



(10) **DE 10 2020 115 543 A1** 2020.12.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 115 543.3**

(22) Anmeldetag: **11.06.2020**

(43) Offenlegungstag: **17.12.2020**

(51) Int Cl.: **H01L 51/54 (2006.01)**
C09K 11/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2019-110831 14.06.2019 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**

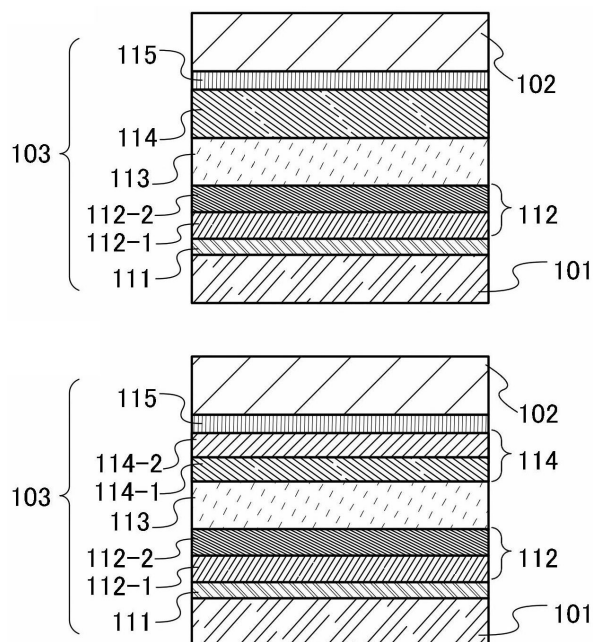
(72) Erfinder:

**Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Seo,
Hiromi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Suzuki,
Kunihiko, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Abe,
Kanta, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Iwaki,
Yuji, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Hashimoto,
Naoaki, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Suzuki,
Tsunenori, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

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

(57) Zusammenfassung: Eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung wird bereitgestellt. Eine Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz wird bereitgestellt. Eine Licht emittierende Vorrichtung mit langer Lebensdauer wird bereitgestellt. Eine Licht emittierende Vorrichtung mit niedriger Betriebsspannung wird bereitgestellt. Die Licht emittierende Vorrichtung umfasst eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode. Die EL-Schicht umfasst eine Lochinjektionsschicht, eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht. Die Lochinjektionsschicht ist zwischen der Anode und der Licht emittierenden Schicht positioniert. Die Elektronentransportschicht ist zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode positioniert. Die Lochinjektionsschicht enthält eine erste Substanz und eine zweite Substanz. Die erste Substanz ist eine organische Verbindung, die eine Lochtransporteigenschaft und ein HOMO-Niveau höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV aufweist. Die zweite Substanz weist bezüglich der ersten Substanz eine Elektronenakzeptoreigenschaft auf. Die Elektronentransportschicht enthält ein Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Licht emittierendes Element, eine Licht emittierende Vorrichtung, ein Anzeigemodul, ein Beleuchtungsmodul, eine Anzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Einrichtung, eine elektronische Vorrichtung 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 Erfindung, die in dieser Beschreibung und dergleichen offenbart wird, betrifft einen Gegenstand, ein Verfahren oder ein Herstellungsverfahren. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft einen Prozess, eine Maschine, ein Erzeugnis oder eine Zusammensetzung. Insbesondere umfassen Beispiele für das technische Gebiet einer Ausführungsform der in dieser Beschreibung offenbarten vorliegenden Erfindung 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.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Licht emittierende Vorrichtungen (organische EL-Vorrichtungen), die organische Verbindungen umfassen und Elektrolumineszenz (EL) nutzen, kamen in der Praxis vermehrt zum Einsatz. Bei der grundlegenden Struktur von derartigen Licht emittierenden Vorrichtungen ist eine organische Verbindungsschicht, die eine Licht emittierende Substanz enthält (eine EL-Schicht), zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet. Ladungsträger werden durch Anlegen einer Spannung an die Vorrichtung injiziert, und die Rekombinationsenergie der Ladungsträger wird genutzt, wodurch eine Lichtemission von der Licht emittierenden Substanz erhalten werden kann.

[0003] Derartige Licht emittierende Vorrichtungen sind selbstleuchtend und daher weisen sie, wenn sie als Pixel einer Anzeige verwendet werden, gegenüber Flüssigkristallanzeigen beispielsweise die folgenden Vorteile, wie z. B. eine hohe Sichtbarkeit und keinen Bedarf an einer Hintergrundbeleuchtung, auf und sie sind als Flachbildschirmanzeigevorrichtungen geeignet. 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 derartiger 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 ebenfalls ein großes Potential als planare Lichtquellen, die für Beleuchtungsvorrichtungen und dergleichen verwendet werden können.

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

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

[0007] Obwohl sich die Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen erheblich 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

Zusammenfassung 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, eine elektronische Vorrichtung und eine Anzeigevorrichtung bereitzustellen, die jeweils eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Licht emittierende Einrichtung, eine elektronische Vorrichtung und eine Anzeigevorrichtung bereitzustellen, die 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 umfasst. Die EL-Schicht umfasst eine Lochinjektionsschicht, eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht. Die Lochinjektionsschicht ist zwischen der Anode und der Licht emittierenden Schicht positioniert. Die Elektronentransportschicht ist zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode positioniert. Die Lochinjektionsschicht enthält eine erste Substanz und eine zweite Substanz. Die erste Substanz ist eine organische Verbindung, die eine Lochtransporteigenschaft und ein HOMO-Niveau höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV aufweist. Die zweite Substanz weist bezüglich der ersten Substanz eine Elektronenakzeptoreigenschaft auf. Die Elektronentransportschicht enthält ein Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt.

[0013] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthält.

[0014] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, eine organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft und einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthält.

[0015] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls einen Cluster bildet.

[0016] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ein Metallkomplex ist, der einen Liganden, der Stickstoff und Sauerstoff enthält, und ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall umfasst.

[0017] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ein Metallkomplex ist, der ein einwertiges Metallion und einen Liganden mit einer 8-Hydroxychinolinato-Struktur umfasst.

[0018] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ein Lithiumkomplex ist, der einen Liganden mit einer 8-Hydroxychinolinato-Struktur umfasst.

[0019] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die Elektronentransportschicht eine erste Schicht und eine zweite Schicht umfasst. Die erste Schicht ist zwischen der Licht emittierenden Schicht und der zweiten Schicht positioniert. Die zweite Schicht ist zwischen der ersten Schicht und der Kathode positioniert. Die Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls in der ersten Schicht unterscheidet sich von derjenigen in der zweiten Schicht.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls in der ersten Schicht höher ist als diejenige in der zweiten Schicht.

[0021] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die zweite Substanz eine organische Verbindung ist.

[0022] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur, bei der die Licht emittierende Schicht ein Wirtsmaterial und eine Licht emittierende Substanz enthält. Die Licht emittierende Substanz emittiert eine blaue Fluoreszenz.

[0023] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine elektronische Vorrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur und einen Sensor, einen Bedienknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon umfasst.

[0024] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Einrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur und einen Transistor oder ein Substrat umfasst.

[0025] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Beleuchtungsvorrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur und ein Gehäuse umfasst.

[0026] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einrichtung in dieser Beschreibung in der Kategorie eine Bildanzeigevorrichtung umfasst, die eine Licht emittierende Vorrichtung verwendet. Die Licht emittierende Einrichtung kann ein 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, ein Modul, bei dem eine gedruckte Leiterplatte am Ende eines TCP bereitgestellt ist, und ein Modul umfassen, 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.

[0027] 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. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Vorrichtung mit niedriger Betriebsspannung bereitstellen.

[0028] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Einrichtung, eine elektronische Vorrichtung und eine Anzeigevorrichtung bereitstellen, die jeweils eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Einrichtung, eine elektronische Vorrichtung und eine Anzeigevorrichtung bereitstellen, die jeweils einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

[0029] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung der Effekte dem Vorhandensein weiterer Effekte nicht im Wege steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzielt nicht notwendigerweise sämtliche der vorstehend aufgeführten Effekte. Weitere Effekte werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

Figurenliste

[0030] In den begleitenden Zeichnungen:

Fig. 1A1, Fig. 1A2, Fig. 1B und **Fig. 1C** sind schematische Ansichten von Licht emittierenden Vorrichtungen;

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

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

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

Fig. 5A und **Fig. 5B** sind konzeptuelle Diagramme einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

Fig. 6 ist ein konzeptuelles Diagramm einer Licht emittierenden Aktiv-Matrix-Einrichtung;

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

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

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

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

Fig. 11 stellt eine Beleuchtungsanordnung dar;

Fig. 12 stellt eine Beleuchtungsanordnung dar;

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

Fig. 14A und **Fig. 14B** stellen eine elektronische Vorrichtung dar;

Fig. 15A bis **Fig. 15C** stellen eine elektronische Vorrichtung dar;

Fig. 16 zeigt ein Beispiel für den Z-Plot einer Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 17 zeigt ein Beispiel für den M-Plot einer Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 18 zeigt eine Ersatzschaltung der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 19 zeigt die Widerstandswerte vor und nach dem Betrieb für jeden der Widerstände der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 20 ist ein Graph, der eine Änderung der Leuchtdichte über die Betriebsdauer der Licht emittierenden Vorrichtung **1** und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung **1** zeigt;

Fig. 21A und **Fig. 21B** zeigen die Z-Plots der Licht emittierenden Vorrichtung **1** und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung **1**;

Fig. 22 ist ein Graph, der eine Änderung der Spannung über die Betriebsdauer der Licht emittierenden Vorrichtung **1** und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung **1** zeigt;

Fig. 23 zeigt den M-Plot der Licht emittierenden Vorrichtung **1**;

Fig. 24A zeigt die M-Plots der Licht emittierenden Vorrichtungen **2** bis **5** und **Fig. 24B** zeigt den Widerstandswert für jeden Widerstand vor und nach dem Betrieb;

Fig. 25A zeigt die M-Plots der Licht emittierenden Vorrichtungen **2**, **6** und **7** und **Fig. 25B** zeigt den Widerstandswert für jeden Widerstand vor und nach dem Betrieb;

Fig. 26A zeigt die M-Plots der Licht emittierenden Vorrichtungen **2** und **8** und **Fig. 26B** zeigt den Widerstandswert für jeden Widerstand vor und nach dem Betrieb;

Fig. 27 zeigt die stabilisierte Energie pro Molekül in einem Multimer von Liq;

Fig. 28 zeigt eine Messvorrichtung;

Fig. 29 zeigt die berechneten Frequenzeigenschaften der Kapazität C, wenn eine Gleichspannung 7,0 V ist und ein Verhältnis von ZADN zu Liq 1:1 ist;

Fig. 30 zeigt die Frequenzeigenschaften von $-\Delta B$, wenn eine Gleichspannung 7,0 V ist und ein Verhältnis von ZADN zu Liq 1:1 ist;

Fig. 31 zeigt die Abhängigkeit der Elektronenmobilität von der elektrischen Feldstärke von organischen Verbindungen; und

Fig. 32A1, Fig. 32A2, Fig. 32B1 und Fig. 32B2 zeigen jeweils die Konzentrationsverteilung einer achten Substanz in einer Elektronentransportschicht.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0031] 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)

[0032] **Fig. 1A1 und Fig. 1A2** stellen jeweils eine Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst 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**. Es ist vorzuziehen, dass die Lochtransportschicht **112** eine erste Lochtransportschicht **112-1** und eine zweite Lochtransportschicht **112-2** umfasst und dass die Elektronentransportschicht **114** eine erste Elektronentransportschicht **114-1** und eine zweite Elektronentransportschicht **114-2** umfasst, wie in **Fig. 1A2** dargestellt.

[0033] Obwohl **Fig. 1A1 und Fig. 1A2** jeweils zusätzlich eine Elektroneninjectionsschicht **115** in der EL-Schicht **103** darstellen, 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.

[0034] Die Lochinjektionsschicht **111** ermöglicht eine einfache Injektion von Löchern in die EL-Schicht **103** und wird unter Verwendung eines Materials mit einer hohen Lochinjektionseigenschaft ausgebildet. Die Lochinjektionsschicht **111** enthält eine erste Substanz und eine zweite Substanz. Die erste Substanz ist eine organische Verbindung, die eine Lochtransporteigenschaft und ein relativ tiefes HOMO-Niveau höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV aufweist. Die zweite Substanz weist bezüglich der ersten Substanz eine Elektronenakzeptoreigenschaft auf. Die erste Substanz mit einem relativ tiefen HOMO-Niveau verhindert in geeigneter Weise eine Induktion von Löchern und vereinfacht eine Injektion der induzierten Löcher in die Lochtransportschicht **112**. Die Lochinjektionsschicht **111** mit einer derartigen Struktur ermöglicht die Herstellung der Licht emittierenden Vorrichtung, bei der sich in der anfänglichen Betriebsphase ein Ladungsträgerrekombinationsbereich in der Licht emittierenden Schicht bis zu der Elektronentransportschicht erstreckt.

[0035] Die zweite Substanz kann entweder eine anorganische Verbindung oder eine organische Verbindung sein; beispielsweise wird vorzugsweise eine organische Verbindung mit einer elektronenziehenden Gruppe (insbesondere einer Cyano-Gruppe oder einer Halogen-Gruppe, wie z. B. einer Fluor-Gruppe) verwendet. Als zweite Substanz wird eine Substanz, die bezüglich der ersten Substanz eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, aus derartigen Substanzen angemessen ausgewählt. Beispiele für derartige organische Verbindungen umfassen 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (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-Hexafluortetracyanonaphthochinodimethan (Abkürzung: F₆-TCNNQ) und 2-(7-Dicyanomethylen-1,3,4,5,6,8,9,10-octafluor-7H-pyren-2-yliden)malononitril. Eine Verbindung, in der elektronenziehende Gruppen an einen kondensierten aromatischen Ring mit einer Vielzahl von Heteroatomen gebunden sind, wie z. B. HAT-CN, wird bevorzugt, da sie thermisch stabil ist. Ein [3]Radialen-Derivat, das eine elektronenziehende Gruppe (insbesondere eine Cyano-Gruppe oder eine Halogen-Gruppe, wie z. B. eine Fluor-Gruppe) umfasst, weist eine sehr hohe Elektronenakzeptoreigenschaft auf und wird somit bevorzugt. Spezifische Beispiele umfassen α,α',α'' -1,2,3-Cyclopropantriyliidentris[4-cyano-2,3,5,6-tetrafluorbenzolacetonitril], α,α',α'' -1,2,3-Cyclopropantriyliidentris[2,6-dichlor-3,5-difluor-4-(trifluormethyl)benzolacetonitril] und α,α',α'' -1,2,3-Cyclopropantriyliidentris[2,3,4,5,6-pentafluorbenzolacetonitril]. In dem Fall, in dem die zweite Substanz eine anorganische Verbindung ist, kann ein Übergangs-

metalloxid verwendet werden. Insbesondere wird ein Oxid eines Metalls der Gruppen 4 bis 8 des Periodensystems bevorzugt. Als Oxid eines Metalls der Gruppen 4 bis 8 des Periodensystems werden Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid, Rheniumoxid oder dergleichen aufgrund ihrer hohen Elektronenakzeptoreigenschaft bevorzugt verwendet. Unter diesen Oxiden wird Molybdänoxid besonders bevorzugt, da es an der Luft stabil ist, eine geringe hygroskopische Eigenschaft aufweist und leicht gehandhabt werden kann.

