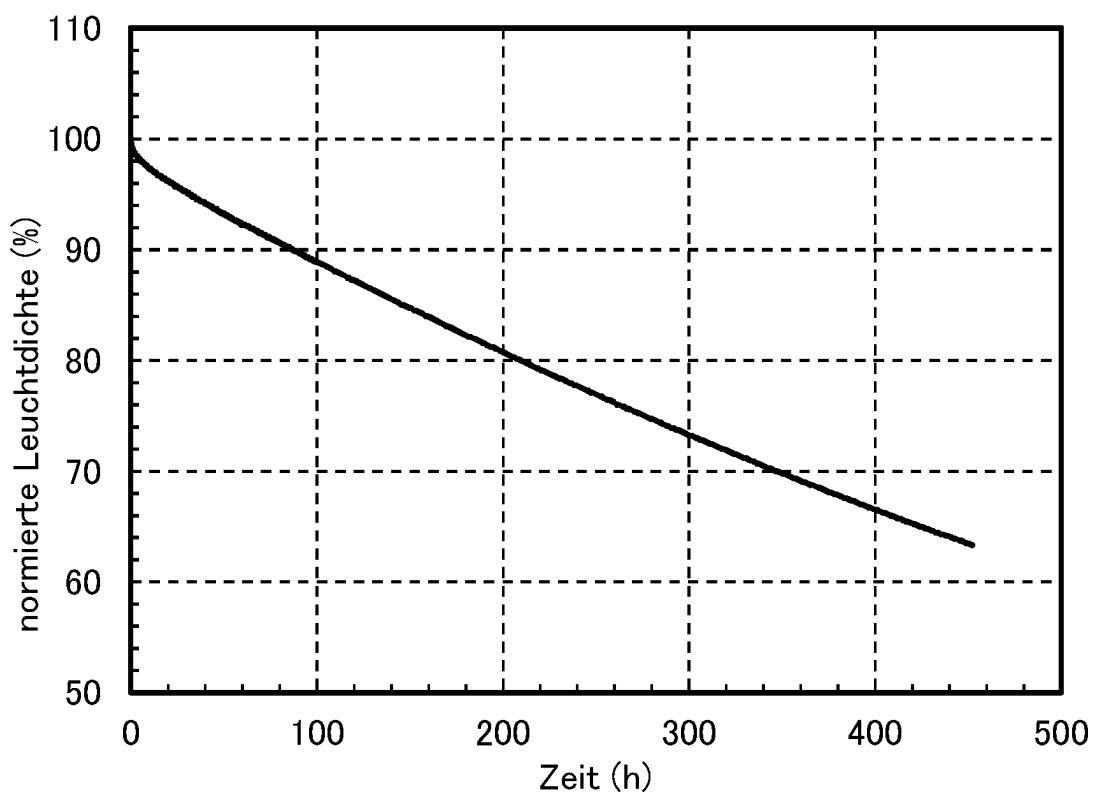


Fig. 63

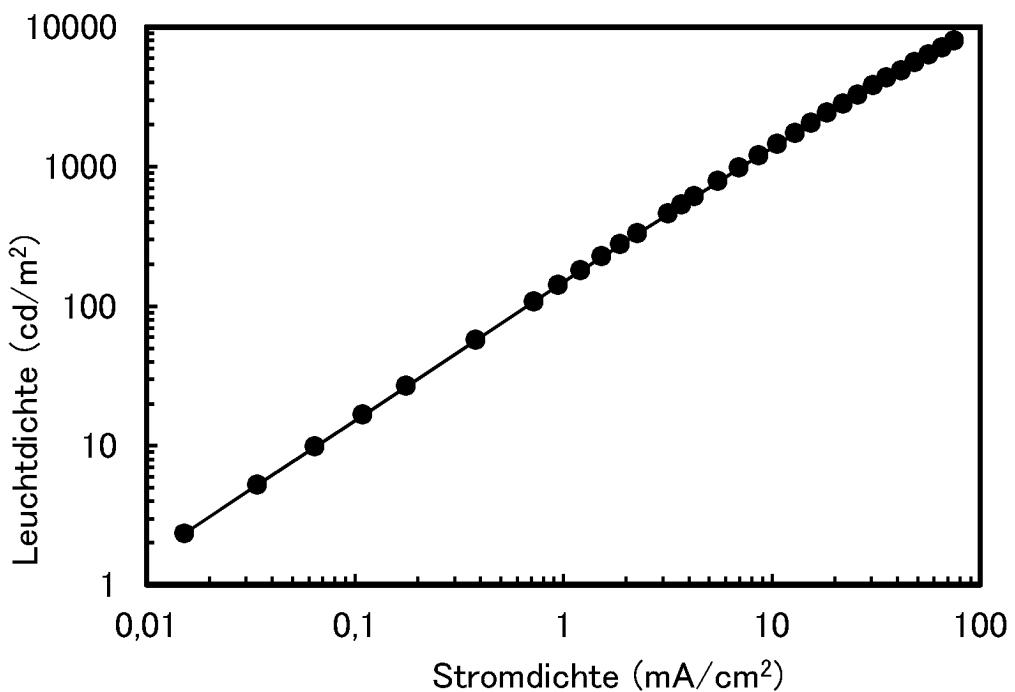


Fig. 64

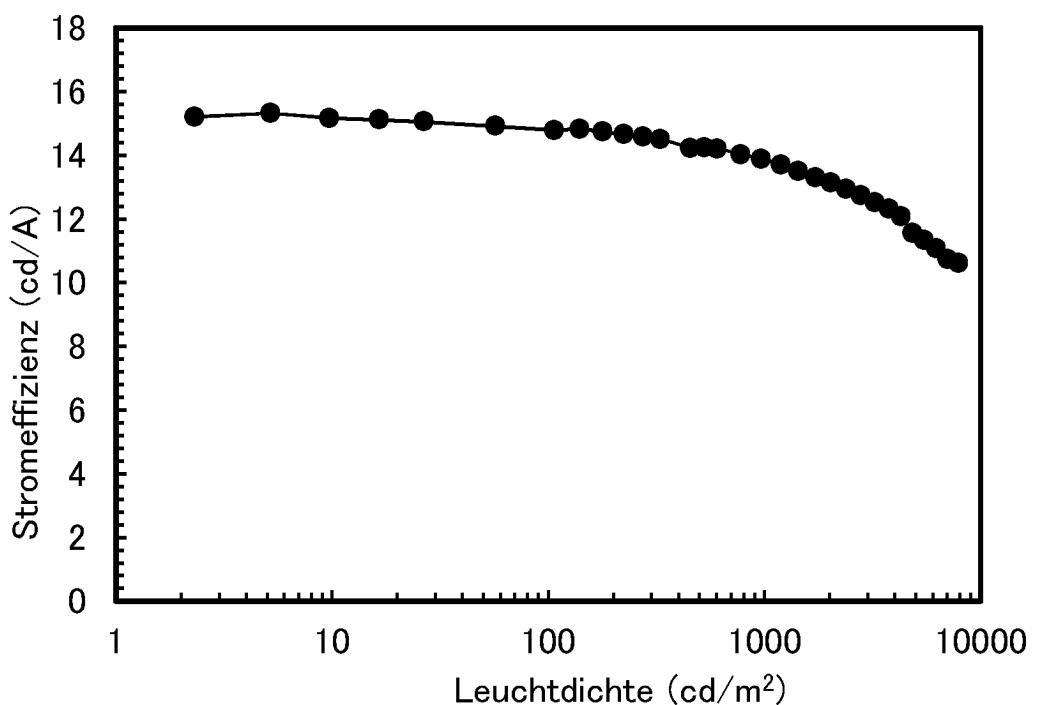


Fig. 65

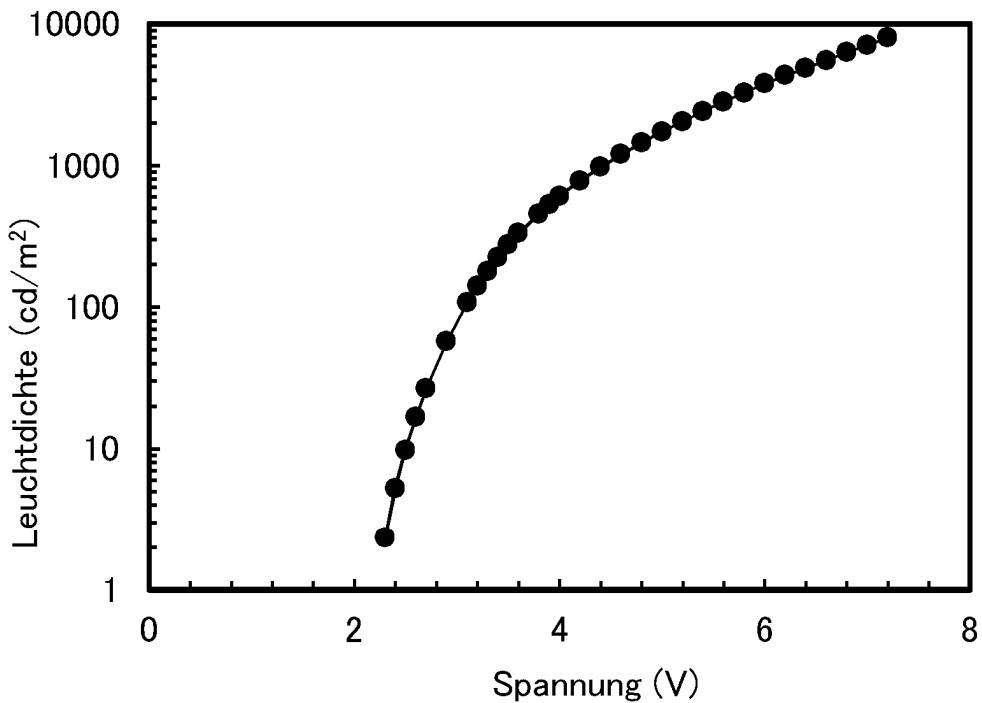