[0036] Die erste Substanz ist vorzugsweise eine organische Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und weist bevorzugter ein Carbazol-Gerüst, ein Dibenzofuran-Gerüst, ein Dibenzothiophen-Gerüst oder ein Anthracen-Gerüst auf. Insbesondere werden ein aromatisches Amin, das einen Substituenten aufweist, der einen Dibenzofuran-Ring oder einen Dibenzothiophen-Ring umfasst, oder ein aromatisches Monoamin, das einen Naphthalin-Ring umfasst, und ein aromatisches Monoamin, in dem eine 9-Fluorenyl-Gruppe über eine Arylen-Gruppe an Stickstoff desamins gebunden ist, bevorzugt. Es sei angemerkt, dass die erste Substanz 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 erste Substanz umfassen N-(4-Biphenyl)-6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BnfABP), N,N-Bis(4-biphenyl)-6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf), 4,4'-Bis(6-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-yl)-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: BnfBB1BP), N,N-Bis(4-biphenyl)benzo[b]naphtho[1,2-d]furan-6-amin (Abkürzung: BBABnf(6)), N,N-Bis(4-biphenyl)benzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-amin (Abkürzung: BBABnf(8)), N,N-Bis(4-biphenyl)benzo[b]naphtho[2,3-d]furan-4-amin (Abkürzung: BBABnf(II)(4)), N,N-Bis[4-(dibenzofuran-4-yl)phenyl]-4-amino-p-terphenyl (Abkürzung: DBfBB1TP), N-[4-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-N-phenyl-4-biphenylamin (Abkürzung: ThBA1BP), 4-(2-Naphthyl)-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAßNB), 4-[4-(2-Naphthyl)phenyl]-4',4"-diphenyltriphenylamin (Abkürzung: BBAßNBi), 4,4'-Diphenyl-4"-(6;1'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBAaßNB), 4,4'-Diphenyl-4"-(7;1'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBAaßNB-03), 4,4'-Diphenyl-4"-(7-phenyl)naphthyl-2-yltriphenylamin (Abkürzung: BBAPßNB-03), 4,4'-Diphenyl-4"-(6;2'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBA(ßN2)B), 4,4'-Diphenyl-4"-(7;2'-binaphthyl-2-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBA(ßN2)B-03), 4,4'-Diphenyl-4"-(4;2'-binaphthyl-1-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBAßNaNB), 4,4'-Diphenyl-4"-(5;2'-binaphthyl-1-yl)triphenylamin (Abkürzung: BBAßNaNB-02), 4-(4-Biphenyl)-4'-(2-naphthyl)-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiAßNB), 4-(3-Biphenyl)-4'-(4-(2-naphthyl)phenyl)-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: mTPBiAßNBi), 4-(4-Biphenyl)-4'-(4-(2-naphthyl)phenyl)-4"-phenyltriphenylamin (Abkürzung: TPBiAßNBi), 4-Phenyl-4'-(1-naphthyl)triphenylamin (Abkürzung: aNBA1BP), 4,4'-Bis(1-naphthyl)triphenylamin (Abkürzung: aNBB1BP), 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-Diphenyl-4'-(2-naphthyl)-4"-[9-(4-biphenyl)carbazol]triphenylamin (Abkürzung: YGTBißNB), N-[4-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-N-[4-(1-naphthyl)phenyl]-9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-amin (Abkürzung: PCBNBSF), N,N-Bis(4-biphenyl)-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-(dibenzofuran-4-yl)-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: FrBiF), N-[4-(1-Naphthyl)phenyl]-N-[3-(6-phenyldibenzofuran-4-yl)phenyl]-1-naphthylamin (Abkürzung: mPDBfBNBN), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-Phenyl-3'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: mBPAFLP), 4-Phenyl-4'-(4-(9-phenylfluoren-9-yl)phenyl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLBi), 4-Phenyl-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBA1BP), 4,4'-Diphenyl-4"-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBBi1BP), 4-(1-Naphthyl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBANB), 4,4'-Di(1-naphthyl)-4"-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBNBB), N-Phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]spiro-9,9'-bifluoren-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: PCB-BiF).

[0037] Das Gewichtsverhältnis von der ersten Substanz zu der zweiten Substanz in der Lochinjektionsschicht **111** ist vorzugsweise 1:0,01 bis 1:0,15, bevorzugter 1:0,01 bis 1:0,1.

[0038] Die Lochtransportschicht **112** umfasst vorzugsweise die erste Lochtransportschicht **112-1** und die zweite Lochtransportschicht **112-2**, obwohl sie eine Einzelschicht sein kann. 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 Elektronen blockierende Schicht dient.

[0039] Die erste Lochtransportschicht **112-1** und die zweite Lochtransportschicht **112-2** enthalten jeweils eine organische Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft. Als organische Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft kann die organische Verbindung, die als erste Substanz verwendet werden kann, in ähnlicher

Weise verwendet werden. Es sei angemerkt, dass die erste Lochtransportschicht **112-1** und die zweite Lochtransportschicht **112-2** die gleiche Loch transportierende organische Verbindung oder unterschiedliche Loch transportierende organische Verbindungen beinhalten können. Die Loch transportierende organische Verbindung in der ersten Lochtransportschicht **112-1** und die erste Substanz in der Lochinjektionsschicht **111** können die gleiche organische Verbindung oder unterschiedliche organische Verbindungen sein.

[0040] Materialien für die erste Substanz in der Lochinjektionsschicht **111** und die Loch transportierende organische Verbindung in der ersten Lochtransportschicht **112-1** werden vorzugsweise derart ausgewählt, dass das HOMO-Niveau der Loch transportierenden organischen Verbindung tiefer als dasjenige der ersten Substanz ist und eine Differenz zwischen ihren HOMO-Niveaus kleiner als oder gleich 0,2 eV ist.

[0041] Außerdem ist das HOMO-Niveau der Loch transportierenden organischen Verbindung in der zweiten Lochtransportschicht **112-2** vorzugsweise tiefer als dasjenige der Loch transportierenden organischen Verbindung in der ersten Lochtransportschicht **112-1**, und ihre Materialien werden vorzugsweise derart ausgewählt, dass eine Differenz zwischen den HOMO-Niveaus kleiner als oder gleich 0,2 eV ist. Aufgrund einer derartigen Beziehung zwischen den HOMO-Niveaus der Loch transportierenden organischen Verbindungen, die in der Lochinjektionsschicht **111** bis zu der zweiten Lochtransportschicht **112-2** enthalten sind, werden Löcher in jede Schicht reibungslos injiziert, was eine Erhöhung der Betriebsspannung und einen Mangel von Löchern in der Licht emittierenden Schicht verhindert.

[0042] Die erste Substanz, die in der Lochinjektionsschicht **111** enthalten ist, und die Loch transportierenden organischen Verbindungen, die in der Lochtransportschicht **112** (der ersten Lochtransportschicht **112-1** und der zweiten Lochtransportschicht **112-2**) enthalten sind, weisen jeweils vorzugsweise ein Lochtransportgerüst auf. Als Lochtransportgerüst 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, die in benachbarten Schichten enthalten sind, weisen vorzugsweise das gleiche Lochtransportgerüst auf, wobei in diesem Fall Löcher reibungslos injiziert werden können. Insbesondere wird vorzugsweise ein Dibenzofuran-Gerüst als Lochtransportgerüst verwendet.

[0043] Ferner enthalten benachbarte Schichten vorzugsweise die gleiche organische Verbindung, so dass Löcher reibungsloser injiziert werden können. Insbesondere sind die erste Substanz, die in der Lochinjektionsschicht **111** enthalten ist, und die Loch transportierende organische Verbindung, die in der ersten Lochtransportschicht **112-1** enthalten ist, vorzugsweise das gleiche Material.

[0044] Die Licht emittierende Schicht **113** enthält eine Emissionssubstanz und ein Wirtsmaterial. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht **113** zusätzlich ein weiteres Material enthalten kann, und sie kann eine Schichtanordnung aus zwei Schichten mit unterschiedlichen Zusammensetzungen sein.

[0045] Die Emissionssubstanz kann fluoreszierende Substanzen, phosphoreszierende Substanzen, Substanzen, die eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz (thermally activated delayed fluorescence, TADF) emittieren, oder weitere Emissionssubstanzen sein. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Fall vorteilhafter ist, in dem die Licht emittierende Schicht **113** eine Fluoreszenz, insbesondere eine blaue Fluoreszenz, emittiert.

[0046] Beispiele für das Material, das als fluoreszierende Substanz in der Licht emittierenden Schicht **113** verwendet werden kann, sind wie folgt. Andere fluoreszierende Substanzen können auch verwendet werden.

[0047] Beispiele 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-butylperylene (Abkürzung: TBP), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), N,N''-(2-tert-Butylanthracen-9,10-diyl)-4,1-phenylenebis[N,N,N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin] (Abkürzung: DPABPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(9,10-diphenyl-2-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPAPPA), N,N,N',N',N'',N''',N''''-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysen-2,7,10,15-tetraamin (Abkürzung: DBC1), Cumarin 30, N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,

9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N',9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCABPhA), N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylendiamin (Abkürzung: 2DPABPhA), 9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-N-[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N-phenylanthracen-2-amin (Abkürzung: 2YGABPhA), N,N,9-Triphenylanthracen-9-amin (Abkürzung: DPhAPhA), Cumarin 545T, N,N'-Diphenylchinacridon (Abkürzung: DPQd), Rubren, 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT), 2-(2-{2-[4-(Dimethylamino)phenyl]ethenyl}-6-methyl-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCM2), N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD), 7,14-Diphenyl-N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthren-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-f2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCJTI), 2-{2-tert-Butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCJTB), 2-(2,6-Bis{2-[4-(dimethylamino)phenyl]ethenyl}-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: BisDCM), 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: BisDCJTM), N,N'-Diphenyl-N,N'-(1,6-pyren-diyl)bis[(6-phenylbenzo[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) und 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. 1,6FLPA-Prn, 1,6mMemFLPA-Prn und 1,6BnfAPrn-03, sind wegen ihrer hohen Loch einfangenden Eigenschaften, hohen Emissionseffizienz und hohen Zuverlässigkeit besonders bevorzugt.

[0048] Beispiele für das Material, das in dem Fall verwendet werden kann, in dem eine phosphoreszierende Substanz als Emissionssubstanz in der Licht emittierenden Schicht **113** verwendet wird, sind wie folgt.

[0049] Beispiele umfassen einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-kN²]phenyl-kC}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]); einen metallorganischen 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]); einen metallorganischen 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(dmpimpt-Me)₃]); und einen metallorganischen Iridiumkomplex, in dem ein Phenylpyridin-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C²]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Flr6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C²]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Flrpic), Bis[2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C²]iridium(III)picolinat (Abkürzung: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]) und Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C²]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Flr(acac)). Diese Verbindungen emittieren eine blaue Phosphoreszenz mit einem Emissionspeak bei 440 nm bis 520 nm.

[0050] Weitere Beispiele umfassen einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppm)₃]), Tris(4-tert-butyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)₃]), (Acetylacetonato)bis(6-methyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis[6-(2-norbornyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(nbppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppm)₂(acac)]) und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dppm)₂(acac)]); einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppr-Me)₂(acac)]) und (Acetylacetonato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]); einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(2-phenylpyridinato-N,C²)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(ppy)₃]), Bis(2-phenylpyridinato-N,C²)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(ppy)₂(acac)]), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(bzq)₂(acac)]), Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(bzq)₃]), Tris(2-phenylchinolinato-N,C²)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(pq)₃]) und Bis(2-phenylchinolinato-N,C²)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(pq)₂(acac)]); und einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: [Tb(acac)₃(Phen)]). Diese Verbindungen emittieren hauptsächlich eine grüne Phosphoreszenz mit einem Emissionspeak bei 500 nm bis 600 nm.

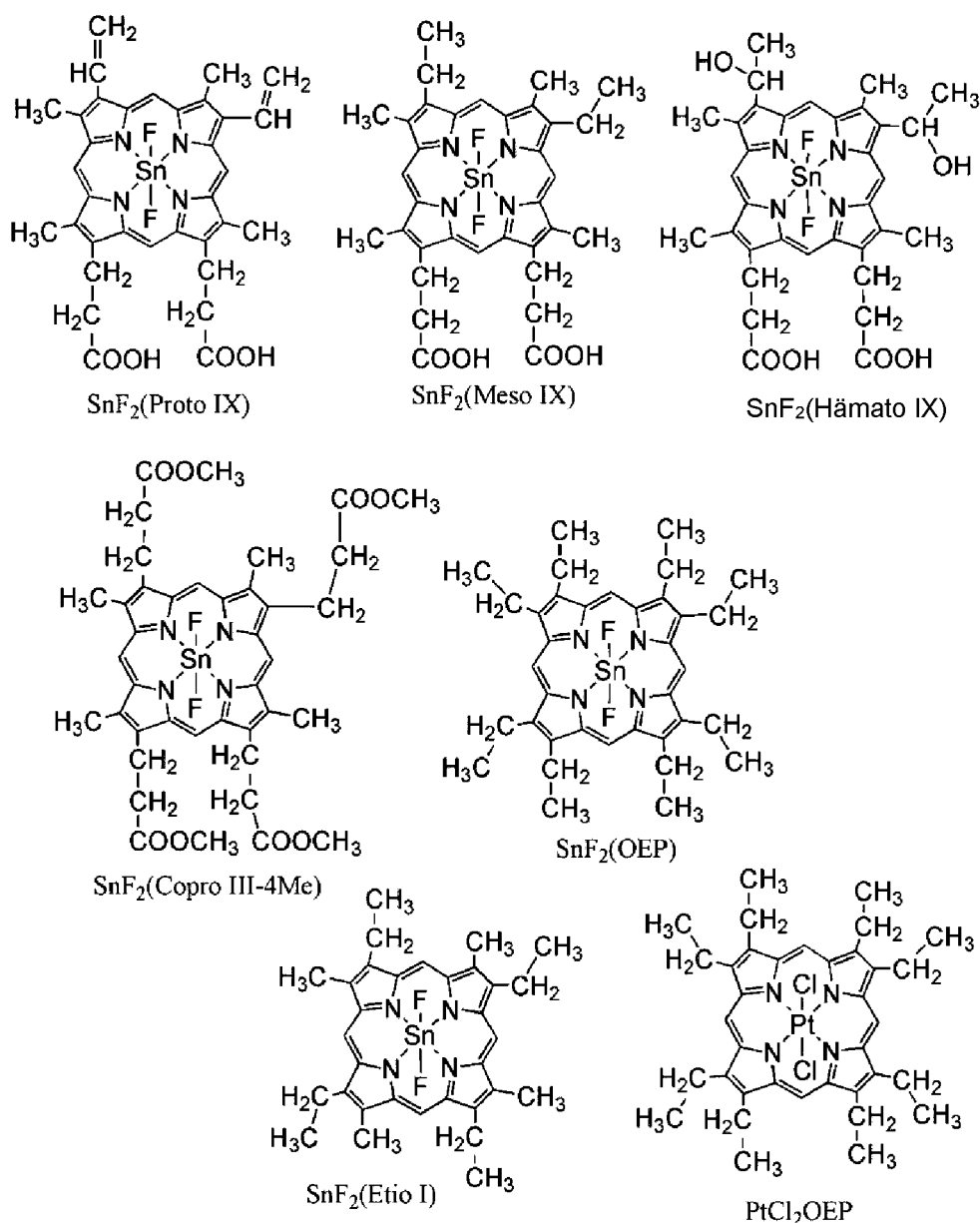
Es sei angemerkt, dass ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem Pyrimidin-Gerüst eine deutlich hohe Zuverlässigkeit und eine deutlich hohe Emissionseffizienz aufweist, und somit wird er besonders bevorzugt.