Fig. 66

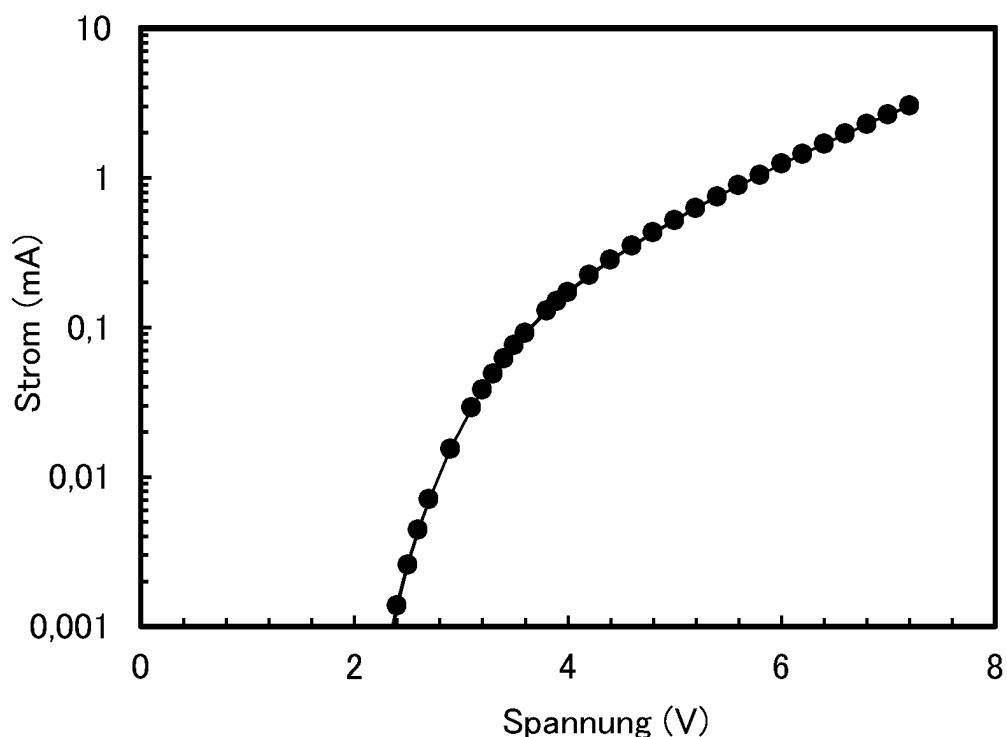


Fig. 67

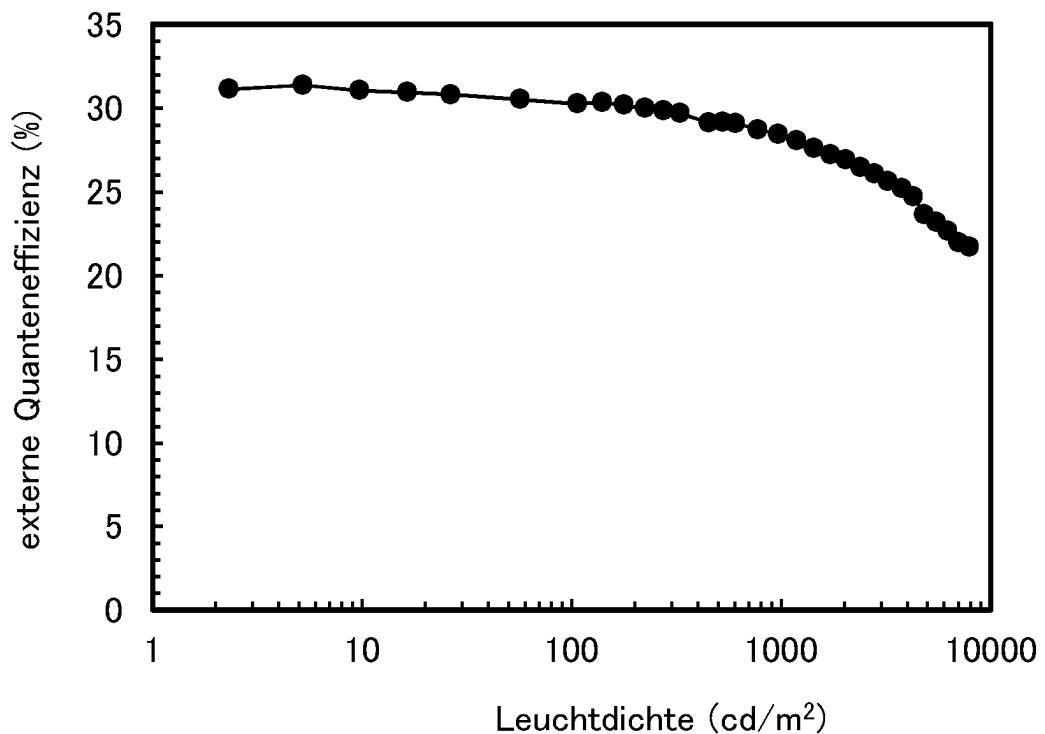


Fig. 68

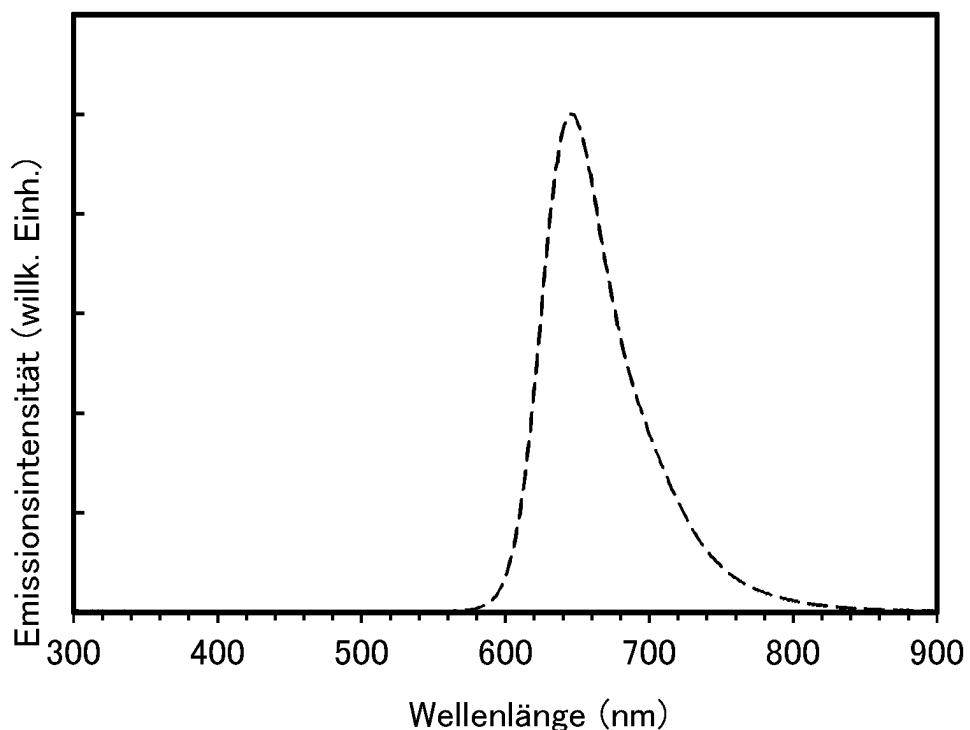


Fig. 69