[0051] Weitere Beispiele umfassen einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. (Diisobutyrylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(5mdppm)₂(dibm)]), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(5mdppm)₂(dpm)] und Bis[4,6-di(naphthalen-1-yl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(d1npm)₂(dpm)]); einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tppr)₂(acac)]), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tppr)₂(dpm)] und (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorophenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Fdpq)₂(acac)]); einen metallorganischen Iridiumkomplex mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(1-phenylisochinolinato-N,C²)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(piq)₃]) und Bis(1-phenylisochinolinato-N,C²)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(piq)₂(acac)]); einen Platinkomplex, wie z. B. 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrinplatin(II) (Abkürzung: PtOEP); und einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: [Eu(DBM)₃(Phen)]) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetato](monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: [Eu(TTA)₃(Phen)]). Diese Verbindungen emittieren eine rote Phosphoreszenz mit einem Emissionspeak bei 600 nm bis 700 nm. Des Weiteren kann ein metallorganischer Iridiumkomplex mit einem Pyrazin-Gerüst rotes Licht mit vorteilhafter Chromatizität emittieren.

[0052] Neben den vorstehenden phosphoreszierenden Verbindungen können auch bekannte phosphoreszierende Substanzen ausgewählt und verwendet werden.

[0053] Beispiele für das TADF-Material umfassen ein Fulleren, ein Derivat davon, ein Acridin, ein Derivat davon und ein Eosin-Derivat. Weitere Beispiele umfassen ein metallhaltiges Porphyrin, wie z. B. ein Porphyrin, das Magnesium (Mg), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Zinn (Sn), Platin (Pt), Indium (In) oder Palladium (Pd) enthält. Beispiele für das metallhaltige Porphyrin umfassen einen Protoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF₂(Proto IX)), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF₂(Meso IX)), einen Hämatoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF₂(Hämato IX)), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (SnF₂(Copro III-4Me)), einen Octaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF₂(OEP)), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (SnF₂(Etiol)) und einen Octaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (PtCl₂OEP), welche durch die folgenden Strukturformeln dargestellt werden.

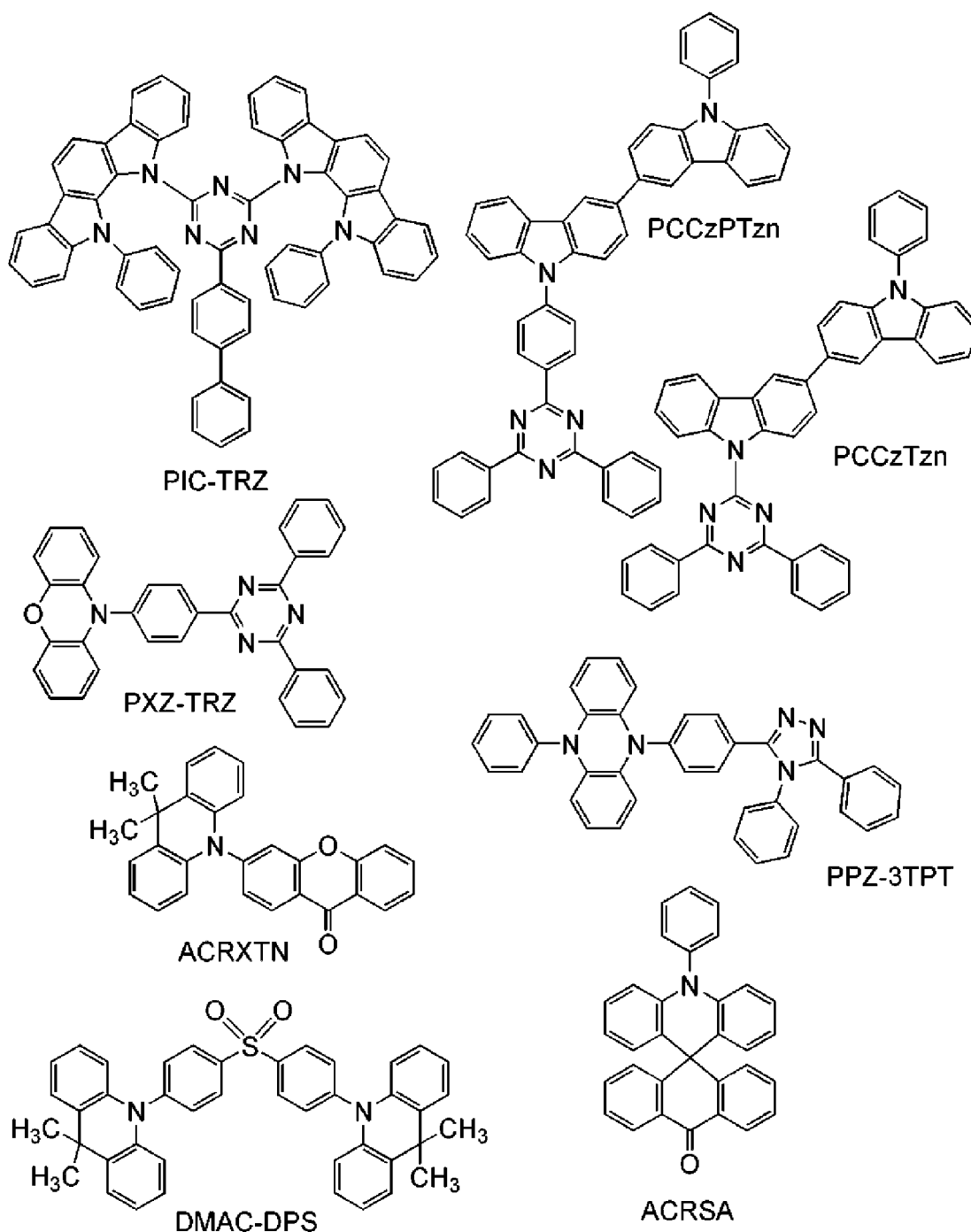
[Chemische Formeln 1]



[0054] 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), 9-[4-[4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl]phenyl]-9'-phenyl-9H,9'H-3,3'-bicarbazol (Abkürzung: PCCzPTzn), 2-[4-(10/-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 oder ein Pyridazin-Gerüst) und ein Triazin-Gerüst aufgrund ihrer hohen Stabilität und hohen Zuverlässigkeit bevorzugt. Insbesondere werden ein Benzofuopyrimidin-Gerüst, ein Benzothienopyrimidin-Gerüst, ein Benzofuopyrazin-Gerüst und ein Benzothienopyrazin-Gerüst aufgrund ihrer hohen 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 Dibenzo-

furan-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 erhöht werden und die Energiedifferenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau klein wird; daher kann eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz mit hoher Effizienz erhalten werden. Es sei angemerkt, dass ein aromatischer Ring, an den eine elektronenziehende Gruppe, wie z. B. eine Cyano-Gruppe, gebunden ist, anstelle des 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 Nitril-Gruppe oder einer Cyano-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 Formeln 2]



[0055] 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 von Triplett-Anregungsenergie in Singulett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing aufweist. Ein TADF-Material kann somit unter Verwendung einer geringen Menge an thermischer Energie Triplett-Anregungsenergie in Singulett-Anregungsenergie aufwärts wandeln (d. h. umgekehrtes Intersystem-Crossing) und effizient einen Singulett-Anregungszustand erzeugen. Außerdem kann die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umgewandelt werden.

[0056] 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 Triplett-Anregungsenergie in Singulett-Anregungsenergie umwandeln kann.

[0057] Ein Phosphoreszenzspektrum, das bei niedrigen Temperaturen (z. B. 77 K bis 10 K) wahrgenommen wird, wird für einen Index des T1-Niveaus verwendet. Wenn das Niveau von Energie mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das fluoreszierende Spektrum an einem Ende auf der Seite

der kurzen Wellenlänge erhalten wird, das S1-Niveau ist und das Niveau von Energie mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das Phosphoreszenzspektrum an einem Ende auf der Seite der kurzen Wellenlänge 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, bevorzugt kleiner als oder gleich 0,2 eV.

[0058] Wenn das TADF-Material als Emissionssubstanz verwendet wird, ist das S1-Niveau des Wirtsmaterials vorzugsweise höher als dasjenige des TADF-Materials, und das T1-Niveau des Wirtsmaterials ist vorzugsweise höher als dasjenige des TADF-Materials.

[0059] Als Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht können verschiedene Ladungsträgertransportmaterialien verwendet werden, wie z. B. ein Material mit einer Elektronentransporteigenschaft, ein Material mit einer Lochtransporteigenschaft und das TADF-Material.

[0060] Als Material mit einer Lochtransporteigenschaft wird vorzugsweise eine organische Verbindung mit einem Amin-Gerüst oder einem π -elektronenreichen heteroaromatischen Ringgerüst verwendet. 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]spiro-9,9'-bifluoren-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: mmDBFF-LBi-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, wodurch sie zu einer Verringerung der Betriebsspannung beitragen. Außerdem können die organischen Verbindungen, die als Beispiele für die vorstehende erste Substanz angegeben werden, verwendet werden.

[0061] Als Material mit einer Elektronentransporteigenschaft wird beispielsweise ein Metallkomplex, wie z. B. Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BA1q), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ), oder eine organische Verbindung, die ein π -elektronenarmes heteroaromatisches Ringgerüst aufweist, vorzugsweise verwendet. Beispiele für die organische Verbindung, die ein π -elektronenarmes heteroaromatisches Ringgerüst aufweist, umfassen eine heterocyclische Verbindung mit einem Polyazol-Gerüst, wie z. B. 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzol (Abkürzung: OXD-7), 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11), 2,2',2''-(1,3,5-Benzoltriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI) und 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1 H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBI-II); eine heterocyclische Verbindung 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: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(9H-Carbazol-9-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mCzBPDBq), 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm) und 4,6-Bis[3-(4-dibenzothiophenyl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II); eine heterocyclische Verbindung mit einem Triazin-Gerüst, wie z. B. 2-[3'-(9,9-Dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-1,1'-biphenyl-3-yl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: mFBPTzn), 2-[(1,1'-Biphenyl)-4-yl]-4-phenyl-6-[9,9'-spirobi(9H-fluoren)-2-yl]-1,3,5-triazin (Abkürzung: BP-SFTzn), 2-[3-[3-(Benzo[b]naphtho[1,2-d]furan-8-yl)phenyl]phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: mBnfBPTzn) und 2-[3-[3-(Benzo[b]naphtho[1,2-d]furan-6-yl)phenyl]phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: mBnfBPTzn-02); und eine heterocyclische Verbindung

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, die heterocyclische Verbindung mit einem Triazin-Gerüst und die heterocyclische Verbindung mit einem Pyridin-Gerüst eine hohe Zuverlässigkeit auf, und somit werden sie bevorzugt. Insbesondere weisen die heterocyclische Verbindung mit einem Diazin- (Pyrimidin- oder Pyrazin-) Gerüst und die heterocyclische Verbindung mit einem Triazin-Gerüst eine ausgezeichnete Elektronentransporteigenschaft auf, wodurch sie zu einer Verringerung der Betriebsspannung beitragen.

[0062] Als TADF-Material, das als Wirtsmaterial verwendet werden kann, können auch die vorstehend erwähnten TADF-Materialien verwendet werden. Wenn das TADF-Material als Wirtsmaterial verwendet wird, wird Triplett-Anregungsenergie, die in dem TADF-Material erzeugt wird, durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in Singulett-Anregungsenergie umgewandelt und auf die Emissionssubstanz übertragen, wodurch die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden kann. Hier dient das TADF-Material als Energiedonator, und die Emissionssubstanz dient als Energieakzeptor.

[0063] Dies ist in dem Fall sehr effektiv, in dem die Emissionssubstanz 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.

[0064] 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 Anregungsenergie von dem TADF-Material auf die fluoreszierende Substanz leicht übertragen wird und eine Lichtemission effizient erhalten werden kann.

[0065] Außerdem findet eine Ladungsträgerrekombination vorzugsweise in dem TADF-Material statt, damit Singulett-Anregungsenergie von der Triplett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing effizient erzeugt werden kann. Es ist auch vorzuziehen, dass die Triplett-Anregungsenergie, die in dem TADF-Material erzeugt wird, nicht auf die Triplett-Anregungsenergie der fluoreszierenden Substanz übertragen wird. Aus diesem Grund weist die fluoreszierende Substanz vorzugsweise eine Schutzgruppe um einen Lumino-phor (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 unsubstituierte 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. Der Substituent, der keine π -Bindung aufweist, weist 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, bevorzugter umfasst er einen aromatischen Ring, und noch bevorzugter 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.

[0066] In dem Fall, in dem eine fluoreszierende Substanz als Emissionssubstanz verwendet wird, wird als Wirtsmaterial ein Material mit einem Anthracen-Gerüst geeignet 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 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; bevorzugter 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 eindrin-

gen. 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 ist eine Substanz, die sowohl ein 9,10-Diphenylanthracen-Gerüst als auch ein Carbazol-Gerüst (oder ein Benzocarbazol- oder Dibenzocarbazol-Gerüst) aufweist, ferner als Wirtsmaterial vorzuziehen. Es sei angemerkt, dass im Hinblick auf die Lochinjektions- und Lochtransporteigenschaften, die vorstehend beschrieben worden sind, anstelle eines Carbazol-Gerüsts ein Benzofluoren-Gerüst oder ein Dibenzofluoren-Gerüst verwendet werden kann. Beispiele für eine derartige Substanz umfassen 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthracenyl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-benzo[b]naphtho[1,2-d]furan (Abkürzung: 2mBnfPPA), 9-Phenyl-10-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)biphenyl-4'-yl]anthracen (Abkürzung: FLPPA) und 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: α N- β NPAnth). Es sei angemerkt, dass CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA und PCzPA aufgrund ihrer ausgezeichneten Eigenschaften vorzugsweise ausgewählt werden.

[0067] Es sei angemerkt, dass das Wirtsmaterial eine Mischung aus mehreren Arten von Substanzen sein kann; im Falle der Verwendung eines gemischten Wirtsmaterials wird vorzugsweise ein Elektronentransportmaterial mit einem Lochtransportmaterial gemischt. Indem das Elektronentransportmaterial mit dem Lochtransportmaterial gemischt wird, kann die Transporteigenschaft der Licht emittierenden Schicht **113** leicht angepasst werden, und ein Rekombinationsbereich kann leicht gesteuert werden. Das Gewichtsverhältnis des Anteils des Lochtransportmaterials zu dem Anteil des Elektronentransportmaterials kann 1:19 bis 19:1 sein.

[0068] Es sei angemerkt, dass eine phosphoreszierende Substanz als Teil des gemischten Materials verwendet werden kann. Wenn eine fluoreszierende Substanz als Emissionssubstanz verwendet wird, kann eine phosphoreszierende Substanz als Energiedonator zum Zuführen von Anregungsenergie zu der fluoreszierenden Substanz verwendet werden.

[0069] 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 der Emissionssubstanz überlappt, kann 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.

[0070] Es sei angemerkt, dass mindestens eines der Materialien, die einen Exciplex bilden, eine phosphoreszierende Substanz sein kann. In diesem Fall kann Triplett-Anregungsenergie durch umgekehrtes Intersystem-Crossing effizient in Singulett-Anregungsenergie umgewandelt werden.

[0071] Eine Kombination aus einem Elektronentransportmaterial und einem Lochtransportmaterial, dessen HOMO-Niveau höher als oder gleich dem HOMO-Niveau des Elektronentransportmaterials ist, wird bevorzugt, um einen Exciplex effizient zu bilden. Außerdem ist das LUMO-Niveau des Lochtransportmaterials vorzugsweise höher als oder gleich dem LUMO-Niveau des Elektronentransportmaterials. Es sei angemerkt, dass die LUMO-Niveaus und die HOMO-Niveaus der Materialien von den elektrochemischen Eigenschaften (den Reduktionspotentialen und den Oxidationspotentialen) der Materialien erhalten werden können, die durch Cyclovoltammetrie (cyclic voltammetry, CV) gemessen werden.