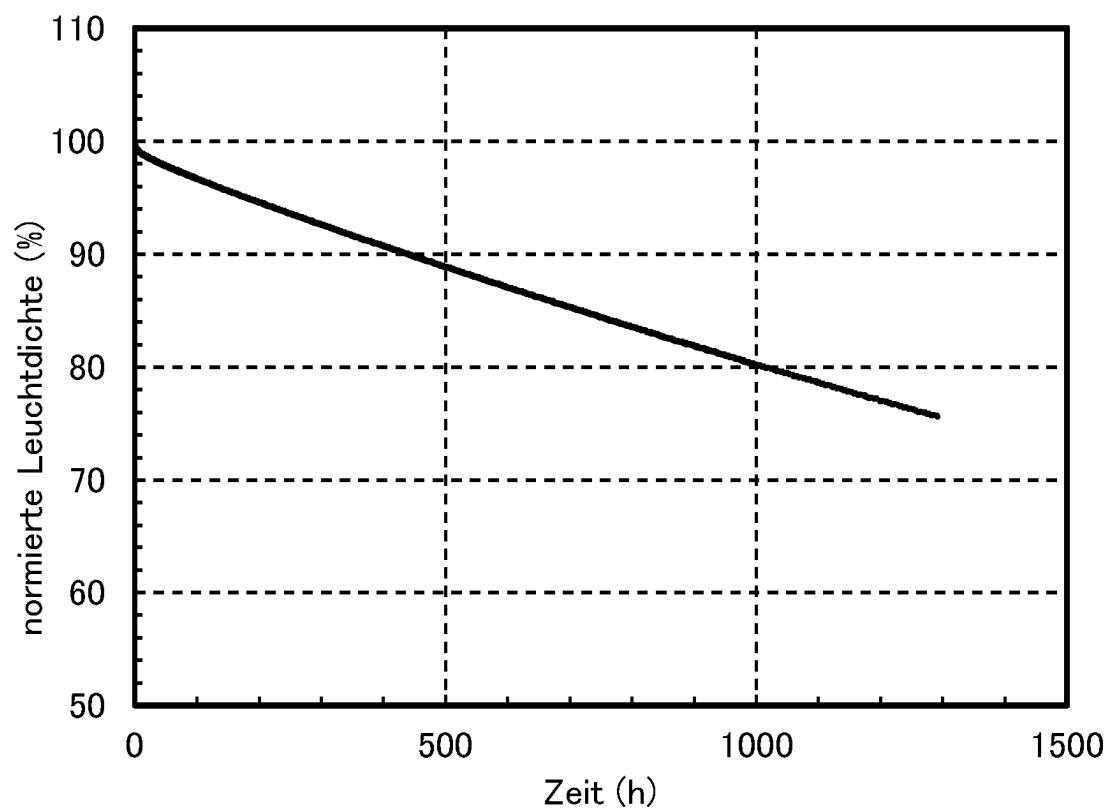


Fig. 70

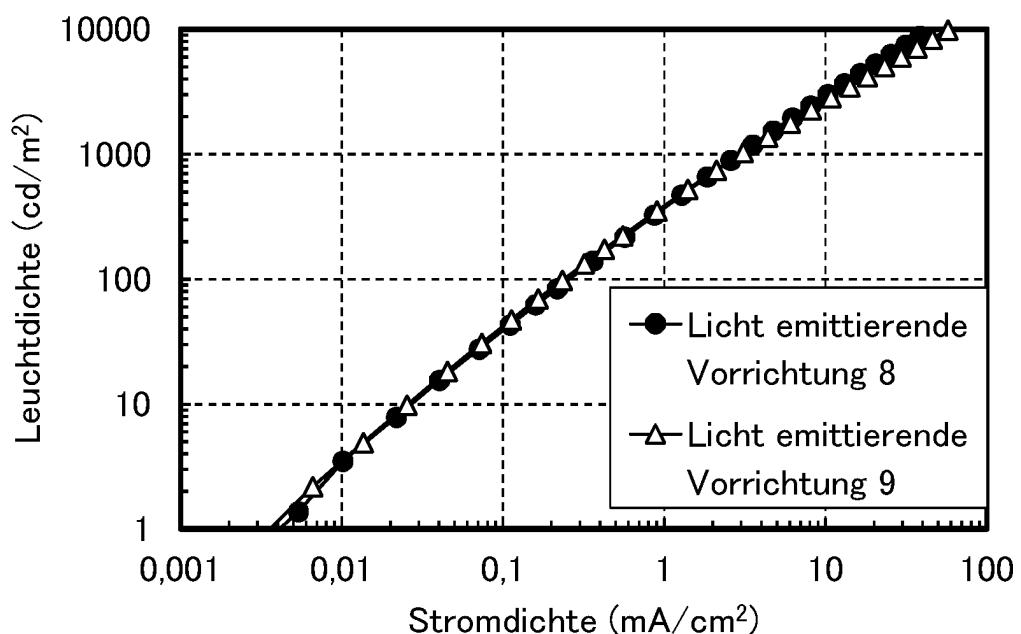


Fig. 71

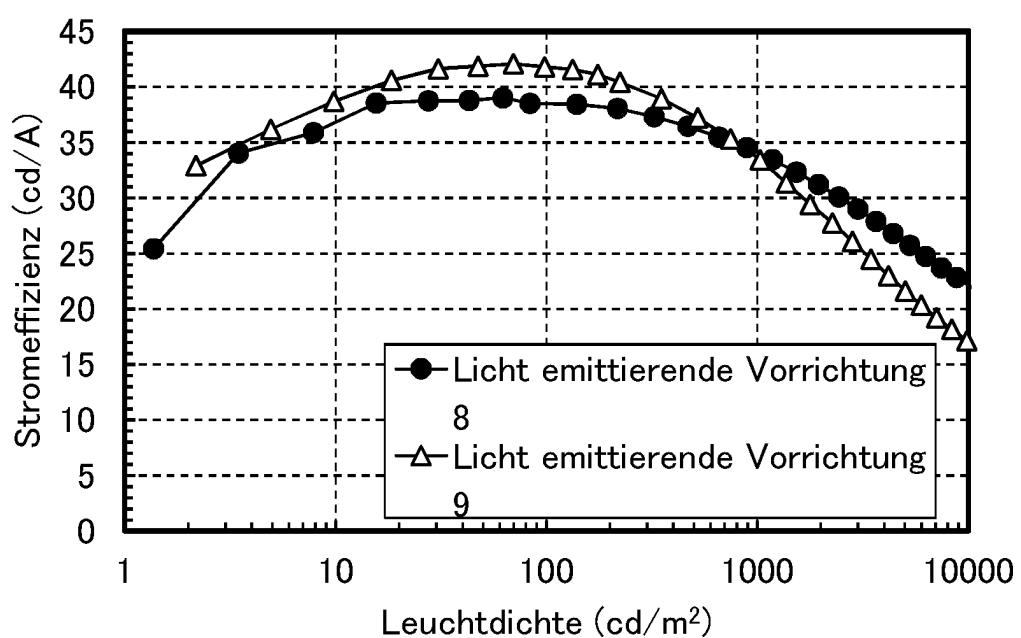


Fig. 72

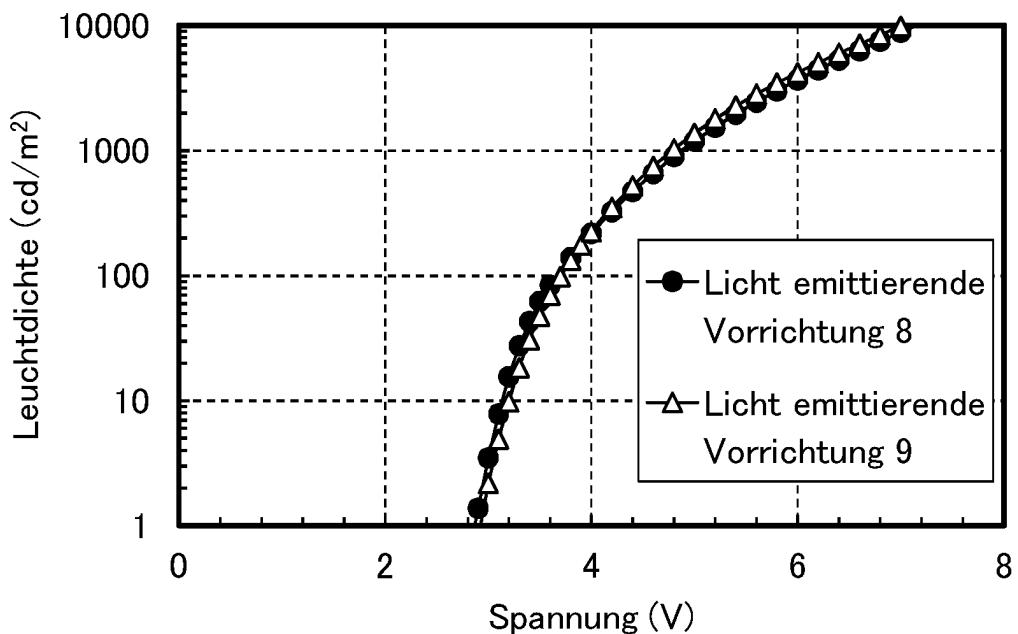