[0072] Die Bildung eines Exciplexes kann beispielsweise durch ein Phänomen festgestellt werden, bei dem das Emissionsspektrum des Mischfilms, in dem das Lochtransportmaterial und das Elektronentransportmaterial gemischt sind, auf die längere Wellenlängenseite als das Emissionsspektrum 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 Lochtransportmaterials, des Elektronentransportmaterials und des Mischfilms dieser Materialien verglichen werden. Alternativ kann die Bildung eines Exciplexes durch einen Unterschied der transienten Reaktion (z. B. ein Phänomen, bei dem die Lebensdauer der transienten Photolumineszenz (PL) des Mischfilms Komponenten mit längerer Lebensdauer oder einen größeren Anteil der Verzögerungskomponenten aufweist als diejenige jedes der Materialien) festgestellt werden, wobei der Unterschied beobachtet wird, indem die transienten PL des Lochtransportmaterials, des Elektronentransportmaterials und des Mischfilms der Materialien verglichen werden. Die transiente PL kann durch transiente Elektrolumineszenz (EL) ersetzt werden. Das heißt, dass die Bildung eines Exciplexes auch durch einen Unterschied der transienten Reaktion festgestellt werden kann, der beobachtet wird, indem die

transienten EL des Lochtransportmaterials, des Elektronentransportmaterials und des Mischfilms der Materialien verglichen werden.

[0073] Die Elektronentransportschicht **114** in der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird mit einem Material ausgebildet, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt. Bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Elektronentransportschicht **114** beinhaltet, die mit einem Material ausgebildet wird, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, verringert sich der Widerstand der Elektronentransportschicht **114**, wenn ein Strom fließt, d. h., wenn die Licht emittierende Vorrichtung betrieben wird. Wenn die Licht emittierende Vorrichtung im Voraus derart gestaltet wird, dass sich in der anfänglichen Betriebsphase ein Ladungsträgerrekombinationsbereich sowohl in der Elektronentransportschicht als auch in der Licht emittierenden Schicht erstreckt, ändert sich das Ladungsträgergleichgewicht, wenn sich die Transporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114** über die Betriebsdauer erhöht, und das Ende des Rekombinationsbereichs auf der Kathodenseite verschiebt sich in Richtung der Licht emittierenden Schicht **113**. Die Energie von Ladungsträgern, die in der Elektronentransportschicht **114** rekombinieren, wird kaum in eine Lichtemissionsenergie umgewandelt; daher kann dann, wenn der Rekombinationsbereich, der sich in der Elektronentransportschicht **114** erstreckt hat, auf die Seite der Licht emittierenden Schicht **113** zurückgeschoben wird, der Energieverlust der Rekombination verringert werden. Als Ergebnis können die Emissionseffizienz und die Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, wenn die Licht emittierende Vorrichtung betrieben wird. Die Licht emittierende Vorrichtung, die ein derartiges Verhalten zeigt, ermöglicht, dass ein schneller Zerfall in der anfänglichen Betriebsphase, der als anfänglicher Zerfall bezeichnet wird, durch Erhöhung der Leuchtdichte aufgehoben wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung aufgrund eines kleineren anfänglichen Zerfalls eine sehr lange Betriebsdauer aufweisen. Eine derartige Licht emittierende Vorrichtung wird als Vorrichtung zur Injektionsanpassung der Rekombinationsstelle bzw. Rekombination-Site-Tailoring-Injektion- (ReSTI-) Vorrichtung bezeichnet.

[0074] Um die Licht emittierende Vorrichtung, die einen Ladungsträgerrekombinationsbereich umfasst, der sich in der anfänglichen Betriebsphase sowohl in der Elektronentransportschicht als auch in der Licht emittierenden Schicht erstreckt, herzustellen, wird die Lochinjektionsschicht **111** derart ausgebildet, dass sie die erste Substanz, die eine Lochtransporteigenschaft und ein HOMO-Niveau höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV aufweist, und die zweite Substanz enthält, die bezüglich der ersten Substanz eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist.

[0075] Das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, enthält vorzugsweise einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls. Das Material kann lediglich einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthalten, oder es kann zusätzlich zu dem metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls eine andere Substanz enthalten. In dem Fall, in dem das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, eine andere Substanz als den metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthält, ist die Substanz vorzugsweise eine organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft.

[0076] In dem Fall, in dem das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthält, ist der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls vorzugsweise ein Komplex, der einen Cluster bildet, wenn ein Strom dort hindurch fließt. Die Bildung eines Clusters durch den Komplex erhöht die Elektronentransporteigenschaft, so dass die Licht emittierende Vorrichtung, die die Elektronentransportschicht **114** mit verringertem Widerstand beinhaltet, erhalten werden kann.

[0077] Wenn insbesondere das Material metallorganische Komplexe eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls und Elektronen transportierende organische Verbindungen enthält, bilden die Komplexe einen Cluster und werden sie versammelt, wenn ein Strom dort hindurch fließt; demzufolge kommen die Elektronen transportierenden organischen Verbindungen einander nahe. Dadurch wird der Leitungspfad zwischen den Elektronen transportierenden organischen Verbindungen erweitert, um die Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114** zu erhöhen, so dass die Licht emittierende Vorrichtung, die die Elektronentransportschicht **114** mit verringertem Widerstand beinhaltet, erhalten werden kann.

[0078] Die Elektronen transportierende organische Verbindung weist vorzugsweise eine Elektronentransporteigenschaft auf, die höher ist als eine Lochtransporteigenschaft. Die Elektronenmobilität der Elektronen transportierenden organischen Verbindung ist vorzugsweise höher als oder gleich $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ und niedriger als oder gleich $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke $[\text{V}/\text{cm}]$ 600 ist. Die Anzahl

von Elektronen, die in die Licht emittierende Schicht injiziert werden, kann gesteuert werden, wenn die Elektronenmobilität in der Elektronentransportschicht im vorstehenden Bereich liegt, wodurch verhindert werden kann, dass die Licht emittierende Schicht überschüssige Elektronen aufweist.

[0079] Die Elektronen transportierende organische Verbindung weist vorzugsweise ein HOMO-Niveau von -6, 0 eV oder höher auf. Die Elektronen transportierende organische Verbindung weist vorzugsweise ein Anthracen-Gerüst auf, und bevorzugter weist sie sowohl ein Anthracen-Gerüst als auch ein heterocyclisches Gerüst auf. Das heterocyclische Gerüst ist vorzugsweise ein stickstoffhaltiges fünfgliedriges Ringgerüst. Insbesondere weist die Elektronen transportierende organische Verbindung vorzugsweise ein stickstoffhaltiges fünfgliedriges Ringgerüst, das zwei Heteroatomen in einem Ring umfasst, wie z. B. einen Pyrazol-Ring, einen Imidazol-Ring, einen Oxazol-Ring oder einen Thiazol-Ring, auf.

[0080] Der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ist vorzugsweise ein Metallkomplex, der einen Liganden, der Stickstoff und Sauerstoff enthält, und ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall umfasst. Insbesondere ist der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls vorzugsweise ein Metallkomplex, der ein einwertiges Metallion und einen Liganden mit einer 8-Hydroxychinolinato-Struktur umfasst, und bevorzugter ist er ein Lithiumkomplex, der einen Liganden mit einer 8-Hydroxychinolinato-Struktur umfasst. Insbesondere können 8-Hydroxychinolinato-Lithium (Abkürzung: Liq), 8-Hydroxychinolin-Natriumsalz (Abkürzung: Naq) und dergleichen angegeben werden, und 8-Hydroxychinolinato-Lithium (Abkürzung: Liq) wird besonders bevorzugt.

[0081] Es sei angemerkt, dass das Mischverhältnis von der Elektronen transportierenden organischen Verbindung zu dem metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls zwischen Bereichen der Elektronentransportschicht **114** in der Dickenrichtung variieren kann. Das Mischverhältnis des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls zu der Elektronen transportierenden organischen Verbindung auf der Kathodenseite ist vorzugsweise niedrig. Das Mischverhältnis kann durch die Anzahl von Atomen oder Molekülen, die durch Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometrie (ToF-SIMS) gemessen wird, angenommen werden. In Bereichen, die die gleichen zwei Arten von Materialien enthalten und unterschiedliche Mischverhältnisse aufweisen, entsprechen die durch ToF-SIMS-Analyse gemessenen Mischverhältnisse den Anteilen von Atomen, Molekülen und Ionen in den Bereichen. Daher ermöglicht ein Vergleich zwischen den erfassten Mengen an Substanzen, die sich von der Elektronen transportierenden organischen Verbindung und dem metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ableiten, eine Annahme des Mischverhältnisses.

[0082] Das heißt, dass es vorzuziehen ist, dass die Elektronentransportschicht **114** die erste Elektronentransportschicht **114-1** und die zweite Elektronentransportschicht **114-2** umfasst, dass die erste Elektronentransportschicht näher an der Anodenseite als die zweite Elektronentransportschicht liegt und dass sich die Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls in der ersten Elektronentransportschicht von derjenigen in der zweiten Elektronentransportschicht unterscheidet. Es sei angemerkt, dass die Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls vorzugsweise in der ersten Elektronentransportschicht höher ist als in der zweiten Elektronentransportschicht, damit eine Vorrichtung mit einer längeren Lebensdauer erhalten werden kann.

[0083] Wenn es keine deutliche Grenze zwischen den Schichten in der Elektronentransportschicht **114** wie in **Fig. 1A1** gibt, kann sich das Mengenverhältnis von der Elektronen transportierenden organischen Verbindung zu dem metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls wie in **Fig. 32A1** und **Fig. 32A2** stetig ändern. Im Gegensatz dazu kann sich dann, wenn es eine Grenze zwischen den Schichten in der Elektronentransportschicht **114** wie in **Fig. 1A2** gibt, das Mengenverhältnis von der Elektronen transportierenden organischen Verbindung zu dem metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls wie in **Fig. 32B1** und **Fig. 32B2** stufenweise ändern. Es sei angemerkt, dass in der Elektronentransportschicht **114** ein Bereich mit einer hohen Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls vorzugsweise näher an der Licht emittierenden Schicht **113** als ein Bereich mit einer niedrigen Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls bereitgestellt wird, was ein limitierender Faktor für die Elektronentransporteigenschaft ist. Mit anderen Worten: Die Elektronentransportschicht **114** umfasst vorzugsweise einen Bereich, in dem die Menge (Konzentration) des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls von der Kathodenseite zur Anodenseite zunimmt. Alternativ ist in der Elektronentransportschicht **114** ein Bereich mit der höchsten Menge (Konzentration) des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls vorzugsweise näher an der Anodenseite als ein Bereich mit der niedrigsten Menge (Konzentration) des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls positioniert.

[0084] Als Elektronen transportierende organische Verbindung, die in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, kann ein beliebiges der vorstehend erwähnten Elektronen transportierenden organischen Verbindungen, die als Wirtsmaterial verwendet werden können, und der vorstehend erwähnten organischen Verbindungen, die als Wirtsmaterial für die fluoreszierende Substanz verwendet werden können, verwendet werden.

[0085] Die Elektronenmobilität der Elektronen transportierenden organischen Verbindung, die in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, wenn die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 ist, ist vorzugsweise niedriger als diejenige des Wirtsmaterials oder der Licht emittierenden Schicht **113**.

[0086] Wenn die Licht emittierende Schicht überschüssige Elektronen aufweist, ist ein Rekombinationsbereich **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 Lebensdauer und Emissionseffizienz. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dehnt eine Verringerung der Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114**, wie in **Fig. 2B** dargestellt, den Rekombinationsbereich **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.

[0087] Die Zerfallskurve der Leuchtdichte einer Licht emittierenden Vorrichtung mit einer derartigen Struktur, welche durch einen Betriebstest bei einer konstanten Stromdichte erhalten wird, weist in einigen Fällen den Maximalwert auf. Mit anderen Worten: Die Zerfallskurve 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, dass ein schneller Zerfall in der anfänglichen Betriebsphase, der als anfänglicher Zerfall bezeichnet wird, durch Erhöhung der Leuchtdichte aufgehoben wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung eine sehr lange Betriebsdauer mit einem kleineren anfänglichen Zerfall aufweisen. Eine derartige Licht emittierende Vorrichtung wird als Vorrichtung zur Injektionsanpassung der Rekombinationsstelle (ReSTI-Vorrichtung) bezeichnet.

[0088] Ein Differentialwert einer derartigen Zerfallskurve mit dem Maximalwert beträgt in einem Teil **0**. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der eine Zerfallskurve einen Differentialwert von 0 in einem Teil aufweist, eine sehr lange Lebensdauer mit einem kleineren anfänglichen Zerfall aufweisen.

[0089] Das vorstehende Verschlechterungsverhalten wird wahrscheinlich verursacht, wie in **Fig. 3A** dargestellt, indem eine Rekombination, die zur Lichtemission nicht beiträgt, in der anfänglichen Betriebsphase aufgrund einer niedrigen Elektronenmobilität in der Elektronentransportschicht in einem kein Licht emittierenden Rekombinationsbereich **120** auftritt. Das heißt, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung der vorliegenden Erfindung mit der vorstehend beschriebenen Struktur in der anfänglichen Betriebsphase eine Lochinjektionsbarriere klein ist (die erste Substanz ein tiefes HOMO-Niveau aufweist) und die Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114** relativ niedrig ist; demzufolge wird der Rekombinationsbereich **113-1** derart ausgebildet, dass er sich von der Licht emittierenden Schicht **113** bis zu der Elektronentransportschicht **114** erstreckt. Des Weiteren ist dann, wenn die Elektronen transportierende organische Verbindung, die in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, ein relativ hohes HOMO-Niveau von -6,0 eV oder höher aufweist, es wahrscheinlich, dass Löcher die Elektronentransportschicht **114** erreichen, da das HOMO-Niveau des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls auch -6,0 eV oder höher ist; daher wird die Rekombination auch in der Elektronentransportschicht **114** erzeugt, so dass der kein Licht emittierende Rekombinationsbereich **120** leicht ausgebildet wird.

[0090] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ändert sich das Ladungsträgergleichgewicht über die Betriebsdauer, und der Rekombinationsbereich **113-1** auf der Kathodenseite verschiebt sich, wie in **Fig. 3B** gezeigt, in Richtung der Lochtransportschicht **112**. Dies führt zu einer Verringerung der Fläche des kein Licht emittierenden Rekombinationsbereichs **120**, wodurch Energie der rekombinierten Ladungsträger effektiv zur Lichtemission beitragen kann, so dass sich die Leuchtdichte im Vergleich zu derjenigen in der anfänglichen Betriebsphase erhöht. Diese Erhöhung der Leuchtdichte hebt die schnelle Verringerung der Leuchtdichte in der anfänglichen Betriebsphase, die als anfänglicher Zerfall bezeichnet wird, der Licht emittierenden Vorrichtung auf. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung eine lange Betriebsdauer mit einem kleineren anfänglichen Zerfall aufweisen.

[0091] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben durch Experiment verifiziert, dass eine Änderung des Ladungsträgergleichgewichts in der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung durch eine Änderung des Widerstandes der Licht emittierenden Vorrichtung, insbesondere eine Änderung des Widerstandes der Elektronentransportschicht **114**, hervorgerufen wird. Die Änderung des Widerstandes wurde durch eine Impedanzspektroskopie- (IS-) Messung gemessen.