Fig. 73

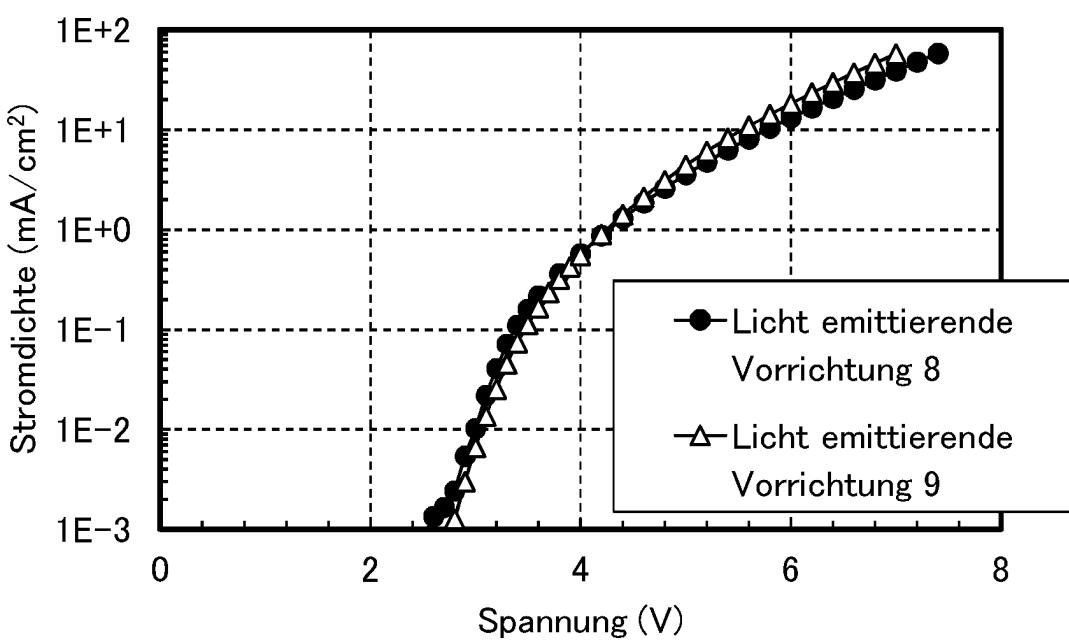


Fig. 74