[0092] Bei der Impedanzspektroskopie-Messung wird ein mikro-sinusförmiges Spannungssignal ($V = V_0[\exp(i\omega t)]$) an die Licht emittierende Vorrichtung angelegt, und die Impedanz ($Z = V/I$) kann aus einer Phasendifferenz zwischen der Stromamplitude eines Ansprechstromsignals ($I = I_0 \exp[i(\omega t + \phi)]$) und dem eingegebenen Signal erhalten werden.

[0093] Die erhaltene Impedanz wird auf der komplexen Ebene geplottet (ein Nyquist-Plot), wobei die Frequenz des angelegten Spannungssignals als Parameter verwendet wird. Die Admittanz (Y), der Modul (M), die Dielektrizitätskonstante (ϵ) und dergleichen, welche grundlegende Übertragungsfunktionen sind, können aus der Impedanz (Z) erhalten werden. Die Beziehung zwischen den grundlegenden Übertragungsfunktionen ist wie folgt.

[Tabelle 1]

	Z	Y	M	ϵ
Z	Z	$1/Y$	$M/j\omega$	$1/j\omega\epsilon$
Y	$1/Z$	Y	$j\omega/M$	$j\omega\epsilon$
M	$j\omega Z$	$j\omega/Y$	M	$1/\epsilon$
ϵ	$1/j\omega Z$	$Y/j\omega$	$1/M$	ϵ

[0094] Bei dieser Ausführungsform wurde eine Licht emittierende Vorrichtung analysiert, indem ein Impedanz-(Z-) Plot, dessen reale Achse einen Widerstand ergibt, und ein Modul- (M-) Plot, der den Kehrwert einer Kapazität ergibt, verwendet wurden. Tabelle 2 zeigt die Vorrichtungsstruktur der Licht emittierenden Vorrichtung, die der Messung unterzogen worden ist.

[Tabelle 2]

Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektro-neninjektionsschicht
	1	2		1	2	
10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	12,5 nm	12,5 nm	1nm
BBABnf: ALD- MP001Q (1 :0,1)	BBABnf	PCzN2	α N- β NPAnth: 3, 10PCANbf(IV) -02 (1 :0,015)	ZADN: Liq		Liq
				(0,7:1)	(1:0,7)	

[0095] Fig. 16 zeigt ein Beispiel für den Z-Plot der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Aus der realen Achse des Z-Plots, die den Widerstand darstellt, verringert sich der Widerstand nach dem Betrieb deutlich im Vergleich zu dem Widerstand vor dem Betrieb. Bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wurde somit herausgefunden, dass sich der Widerstand vor und nach dem Betrieb stark ändert und sich der Widerstand nach dem Betrieb im Vergleich zu demjenigen vor dem Betrieb verringert.

[0096] Der M-Plot derselben Licht emittierenden Vorrichtung wird in Fig. 17 gezeigt. Dieser Graph wurde unter Verwendung einer Analysesoftware einer Ersatzschaltung, ZView (Scribner Associates Inc., US), angepasst, wodurch eine Ersatzschaltung der Licht emittierenden Vorrichtung bereitgestellt werden kann, die aus vier RC-Parallelschaltungen und einem Serienwiderstand, wie in Fig. 18 gezeigt, besteht. Es sei angemerkt, dass die Zahlen in dem Plot die entsprechenden Widerstände darstellen, die in der Ersatzschaltung angeordnet sind und durch Anpassung erhalten werden.

[0097] Fig. 19 zeigt die Widerstandswerte vor und nach dem Betrieb für jeden der Widerstände, die in der Ersatzschaltung von Fig. 18 gezeigt werden. Dies deutet darauf hin, dass nur der Widerstand **R2** nach dem Betrieb um eine oder mehrere Ziffern niedriger ist als derjenige vor dem Betrieb.

[0098] Um zu untersuchen, welche Schicht jedem Widerstand entspricht, wurde die Messung durchgeführt, während die Dicke der Schicht geändert wurde. Eine Änderung des M-Plots und eine Erhöhung des Widerstandes mit einer großen Dicke zeigten, dass sich der Widerstand **R2** von der Elektronentransportschicht ableitet.

[0099] Die vorstehenden Ergebnisse offenbarten, dass dann, wenn die Licht emittierende Vorrichtung mit einem Strom versorgt und betrieben wurde, die Elektronentransportschicht **114** einen verringerten Widerstand und eine verbesserte Elektronentransporteigenschaft aufwies. Wenn die Elektronentransporteigenschaft der Elektronentransportschicht **114** verbessert wird, ändert sich, wie vorstehend beschrieben, das Ladungsträgergleichgewicht, so dass sich das Ende des Rekombinationsbereichs, das sich bis zu der Elektronentransportschicht erstreckt, in Richtung der Licht emittierenden Schicht verschiebt, was zur Verringerung der Fläche des kein Licht emittierenden Rekombinationsbereichs **120** führt. Dadurch wird die Menge der rekombinierten Ladungsträger in der Licht emittierenden Schicht erhöht, was ermöglicht, dass die Energie der Rekombination effektiv zur Lichtemission beiträgt. Als Ergebnis zeigt die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein charakteristisches Verhalten: Die Leuchtdichte ist im Vergleich zu derjenigen in der anfänglichen Betriebsphase hoch.

[0100] Wie vorstehend beschrieben, ist der Widerstand der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nach dem Betrieb niedriger als derjenige vor dem Betrieb, und der Widerstand der Elektronentransportschicht wird verringert, wenn die Licht emittierende Vorrichtung betrieben wird. Dies deutet darauf hin, dass die Elektronentransportschicht ein Material enthält, dessen spezifischer Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, d. h., wenn die Licht emittierende Vorrichtung betrieben wird.

[0101] Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit der vorstehend beschriebenen Struktur kann eine sehr lange Lebensdauer aufweisen. Insbesondere kann eine Lebensdauer bis zu einem Zeitpunkt, zu dem sich die Leuchtdichte auf ungefähr 95 % der anfänglichen Leuchtdichte (LT95) verringert, d. h. zu dem der Zerfall sehr gering ist, deutlich verlängert werden.

[0102] Wenn der anfängliche Zerfall verringert werden kann, können das Problem des Einbrennens, das immer noch als großer Nachteil von organischen EL-Vorrichtungen erwähnt wird, und die Zeit und Mühe für die Alterung zur Reduzierung des Problems vor dem Versand deutlich verringert werden.

(Ausführungsform 2)

[0103] Als Nächstes werden Beispiele für spezifische Strukturen und Materialien der vorstehend erwähnten Licht emittierenden Vorrichtung beschrieben. Wie vorstehend beschrieben, umfasst 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 mindestens die Lochinjektionsschicht **111**, die erste Lochtransportschicht **112-1**, die zweite Lochtransportschicht **112-2**, die Licht emittierende Schicht **113** und die Elektronentransportschicht **114** von der Seite der Anode **101** aus bereitgestellt.

[0104] 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.

[0105] Die Anode **101** wird vorzugsweise unter Verwendung eines Metalls, einer Legierung oder einer leitenden Verbindung mit einer hohen Austrittsarbeit (insbesondere mit einer Austrittsarbeit von 4,0 eV oder höher), einer Mischung davon 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 Indiumoxid enthaltend Wolframoxid und Zinkoxid (IWZO) durch ein Sputterverfahren abgeschieden 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 Substanzen 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.

[0106] Zwei Arten von mehrschichtigen Strukturen der EL-Schicht **103** werden beschrieben, nämlich in **Fig. 1A1** und **Fig. 1A2** dargestellte Strukturen, die jeweils die Elektroneninjectionsschicht **115** zusätzlich zu der Lochinjektionsschicht **111**, der ersten Lochtransportschicht **112-1**, der zweiten Lochtransportschicht **112-2**, der Licht emittierenden Schicht **113** und der Elektronentransportschicht **114** (der ersten Elektronentransportschicht **114-1** und der zweiten Elektronentransportschicht **114-2**) umfassen, und eine in **Fig. 1B** dargestellte Struktur, die anstelle der Elektroneninjectionsschicht **115** eine Ladungserzeugungsschicht **116** umfasst. Materialien für die Schichten werden im Besonderen nachstehend beschrieben.

[0107] 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** (die erste Elektronentransportschicht **114-1** und die zweite Elektronentransportschicht **114-2**) bei der Ausführungsform **1** ausführlich beschrieben werden, wird die Beschreibung davon nicht wiederholt. Es kann auf die Beschreibung der Ausführungsform **1** Bezug genommen werden.

[0108] Als Elektroneninjectionsschicht **115** zwischen der Elektronentransportschicht **114** und der Kathode **102** kann eine Schicht, die ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung davon, wie z. B. Lithiumfluorid (LiF), Cäsiumfluorid (CsF) oder Calciumfluorid (CaF₂), enthält, bereitgestellt werden. Beispielsweise kann ein Elektrid oder eine Schicht, das/die unter Verwendung einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird und ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung davon enthält, als Elektroneninjectionsschicht **115** verwendet werden. Beispiele für das Elektrid umfassen eine Substanz, in der Elektronen mit einer hohen Konzentration zu Calciumoxid-Aluminiumoxid zugesetzt sind.

[0109] Anstelle der Elektroneninjectionsschicht **115** kann die Ladungserzeugungsschicht **116** zwischen der Elektronentransportschicht **114** und der Kathode **102** bereitgestellt werden (**Fig. 1B**). Die Ladungserzeugungsschicht **116** bezeichnet eine Schicht, die beim Anlegen eines Potentials zum Injizieren von Löchern in eine Schicht in Kontakt mit der Kathodenseite der Ladungserzeugungsschicht **116** und Elektronen in eine Schicht in Kontakt mit ihrer Anodenseite im Stande ist. Die Ladungserzeugungsschicht **116** umfasst mindestens eine p-Typ-Schicht **117**. Die p-Typ-Schicht **117** wird vorzugsweise unter Verwendung eines der Verbundmaterialien ausgebildet, die vorstehend als Beispiele für das Material, das für die Lochinjektionsschicht **111** verwendet werden kann, 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** injiziert; auf diese Weise arbeitet die Licht emittierende Vorrichtung.

[0110] Es sei angemerkt, dass die Ladungserzeugungsschicht **116** vorzugsweise zusätzlich zu der p-Typ-Schicht **117** eine Elektronenweiterleitungsschicht **118** und/oder eine Elektroneninjektionspufferschicht **119** enthält.

[0111] 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, 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.

[0112] Eine Substanz mit einer ausgezeichneten 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.

[0113] 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 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)). Als Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft kann ein Material, das dem vorstehend beschriebenen Material für die Elektronentransportschicht **114** ähnlich ist, verwendet werden.

[0114] Für die Kathode **102** kann ein Metall, eine Legierung oder eine elektrisch leitende Verbindung, die eine niedrige Austrittsarbeit (insbesondere eine Austrittsarbeit von 3,8 eV oder niedriger) aufweisen, eine Mischung davon oder dergleichen verwendet werden. Spezifische Beispiele für ein derartiges Kathodenmaterial umfassen Elemente, die zu der Gruppe 1 oder 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 Elektroneninjektionschicht zwischen der Kathode **102** und der Elektronentransportschicht bereitgestellt ist, verschiedene leitende Materialien, wie z. B. Al, Ag, ITO oder Indiumoxid-Zinnoxid, das Silizium oder Siliziumoxid enthält, unabhängig von der Austrittsarbeit für die Kathode **102** verwendet werden. Filme aus diesen leitenden Materialien können durch einen Trockenprozess, wie z. B. ein Vakuumverdampfungsverfahren oder ein Sputterverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder dergleichen ausgebildet werden. Alternativ kann ein Nassprozess unter Verwendung eines Sol-Gel-Verfahrens oder ein Nassprozess unter Verwendung einer Paste eines Metallmaterials verwendet werden.

[0115] Verschiedene Verfahren können ferner zum Ausbilden der EL-Schicht **103** verwendet werden, ungeachtet dessen, ob es sich dabei um einen Trockenprozess oder einen Nassprozess handelt. Zum Beispiel kann ein Vakuumverdampfungsverfahren, ein Tiefdruckverfahren, ein Offsetdruckverfahren, ein Siebdruckverfahren, ein Tintenstrahlverfahren oder ein Rotationsbeschichtungsverfahren zum Einsatz kommen.

[0116] Unterschiedliche Verfahren können verwendet werden, um die vorstehend beschriebenen Elektroden oder Schichten auszubilden.

[0117] 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.

[0118] 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 die Licht emittierende Substanz der Licht emittierenden Schicht oder die Licht emittierende Substanz, die in der Licht emittierenden Schicht enthalten ist.

[0119] 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 Vorrichtung oder Licht emittierende Tandem-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. 1A1** oder **Fig. 1A2** dargestellt

wird. Mit anderen Worten: Die Licht emittierende Vorrichtung, die in **Fig. 1A1**, **Fig. 1A2** oder **Fig. 1B** dargestellt wird, beinhaltet eine einzelne Licht emittierende Einheit, wohingegen die Licht emittierende Vorrichtung, die in **Fig. 1C** dargestellt wird, eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten beinhaltet.

[0120] 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. 1A1**, und die Materialien, die bei der Beschreibung der **Fig. 1A1** 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.

[0121] 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.

[0122] Die Ladungserzeugungsschicht **513** weist vorzugsweise eine Struktur auf, die derjenigen der anhand von **Fig. 1B** beschriebenen Ladungserzeugungsschicht **116** ähnlich ist. Ein Verbundmaterial einer organischen Verbindung und eines Metalloxids 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 ist eine Lochinjektionsschicht nicht notwendigerweise in der Licht emittierenden Einheit bereitgestellt.

[0123] In dem Fall, in dem die Ladungserzeugungsschicht **513** die Elektroneninjektionspufferschicht **119** beinhaltet, dient die Elektroneninjektionspufferschicht **119** als Elektroneninjektionsschicht in der Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite; deshalb ist eine Elektroneninjektionsschicht nicht notwendigerweise in der Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite ausgebildet.

[0124] Die Licht emittierende Vorrichtung, die zwei Licht emittierende Einheiten aufweist, wird anhand von **Fig. 1C** beschrieben; jedoch kann eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch auf eine Licht emittierende Vorrichtung angewendet werden, bei der drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind. Wenn eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die durch die Ladungserzeugungsschicht **513** geteilt sind, zwischen einem Paar von Elektroden, wie bei der Licht emittierenden Vorrichtung dieser Ausführungsform, angeordnet ist, ist es möglich, eine Vorrichtung mit langer Lebensdauer bereitzustellen, die Licht mit hoher Leuchtdichte bei einer niedrigen Stromdichte emittieren kann. Eine Licht emittierende Einrichtung, die bei einer niedrigen Spannung betrieben werden kann und einen niedrigen Stromverbrauch aufweist, kann auch bereitgestellt werden.

[0125] 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, bei der drei oder mehr Licht emittierende Einheiten übereinander angeordnet sind, kann beispielsweise eine Tandem-Vorrichtung sein, bei der eine erste Licht emittierende Einheit eine erste blaue Licht emittierende Schicht umfasst, eine zweite Licht emittierende Einheit eine gelbe oder gelbgrüne Licht emittierende Schicht und eine rote Licht emittierende Schicht umfasst und eine dritte Licht emittierende Einheit eine zweite blaue Licht emittierende Schicht umfasst. Die Tandem-Vorrichtung kann, wie die vorstehende Licht emittierende Vorrichtung, eine weiße Lichtemission bereitstellen.

[0126] Die vorstehend beschriebenen Schichten und Elektroden, wie z. B. die EL-Schicht **103**, die erste Licht emittierende Einheit **511**, die zweite Licht emittierende Einheit **512** und die Ladungserzeugungsschicht, können durch ein Verfahren, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tröpfchenausstoßverfahren (auch als Tintenstrahlverfahren bezeichnet), ein Beschichtungsverfahren oder ein Tiefdruckverfahren, ausgebildet werden. Ein niedermolekulares Material, ein mittelmolekulares

Material (darunter auch ein Oligomer und ein Dendrimer) oder ein hochmolekulares Material können in den Schichten und Elektroden enthalten sein.

(Ausführungsform 3)

[0127] Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Einrichtung, die die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, beschrieben.

[0128] 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 in **Fig. 4A** ist. Diese Licht emittierende Einrichtung umfasst 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, ein Bezugszeichen **605** bezeichnet ein Dichtungsmittel, und ein Bezugszeichen **607** bezeichnet einen Raum, der von dem Dichtungsmittel **605** umgeben ist.

[0129] Es handelt sich bei einer Anschlussleitung **608** um eine Leitung zum Übertragen von Signalen, die in die Sourceleitungstreiberschaltung **601** und die Gateleitungstreiberschaltung **603** einzugeben sind, 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 befestigt werden. Die Licht emittierende Einrichtung in dieser 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.

[0130] 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 des Pixelabschnitts **602** dargestellt.

[0131] 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 faserverstärkten Kunststoffen (fiber reinforced plastics, FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester, Acryl oder dergleichen ausgebildet wird.

[0132] 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.

[0133] 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.

[0134] 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.

[0135] Der Oxidhalbleiter enthält vorzugsweise mindestens Indium (In) oder Zink (Zn). Der Oxidhalbleiter enthält bevorzugter 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.

[0136] Ein Oxidhalbleiter, der bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, wird nachstehend beschrieben.

[0137] Oxidhalbleiter werden in einen einkristallinen Oxidhalbleiter und in einen nicht-einkristallinen Oxidhalbleiter klassifiziert. 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-like OS, a-ähnlichen OS) und einen amorphen Oxidhalbleiter.

[0138] 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 sich eine Verzerrung auf einen Abschnitt bezieht, 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.

[0139] 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.

[0140] 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 durcheinander ersetzt werden können und dass dann, wenn das Element M der (M, Zn)-Schicht durch Indium ersetzt wird, die Schicht als (In, M, Zn)-Schicht bezeichnet werden kann. Wenn Indium der In-Schicht durch das Element M ersetzt wird, kann die Schicht als (In, M)-Schicht bezeichnet werden.

[0141] Der CAAC-OS ist ein Oxidhalbleiter mit hoher Kristallinität. Im Gegensatz dazu ist es weniger wahrscheinlich, dass in dem CAAC-OS eine Verringerung der Elektronenmobilität aufgrund einer Korngrenze auftritt, da es schwierig ist, eine deutliche Korngrenze zu beobachten. Ein Eindringen von Verunreinigungen, eine 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 (Vo)) aufweist. Daher ist ein Oxidhalbleiter, der den CAAC-OS enthält, physikalisch stabil. Dementsprechend ist der Oxidhalbleiter, der den CAAC-OS enthält, wärmebeständig und weist eine hohe Zuverlässigkeit auf.

[0142] 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 in einigen Fällen den nc-OS von einem a-ähnlichen OS oder einem amorphen Oxidhalbleiter in Abhängigkeit von einem Analyseverfahren nicht unterscheiden.

[0143] 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 ausgebildet 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) ausgebildet wird.

[0144] Der a-ähnliche OS ist ein Oxidhalbleiter mit einer Struktur, 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.

[0145] Ein Oxidhalbleiter kann eine beliebige verschiedener 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.

[0146] Ein wolkenartig ausgerichteter Verbund- (cloud-aligned composite, CAC-) OS kann als anderer Oxidhalbleiter als die vorstehenden verwendet werden.

[0147] 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.

[0148] 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 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. Die leitenden Bereiche werden in einigen Fällen wolkenartig gekoppelt beobachtet, wobei ihre Grenzen unscharf sind.

[0149] 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.

[0150] Der CAC-OS enthält 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 einer derartigen Zusammensetzung fließen Ladungsträger hauptsächlich in der Komponente mit einer kleinen Lücke. Die Komponente mit einer kleinen Lücke komplementiert 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 in einem Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet wird, eine hohe Stromtreiberfähigkeit in dem Durchlasszustand des Transistors, d. h. ein hoher Durchlassstrom und eine hohe Feldeffektmobilität, erhalten werden.

[0151] Mit anderen Worten: Der CAC-OS kann auch als Matrix-Verbundmaterial oder Metall-Matrix-Verbundmaterial bezeichnet werden.

[0152] Die Verwendung der vorstehend beschriebenen Oxidhalbleitermaterialien für die Halbleiterschicht ermöglicht, dass ein sehr zuverlässiger Transistor bereitgestellt wird, bei dem eine Änderung der elektrischen Eigenschaften unterdrückt wird.

[0153] Dank des niedrigen Sperrstroms des Transistors kann eine Ladung, die über einen Transistor, der die vorstehend beschriebene Halbleiterschicht umfasst, 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 auf jedem Anzeigebereich angezeigt wird, aufrechterhalten wird. Als Ergebnis kann eine elektronische Vorrichtung mit sehr niedrigem Stromverbrauch erhalten werden.

[0154] 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 isolierender Film, wie z. B. ein Siliziumoxidfilm, ein Silizium-

nitridfilm, 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 wird.

[0155] Es sei angemerkt, dass ein FET **623** als Transistor dargestellt wird, der in dem Treiberschaltungsabschnitt **601** ausgebildet ist. Des Weiteren kann die Treiberschaltung mittels einer von verschiedenen Schaltungen, wie z. B. einer CMOS-Schaltung, einer PMOS-Schaltung und einer NMOS-Schaltung, ausgebildet werden. Obwohl bei dieser Ausführungsform ein treiberintegrierter Typ beschrieben wird, bei dem die Treiberschaltung über dem Substrat ausgebildet ist, ist die Treiberschaltung nicht notwendigerweise über dem Substrat ausgebildet, und die Treiberschaltung kann außerhalb des Substrats ausgebildet sein.

[0156] Der Pixelabschnitt **602** umfasst eine Vielzahl von Pixeln, die jeweils 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.

[0157] Es sei angemerkt, dass, um einen Endabschnitt der Anode **613** zu bedecken, ein Isolator **614** ausgebildet ist. Hier kann der Isolator **614** unter Verwendung eines positiven lichtempfindlichen Acryls ausgebildet sein.

[0158] 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 für ein 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.

[0159] 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, und sie kann als Anode dienen.

[0160] 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.

[0161] 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.

[0162] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung mit der Anode **613**, der EL-Schicht **616** und der Kathode **617** ausgebildet wird. Es handelt sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung um die Licht emittierende Vorrichtung, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben wird. 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.

[0163] Das Dichtungssubstrat **604** wird mit dem Dichtungsmittel **605** an dem Elementsubstrat **610** befestigt, so dass eine Licht emittierende Vorrichtung **618** in dem Raum **607** bereitgestellt ist, der von dem Elementsubstrat **610**, dem Dichtungssubstrat **604** und dem Dichtungsmittel **605** umgeben ist. Der Raum **607** ist mit einem Füllstoff gefüllt, und er kann mit einem Inertgas (wie z. B. Stickstoff oder Argon) oder dem Dichtungsmittel gefüllt sein. Vorzugsweise weist das Dichtungssubstrat einen vertieften Teil auf, der mit einem Trocknungsmittel bereitgestellt ist, wobei in diesem Fall eine Verschlechterung infolge des Einflusses der Feuchtigkeit unterdrückt werden kann.

[0164] Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise für das Dichtungsmittel **605** verwendet. Vorzugsweise lässt ein derartiges Material so wenig Feuchtigkeit oder Sauerstoff wie möglich durch. Als Dichtungssubstrat **604** kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat, das aus faserverstärkten Kunststoffen (fiber reinforced plastics, FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester oder Acryl ausgebildet wird, verwendet werden.

[0165] 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 isolierender Film ausgebildet werden. Der Schutzfilm kann derart ausgebildet werden, dass er einen freiliegenden Abschnitt des Dichtungsmittels **605** bedeckt. Der Schutzfilm kann derart bereitgestellt werden, dass Oberflächen und Seitenflächen des Paares von Substraten und freiliegende Seitenflächen einer Dichtungsschicht, einer isolierenden Schicht und dergleichen bedeckt werden.

[0166] Der Schutzfilm kann unter Verwendung eines Materials ausgebildet werden, das Verunreinigungen, wie z. B. Wasser, nicht leicht durchlassen. Somit kann die Diffusion von Verunreinigungen, wie z. B. Wasser, von außen in das Innere effektiv verhindert werden.

[0167] Als Material für den Schutzfilm können ein Oxid, ein Nitrid, ein Fluorid, ein Sulfid, eine ternäre Verbindung, ein Metall, ein Polymer oder dergleichen verwendet werden. Zum Beispiel kann das Material Aluminiumoxid, Hafniumoxid, Hafniumsilikat, Lanthanoxid, Siliziumoxid, Strontiumtitanat, Tantaloxid, Titanoxid, Zinkoxid, Nioboxid, Zirkoniumoxid, Zinnoxid, Yttriumoxid, Ceroxid, Scandiumoxid, Erbiumoxid, Vanadiumoxid, Indiumoxid, Aluminiumnitrid, Hafniumnitrid, Siliziumnitrid, Tantalnitrid, Titannitrid, Niobnitrid, Molybdännitrid, Zirkoniumnitrid, Galliumnitrid, ein Titan und Aluminium enthaltendes Nitrid, ein Titan und Aluminium enthaltendes Oxid, ein Aluminium und Zink enthaltendes Oxid, ein Mangan und Zink enthaltendes Sulfid, ein Cer und Strontium enthaltendes Sulfid, ein Erbium und Aluminium enthaltendes Oxid, ein Yttrium und Zirkonium enthaltendes Oxid oder dergleichen enthalten.

[0168] 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.

[0169] 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.

[0170] Die Licht emittierende Einrichtung, die unter Verwendung der bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung hergestellt wird, kann, wie vorstehend beschrieben, erhalten werden.

[0171] 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.

[0172] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** stellen jeweils ein Beispiel für eine Licht emittierende Einrichtung dar, die eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine weiße Lichtemission aufweist, und Farbschichten (Farbfilter) und der-

gleichen beinhaltet, um ein Vollfarbbild anzuzeigen. **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 Dichtungsmittel **1032** und dergleichen dar.

[0173] 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 sein. 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 Bedeckungsschicht **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.

[0174] **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 dieser Struktur können die Farbschichten zwischen dem Substrat **1001** und dem Dichtungssubstrat **1031** bereitgestellt werden.

[0175] Die vorstehend beschriebene Licht emittierende Einrichtung weist eine Struktur auf, bei der Licht von der Seite des Substrats **1001** aus extrahiert wird, wo FETs ausgebildet sind (eine Bottom-Emission-Struktur), aber sie kann auch eine Struktur aufweisen, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats **1031** aus extrahiert wird (eine 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 zum Schritt zum Ausbilden 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 isolierende Film kann eine Ebnungsfunktion aufweisen. Der dritte Zwischenschicht-Isolierfilm **1037** kann unter Verwendung eines Materials, das demjenigen des zweiten Zwischenschicht-Isolierfilms ähnlich ist, oder unter Verwendung eines von anderen bekannten Materialien ausgebildet werden.

[0176] Die Anoden **1024W**, **1024R**, **1024G** und **1024B** der Licht emittierenden Vorrichtungen sind hier zwar Anoden, jedoch können sie auch als Kathoden ausgebildet sein. Im Fall 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, mit der eine weiße Lichtemission erhalten werden kann.

[0177] 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 einer Abdeckungsschicht 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.

[0178] In der Licht emittierenden Einrichtung mit einer Top-Emission-Struktur kann eine Mikrokavitätsstruktur in geeigneter Weise zum Einsatz kommen. Eine Licht emittierende Vorrichtung mit einer Mikrokavitätsstruktur wird unter Verwendung einer reflektierenden Elektrode als Anode und einer transflektiven Elektrode als Kathode ausgebildet. Die Licht emittierende Vorrichtung mit einer Mikrokavitätsstruktur umfasst mindestens eine EL-Schicht zwischen der reflektierenden Elektrode und der transflektiven Elektrode. Die EL-Schicht umfasst mindestens eine Licht emittierende Schicht, die als Licht emittierender Bereich dient.

[0179] 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 transflektive 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.

[0180] Es wird Licht, das von der Licht emittierenden Schicht, die in der EL-Schicht enthalten ist, emittiert wird, von der reflektierenden Elektrode und der transflektiven Elektrode reflektiert und zur Resonanz gebracht.

[0181] In der Licht emittierenden Vorrichtung kann die optische Weglänge zwischen der reflektierenden Elektrode und der transflektiven 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 transflektiven Elektrode zur Resonanz gebracht wird, verstärkt werden, während das Licht mit einer Wellenlänge, die dazwischen nicht zur Resonanz gebracht wird, abgeschwächt werden kann.

[0182] 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 transflektive 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.

[0183] 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 der EL-Schicht 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.

[0184] Mit der Mikrokavitätsstruktur kann die Emissionsintensität mit einer bestimmten Wellenlänge in der Richtung nach vorne vergrößert 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.

[0185] 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.

[0186] 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 isolierenden Schicht **953** bedeckt. Eine Trennschicht **954** ist über der isolierenden Schicht **953** bereitgestellt. Die Seitenwände der Trennschicht **954** sind abgeschrägt, so dass der Abstand zwischen den Seitenwänden in Richtung der Oberfläche des Substrats allmählich abnimmt. Mit anderen Worten: Ein Querschnitt entlang der Richtung der kurzen Seite der Trennschicht **954** ist trapezförmig und die untere Seite (eine Seite des Trapez, die parallel zu der Oberfläche der isolierenden Schicht **953** und in Kontakt mit der isolierenden Schicht **953** ist) ist kürzer als die obere Seite (eine Seite des Trapez, die parallel zu der Oberfläche der isolierenden Schicht **953** und nicht in Kontakt mit der isolierenden Schicht **953** ist). Die auf diese Weise bereitgestellte Trennschicht **954** kann Fehler der Licht emittierenden Vorrichtung aufgrund der statischen

Elektrizität oder dergleichen verhindern. Die Licht emittierende Passiv-Matrix-Einrichtung umfasst 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.

[0187] Da viele mikrofeine Licht emittierende Vorrichtungen in einer Matrix in der vorstehend beschriebenen Licht emittierenden Einrichtung unabhängig voneinander gesteuert werden können, kann die Licht emittierende Einrichtung in geeigneter Weise als Anzeigevorrichtung zum Anzeigen von Bildern verwendet werden.

[0188] Diese Ausführungsform kann mit einer der anderen Ausführungsformen frei kombiniert werden.

(Ausführungsform 4)

[0189] 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**.

[0190] In der Beleuchtungsvorrichtung dieser Ausführungsform ist eine Anode **401** über einem Substrat **400** ausgebildet, das eine Stütze ist und eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft aufweist. Die Anode **401** entspricht der Anode **101** der Ausführungsform 2. Wenn Licht von der Seite der Anode **401** aus extrahiert wird, wird die Anode **401** unter Verwendung eines Materials mit einer Lichtdurchlässigkeitseigenschaft ausgebildet.

[0191] Eine Kontaktstelle **412** zum Anlegen einer Spannung an eine Kathode **404** ist über dem Substrat **400** ausgebildet.

[0192] 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. Man nehme Bezug auf die Beschreibungen bezüglich der Strukturen.