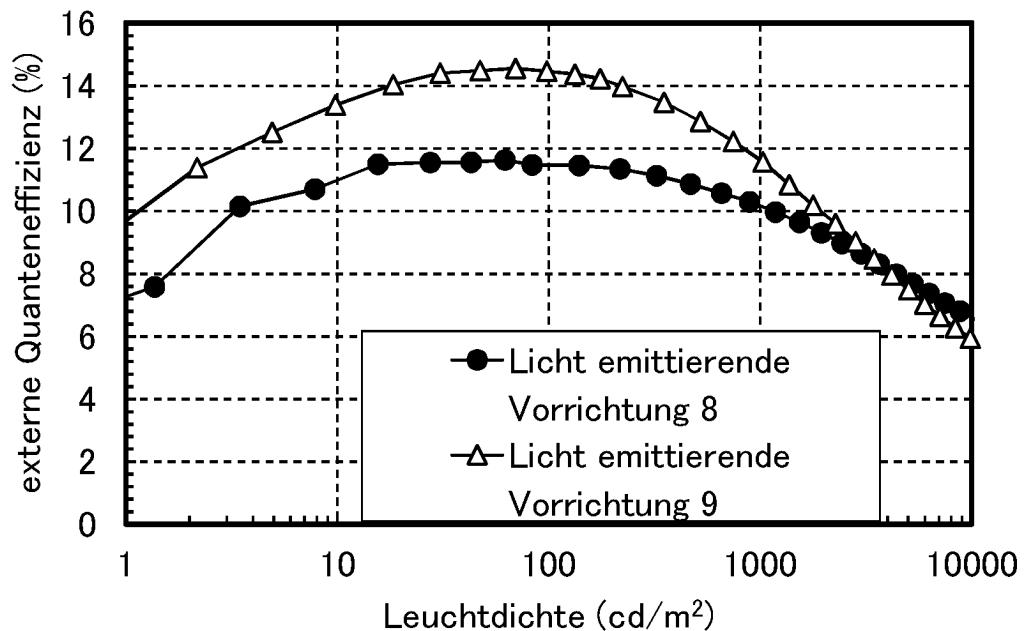


Fig. 75

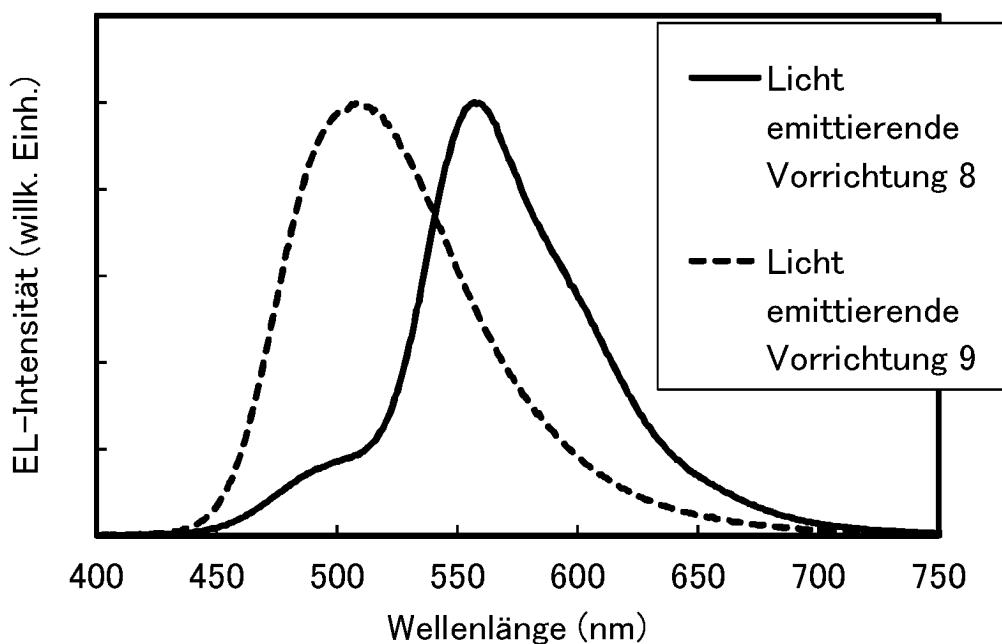


Fig. 76