[0193] 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 Reflexionsvermögen ausgebildet, wenn Licht von der Seite der Anode **401** aus extrahiert wird. Die Kathode **404** ist mit der Kontaktstelle **412** verbunden, wodurch eine Spannung angelegt wird.

[0194] 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 hohe Emissionseffizienz aufweist, kann die Beleuchtungsvorrichtung dieser Ausführungsform einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

[0195] Das Substrat **400**, das mit einer Licht emittierenden Vorrichtung mit der vorstehenden Struktur bereitgestellt ist, wird mit Dichtungsmitteln **405** und **406** an einem Dichtungssubstrat **407** befestigt und das Abdichten wird durchgeführt, wodurch die Beleuchtungsvorrichtung vervollständigt wird. Es ist möglich, nur das Dichtungsmittel **405** oder das Dichtungsmittel **406** zu verwenden. Das innere Dichtungsmittel **406** (nicht in **Fig. 8B** dargestellt) kann mit einem Trocknungsmittel gemischt werden, wodurch die Adsorption von Feuchtigkeit in einem Raum **408** ermöglicht wird, was zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit führt.

[0196] Wenn sich Teile der Kontaktstelle **412** und der Anode **401** bis außerhalb der Dichtungsmittel **405** und **406** erstrecken, können die herausragenden Teile als externe Eingangsanschlüsse dienen. Ein IC-Chip **420**, der mit einem Wandler oder dergleichen montiert ist, kann über den externen Eingangsanschlüssen bereitgestellt werden.

[0197] Die Beleuchtungsvorrichtung, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, umfasst als EL-Vorrichtung 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.

[0198] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für elektronische Vorrichtungen beschrieben, die jeweils die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung beinhalten. 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 Vorrichtungen jeweils einen Licht emittierenden Abschnitt mit hoher Zuverlässigkeit umfassen.

[0199] Beispiele für die elektronischen Vorrichtungen, die die vorstehende Licht emittierende Vorrichtung beinhalten, umfassen ein Fernsehgerät (auch als Fernseher oder Fernsehempfänger bezeichnet), einen Monitor für einen Computer oder dergleichen, eine Digitalkamera, eine digitale Videokamera, einen digitalen Fotorahmen, ein Handy (auch als Mobiltelefon oder Mobiltelefongerät bezeichnet), eine tragbare Spielkonsole, ein tragbares Informationsendgerät, eine Audiowiedergabevorrichtung und einen großen Spielautomaten, wie z. B. einen Flipperautomaten. Spezifische Beispiele für diese elektronischen Vorrichtungen werden nachstehend beschrieben.

[0200] **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.

[0201] Das Fernsehgerät kann mittels eines Bedienschalters des Gehäuses **7101** oder einer separaten Fernbedienung **7110** bedient werden. Durch Bedientasten **7109** der Fernbedienung **7110** können die Kanäle und die Lautstärke gesteuert werden und die auf dem Anzeigeabschnitt **7103** angezeigten Bilder können gesteuert werden. Des Weiteren kann die Fernbedienung **7110** mit einem Anzeigeabschnitt **7107** zum Anzeigen von Daten versehen sein, die von der Fernbedienung **7110** ausgegeben werden.

[0202] Es sei angemerkt, dass das Fernsehgerät mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen versehen ist. Unter Verwendung des Empfängers kann eine allgemeine Fernsehsendung empfangen werden. Wenn das Fernsehgerät ferner über das Modem drahtlos oder nicht drahtlos mit einem Kommunikationsnetzwerk verbunden ist, kann eine monodirektionale (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine bidirektionale (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Datenkommunikation durchgeführt werden.

[0203] **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** anstatt der Tastatur **7204** und der Zeigevorrichtung **7206** versehen. Der zweite Anzeigeabschnitt **7210** ist ein Touchscreen, und ein Eingabevorgang kann durchgeführt werden, indem die Anzeige zum Eingeben auf dem zweiten Anzeigeabschnitt **7210** mit einem Finger oder einem zugehörigen Stift berührt wird. Der zweite Anzeigeabschnitt **7210** kann auch andere Bilder als die Anzeige für die Eingabe anzeigen. Der Anzeigeabschnitt **7203** kann ebenfalls ein Touchscreen sein. Durch Verbinden der zwei Bildschirme mittels eines Gelenks können Probleme verhindert werden; beispielsweise kann verhindert werden, dass die Bildschirme Risse bekommen oder beschädigt werden, während der Computer gelagert wird oder man ihn mitführt.

[0204] **Fig. 9C** stellt ein Beispiel für ein tragbares Endgerät dar. Ein Handy ist mit einem Anzeigeabschnitt **7402**, der in einem Gehäuse **7401** eingebaut ist, einem Bedienknopf **7403**, einem externen Verbindungsanschluss **7404**, einem Lautsprecher **7405**, einem Mikrofon **7406** und dergleichen bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass das Handy den Anzeigeabschnitt **7402** aufweist, der die Licht emittierenden Vorrichtungen beinhaltet, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden sind und in einer Matrix angeordnet sind.

[0205] 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.

[0206] 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 Daten, 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.

[0207] 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 auf nahezu dem gesamten Bildschirm des Anzeigeabschnitts **7402** angezeigt wird/werden.

[0208] Wenn eine Erfassungsvorrichtung, die einen Sensor zum Erfassen der Neigung, wie z. B. einen Gyroskopsensor 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 (je nachdem, ob das tragbare Endgerät horizontal oder vertikal gestellt ist) geändert werden.

[0209] 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 für bewegliche Bilder ist, wird der Bildschirmmodus in den Anzeigemodus umgeschaltet. Wenn das Signal ein Signal von Daten für einen Text ist, wird der Bildschirmmodus in den Eingabemodus umgeschaltet.

[0210] Des Weiteren kann dann, wenn bei dem Eingabemodus keine Eingabe durch Berühren des Anzeigeabschnitts **7402** für eine bestimmte Dauer 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.

[0211] Der Anzeigeabschnitt **7402** kann auch als Bildsensor dienen. Zum Beispiel wird ein Bild eines Handabdrucks, eines Fingerabdrucks oder dergleichen durch Berührung des Anzeigeabschnitts **7402** mit der Handfläche oder dem Finger aufgenommen, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt werden kann. Ferner kann, indem eine Hintergrundbeleuchtung oder eine Abtast-Lichtquelle, die Nah-Infrarotlicht emittiert, in dem Anzeigeabschnitt bereitgestellt ist, ein Bild einer Fingervene, einer Handflächenvene oder dergleichen aufgenommen werden.

[0212] Es sei angemerkt, dass die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur mit einer der bei den Ausführungsformen 1 bis 4 beschriebenen Strukturen in angemessener Weise kombiniert werden kann.

[0213] Wie vorstehend beschrieben, ist der Anwendungsbereich der Licht emittierenden Einrichtung mit der bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung sehr umfangreich, so dass diese Licht emittierende Einrichtung in elektronischen Vorrichtungen verschiedener Gebiete verwendet werden kann. Indem die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung verwendet wird, kann eine elektronische Vorrichtung erhalten werden, die eine hohe Zuverlässigkeit aufweist.

[0214] Fig. 10A ist eine schematische Ansicht, die ein Beispiel für einen Reinigungsroboter darstellt.

[0215] 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.

[0216] Der Reinigungsroboter **5100** ist selbstfahrend, erfasst Staub **5120** und saugt durch die Einlassöffnung, die auf der Unterseite bereitgestellt ist, den Staub ab.

[0217] 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.

[0218] 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.

[0219] Der Reinigungsroboter **5100** kann mit einer tragbaren elektronischen Vorrichtung **5140**, wie z. B. einem Smartphone, kommunizieren. Die tragbare elektronische Vorrichtung **5140** kann durch die Kameras **5102** aufgenommene Bilder anzeigen. Dementsprechend kann ein Besitzer des Reinigungsroboters **5100** selbst dann, wenn der Besitzer nicht zu Hause ist, sein Zimmer überwachen. Der Besitzer kann auch die Anzeige auf dem Display **5101** durch die tragbare elektronische Vorrichtung **5140**, wie z. B. ein Smartphone, überprüfen.

[0220] Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für das Display **5101** verwendet werden.

[0221] 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**.

[0222] Das Mikrofon **2102** weist eine Funktion auf, eine Sprechstimme eines Benutzers, ein Umgebungsgeräusch und dergleichen zu erfassen. Der Lautsprecher **2104** weist eine Funktion auf, Ton auszugeben. Der Roboter **2100** kann unter Verwendung des Mikrofons **2102** und des Lautsprechers **2104** mit einem Benutzer kommunizieren.

[0223] 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.

[0224] 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.

[0225] **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, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahlen), ein Mikrofon **5008**, einen Anzeigeabschnitt **5002**, einen Träger **5012** und einen Ohrhörer **5013**.

[0226] Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigeabschnitt **5001** und den Anzeigeabschnitt **5002** verwendet werden.

[0227] **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.

[0228] **Fig. 12** stellt ein Beispiel dar, in dem die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung für eine Innenraumbeleuchtungsvorrichtung **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 emittie-

rende Vorrichtung für eine großflächige Beleuchtungsvorrichtung 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.

[0229] 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 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung für eine Autowindschutzscheibe und ein Autoarmaturenbrett verwendet wird. Anzeigebereiche **5200** bis **5203** beinhalten jeweils die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung.

[0230] Die Anzeigebereiche **5200** und **5201** sind Anzeigevorrichtungen, die in der Autowindschutzscheibe bereitgestellt sind und in denen die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen eingebaut sind. 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 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 Ansteuertransistor 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.

[0231] Eine Anzeigevorrichtung, die die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschriebene Licht emittierende Vorrichtung umfasst, ist in dem Anzeigebereich **5202** in einem Säulenabschnitt bereitgestellt. Der Anzeigebereich **5202** kann die von der Säule behinderte Sicht durch Anzeigen eines Bildes, das von einer Abbildungseinheit in der Karosserie aufgenommen wird, ergänzen. Der Anzeigebereich **5203** in dem Teil des Armaturenbretts kann in ähnlicher Weise die von der Karosserie behinderte Sicht durch Anzeigen eines Bildes, das von einer Abbildungseinheit außerhalb des Autos aufgenommen wird, ergänzen. Daher können tote Winkel beseitigt werden, um die Sicherheit zu erhöhen. Das Anzeigen von Bildern zur Ergänzung für die Bereiche, die ein Fahrer nicht sehen kann, ermöglicht, dass der Fahrer einfach und bequem die Sicherheit feststellt.

[0232] Der Anzeigebereich **5203** kann verschiedene Arten von Informationen bereitstellen. Der Inhalt oder die Anordnung der Anzeige kann von einem Benutzer in angemessener Weise frei geändert werden. Es sei angemerkt, dass derartige Informationen auch auf den Anzeigebereichen **5200** bis **5202** angezeigt werden können. Die Anzeigebereiche **5200** bis **5203** können auch als Beleuchtungsvorrichtungen verwendet werden.

[0233] **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 ist. Trotz seines großen Anzeigebereichs **5152** ist das tragbare Informationsendgerät **5150** kompakt und weist eine hohe Tragbarkeit auf, wenn es zusammengeklappt ist.

[0234] 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.

[0235] Es sei angemerkt, dass der Anzeigebereich **5152** ein Touchscreen (eine Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung) sein kann, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) beinhaltet. Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigebereich **5152** verwendet werden.

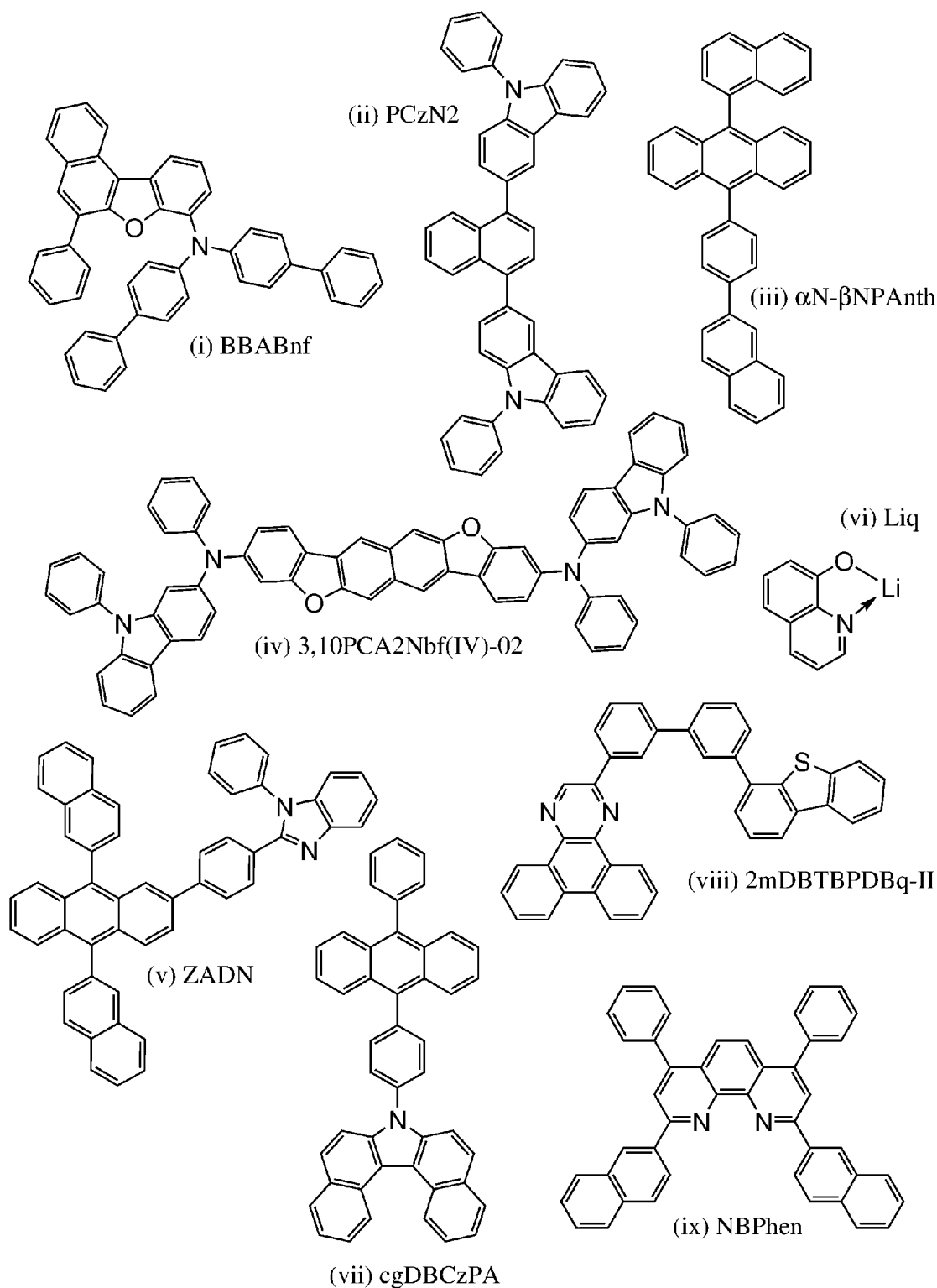
[0236] **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** stellen ein klappbares, tragbares Informationsendgerät **9310** dar. **Fig. 15A** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** dar, das aufgeklappt ist. **Fig. 15B** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** während des Aufklappens oder des Zusammenklappens dar. **Fig. 15C** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** dar, das zusammengeklappt ist. Das tragbare Informationsendgerät **9310** ist sehr gut tragbar, wenn es zusammengeklappt ist. Das tragbare Informationsendgerät **9310** ist im aufgeklappten Zustand aufgrund eines übergangslosen großen Anzeigebereichs sehr gut durchsuchbar.

[0237] Ein Anzeigefeld **9311** wird 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 Eingabevorrichtung) beinhaltet. Das tragbare Informationsendgerät **9310** kann in seiner Form reversibel von dem aufgeklappten Zustand in den zusammengeklappten Zustand geändert 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]

[0238] In diesem Beispiel werden Herstellungsverfahren und Ergebnisse der Impedanzspektroskopie-Messung einer Licht emittierenden Vorrichtung **1** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und einer Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung **1** beschrieben. Strukturformeln von organischen Verbindungen, die für die Licht emittierende Vorrichtung **1** und die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung **1** verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Chemische Formeln 3]



(Herstellungsverfahren der Licht emittierenden Vorrichtung 1)

[0239] 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.

[0240] Als Nächstes wurde bei einer Vorbehandlung zum Ausbilden der Licht emittierenden Vorrichtung über einem Substrat eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und eine Stunde lang bei 200 °C gebacken, und dann wurde eine UV-Ozon-Behandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

[0241] 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.

[0242] 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 ALD-MP001Q (hergestellt von Analysis Atelier Corporation, Material-Seriennummer 1S20180314) durch Co-Verdampfung mittels eines Widerstandserwärmungsverfahrens in einer Dicke von 10 nm auf der Anode **101** derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von BBABnf zu ALD-MP001Q 1:0,1 war, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass ALD-MP001Q eine organische Verbindung mit einer Akzeptoreigenschaft ist.

[0243] Anschließend wurde BBABnf durch Verdampfung in einer Dicke von 20 nm über der Lochinjektionsschicht **111** abgeschieden, um die erste Lochtransportschicht **112-1** auszubilden, und anschließend 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 Elektronen blockierende Schicht dient.

[0244] Anschließend wurden 9-(1-Naphthyl)-10-[4-(2-naphthyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: α N- β NPAnth), 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 NPAnth zu 3,10PCA2Nbf(IV)-02 1:0,015 war, wodurch die Licht emittierende Schicht **113** ausgebildet wurde.

[0245] Dann wurden 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-Hydroxychinolinato-lithium (Abkürzung: Liq), das durch die Strukturformel (vi) dargestellt wird (hergestellt von Chemipro Kasei Kaisha, Ltd., Seriennummer 181201), durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 12,5 nm über der Licht emittierenden Schicht **113** derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 0,7:1 war, und sukzessiv wurden ZADN und Liq durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 12,5 nm derart abgeschieden, dass das Gewichtsverhältnis von ZADN zu Liq 1:0,7 war, wodurch die Elektronentransportschicht **114** ausgebildet wurde.

[0246] Nach dem Ausbilden der Elektronentransportschicht **114** wurde Liq durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm abgeschieden, um die Elektroneninjectionsschicht **115** auszubilden. Anschließend wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm abgeschieden, um die Kathode **102** auszubilden. Somit wurde die Licht emittierende Vorrichtung **1** dieses Beispiels hergestellt.

(Herstellungsverfahren der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1)

[0247] Die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung **1** wurde auf die gleiche Weise wie die Licht emittierende Vorrichtung **1** hergestellt, mit der Ausnahme, dass α N- β NPAnth in der Licht emittierenden Schicht **113** durch 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), das durch die Strukturformel (vii) dargestellt wird, ersetzt wurde und die Elektronentransportschicht **114** durch Verdampfung von 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), das durch die Strukturformel (viii) dargestellt wird, in einer Dicke von 15 nm und dann durch Verdampfung von 2,9-Di(2-naphthyl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), das durch die Strukturformel (ix) dargestellt wird, in einer Dicke von 10 nm ausgebildet wurde.

[0248] Die Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtung **1** und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung **1** werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 3]

Licht emittierende Vorrichtung 1						
Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektro-neninjekti-onsschicht
	1	2		1	2	
10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	12,5 nm	12,5 nm	1 nm
BBABnf: ALD- MP001Q (1 :0,1)	BBABnf	PCzN2	α N- β NPAnth : 3, 10PCANbf(IV) -02 (1:0,015)	ZADN: Liq		Liq
				(0,7: 1)	(1:0,7)	
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1						
Lochinjektions-schicht	Lochtransportschicht		Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektro-neninjekti-onsschicht
	1	2		1	2	
10 nm	20 nm	10 nm	25 nm	15 nm	10 nm	1 nm
BBABnf: ALD- MP001Q (1 :0,1)	BBABnf	PCzN2	cgDBCzPA: 3, 10PCANbf(IV) -02 (1:0,015)	2mDBT- BPDBq -II	NBPhen	Liq

[0249] Die HOMO-Niveaus, die LUMO-Niveaus und die Elektronenmobilitäten der organischen Verbindungen, die in diesem Beispiel verwendet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Elektronenmobilitäten wurden zu dem Zeitpunkt gemessen, zu dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm] 600 war.

[Tabelle 4]

	HOMO-Ni- veau (eV)	LUMO-Ni- veau (eV)	Elektronenmobilität (cm ² /Vs)
BBABnf	-5,56	-	-
PCzN2	-5,71	-	-
α N- β NPAnth	-5,85	-2,74	-
ZADN	-	-2,87	-
ZADN:Liq (1:1)	-	-	3,5×10 ⁻⁶
cgDBCzPA	-5,69	-2,74	7,7×10 ⁻⁵
2mDBTBPDBq-II	-	-2,94	2,2×10 ⁻⁶

[0250] Die Licht emittierenden Vorrichtungen wurden unter Verwendung eines Glassubstrats in einem eine Stickstoffatmosphäre enthaltenden Handschuhkasten derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmittel wurde derart aufgetragen, dass es die Vorrichtungen umschließt, und beim Abdichten wurden eine UV-Behandlung und eine Wärmebehandlung 1 Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Dann wurden die anfänglichen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtungen gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur durchgeführt wurde. Tabelle 5 zeigt die Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtung 1 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1 bei einer Leuchtdichte von etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 5]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	C chroma- tizität x	C chroma- tizität y	Stromef- fizienz (cd/A)	externe Qua- nteneffi- zienz (%)
Licht emittierende Vorrichtung 1	3,1	0,32	8,1	0,14	0,13	12,0	11,5
Licht emittierende Vergleichsvorrich- tung 1	4,4	0,29	7,2	0,14	0,13	10,6	10,2

[0251] Tabelle 5 zeigt, dass die Licht emittierende Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1 blaues Licht emittierende Vorrichtungen mit vorteilhaften anfänglichen Eigenschaften sind.

[0252] Fig. 20 ist ein Graph, der eine Änderung der Leuchtdichte über die Betriebsdauer bei einer Stromdichte von 50 mA/cm² zeigt. Wie in Fig. 20 gezeigt, erhöht sich die Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nach dem Start des Betriebs, wird sie höher als die anfängliche Leuchtdichte, und dann verringert sie sich allmählich. Das heißt, dass die Zerfallskurve den Maximalwert aufweist. Dies führt zu einer signifikanten Verbesserung der Betriebsdauer insbesondere in dem Zustand mit einem geringen Zerfall von ungefähr 2 % bis 5 % bezüglich der anfänglichen Leuchtdichte.

[0253] Als Nächstes wurden die Licht emittierende Vorrichtung 1 und die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1 einer Impedanzspektroskopie-Messung (IS-Messung) unterzogen. Ein mikro-sinusförmiges Spannungssignal ($V = V_0[\exp(i\omega t)]$) wurde an die Licht emittierenden Vorrichtungen angelegt, und die Impedanz ($Z = V/I$) wurde aus einer Phasendifferenz zwischen der Stromamplitude eines Ansprechstromsignals ($I = I_0 \exp[i(\omega t + \phi)]$) und dem eingegebenen Signal erhalten. Indem die Spannung an die Licht emittierende Vorrichtung angelegt wird, während die Frequenz der Spannung von einem hohen Pegel zu einem niedrigen Pegel geändert wird, können Komponenten mit unterschiedlichen Relaxationszeiten, die zu der Impedanz beitragen, getrennt und gemessen werden.

[0254] Die erhaltene Impedanz wird auf der komplexen Ebene geplottet (ein Nyquist-Plot), wobei die Frequenz des angelegten Spannungssignals als Parameter verwendet wird. Aus der Impedanz (Z) können die Admittanz (Y), der Modul (M), die Dielektrizitätskonstante (ϵ) und dergleichen, welche grundlegende Übertragungsfunktionen sind, erhalten werden.

[0255] In diesem Beispiel wurden die Licht emittierenden Vorrichtungen analysiert, indem ein Impedanz- (Z-) Plot, dessen reale Achse einen Widerstand ergibt, und ein Modul- (M-) Plot, der den Kehrwert einer Kapazität ergibt, verwendet wurden.

[0256] Die Messung wurde mit einem Kabel für die Messung eines sehr geringen Stroms durchgeführt, das mit einem elektrochemischen Hochleistungsmesssystem, SP-300 (fortgeschrittenes Modell, hergestellt von BioLogic), kombiniert wird.

[0257] Fig. 21A und Fig. 21B zeigen die Z-Plots der Licht emittierenden Vorrichtung 1 bzw. der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1. In Fig. 21A und Fig. 21B wurde die Messung durchgeführt, wobei die Frequenz im Bereich von 1 MHz bis 3 MHz lag, eine Wechselspannung 100 mV war und eine angelegte Spannung 2,5 V war. Um die Vorrichtungen nach dem Betrieb zu erhalten, wurde die Licht emittierende Vorrichtung 1 bei 50 mA/cm² 670 Stunden lang betrieben und wurde die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1 bei 50 mA/cm² 380 Stunden lang betrieben.

[0258] Fig. 21A zeigt, dass der Widerstand der Licht emittierenden Vorrichtung 1 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nach dem Betrieb niedriger ist als derjenige vor dem Betrieb. Im Gegensatz dazu zeigt Fig. 21B, dass der Widerstand der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1, die eine herkömmliche Vorrichtung ist, nach dem Betrieb leicht höher ist als derjenige vor dem Betrieb.

[0259] Fig. 22 zeigt eine Änderung der Spannung über die Betriebsdauer bei einer konstanten Stromdichte von 50 mA/cm². In Fig. 22 verringert sich die Betriebsspannung der Licht emittierenden Vorrichtung 1 einer

Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beim Betrieb bei einer konstanten Stromdichte, was das Ergebnis in Übereinstimmung mit dem IS-Messergebnis zeigt, das auf eine Verringerung des Widerstandes infolge des Betriebs hindeutet.

[0260] Es sei angemerkt, dass sich die Betriebsspannung der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung **1**, die eine herkömmliche Vorrichtung ist, mit dem Betrieb erhöht, was auch das Ergebnis in Übereinstimmung mit dem IS-Messergebnis zeigt. Es gibt die Tendenz, dass fast alle herkömmlichen Licht emittierenden Vorrichtungen eine derartige Betriebsspannung aufweisen, die sich mit dem Betrieb bei einer konstanten Stromdichte erhöht. Die Verringerung der Betriebsspannung mit dem Betrieb ist ein charakteristisches Merkmal der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0261] Als Nächstes wird der M-Plot der Licht emittierenden Vorrichtung **1** in **Fig. 23** gezeigt. Die Kurvenform vor dem Betrieb unterscheidet sich von derjenigen nach dem Betrieb, was nahelegt, dass sich der Modul vor und nach dem Betrieb ändert.

[0262] Dann wurde der Graph unter Verwendung einer Analysesoftware einer Ersatzschaltung, ZView (Scribner Associates Inc., US), angepasst, wodurch eine Ersatzschaltung der Licht emittierenden Vorrichtung bereitgestellt werden kann, die aus vier RC-Parallelschaltungen und einem Serienwiderstand, wie in **Fig. 18** gezeigt, besteht. Es sei angemerkt, dass die Zahlen in dem M-Plot die entsprechenden Widerstände darstellen, die in der Ersatzschaltung angeordnet sind und durch Anpassung getrennt werden.

[0263] **Fig. 19** ist ein Graph, der durch Plotten der getrennten Widerstandswerte vor und nach dem Betrieb erhalten wird. Dies deutet darauf hin, dass nur der Widerstand **R2** nach dem Betrieb um eine oder mehrere Ziffern niedriger ist als derjenige vor dem Betrieb.

[0264] Um zu untersuchen, welche Schicht in der Licht emittierenden Vorrichtung **1** jedem Widerstand entspricht, wurden Licht emittierende Vorrichtungen, die Schichten mit unterschiedlichen Dicken aufweisen (Licht emittierende Vorrichtungen **2** bis **8**), hergestellt und der IS-Messung unterzogen. Es sei angemerkt, dass diese Licht emittierenden Vorrichtungen die gleiche Struktur wie die Licht emittierende Vorrichtung **1** aufweisen, mit Ausnahme der Zusammensetzung der Elektronentransportschicht **114** und der Dicken mit fettgedruckten Zahlen in der folgenden Tabelle. Bezüglich der Elektronentransportschicht **114** weist die Licht emittierende Vorrichtung **1** eine zweischichtige Struktur aus der 12,5 nm dicken ersten Elektronentransportschicht **114-1** (ZADN: Liq = 0,7:1) und der 12,5 nm dicken zweiten Elektronentransportschicht **114-2** (ZADN: Liq = 1:0,7) auf, wohingegen die Licht emittierenden Vorrichtungen **2** bis **5** eine einzelne Elektronentransportschicht (ZADN: Liq = 1:1) mit einer Dicke von 25 nm, 35 nm, 45 nm bzw. 55 nm beinhalten und die Licht emittierenden Vorrichtungen **6** bis **8** eine einzelne Elektronentransportschicht (ZADN: Liq = 1:1) mit einer Dicke von 25 nm beinhalten.

[Tabelle 6]

	Erste Lochtransportschicht (nm)	Licht emittierende Schicht (nm)	Elektronentransportschicht (nm)
Licht emittierende Vorrichtung 2	20	25	25
Licht emittierende Vorrichtung 3	20	25	35
Licht emittierende Vorrichtung 4	20	25	45
Licht emittierende Vorrichtung 5	20	25	55
Licht emittierende Vorrichtung 6	20	40	25
Licht emittierende Vorrichtung 7	20	55	25
Licht emittierende Vorrichtung 8	50	25	25

[0265] Die IS-Messung wurde an den Licht emittierenden Vorrichtungen **2** bis **8** durchgeführt, und die M-Plots wurden auf der Grundlage der erhaltenen Ergebnisse erstellt (**Fig. 24A** und **Fig. 24B**, **Fig. 25A** und **Fig. 25B** sowie **Fig. 26A** und **Fig. 26B**). **Fig. 24A** zeigt die M-Plots der Licht emittierenden Vorrichtungen **3** bis **5** mit unterschiedlichen Dicken der Elektronentransportschicht **114** und der Licht emittierenden Referenzvorrichtung **2**; **Fig. 25A**, die M-Plots der Licht emittierenden Vorrichtungen **6** und **7** mit unterschiedlichen Dicken der Licht emittierenden Schicht **113** und der Licht emittierenden Referenzvorrichtung **2**; und **Fig. 26A**, die M-Plots der Licht emittierenden Vorrichtung **8** mit einer unterschiedlichen Dicke der ersten Lochtransportschicht **112-1** und der Licht emittierenden Referenzvorrichtung **2**.

[0266] **Fig. 24A**, **Fig. 25A** und **Fig. 26A** zeigen, dass sich die Form des M-Plots in Abhängigkeit von der Dicke jeder Schicht ändert. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 24B**, **Fig. 25B** und **Fig. 26B** die Widerstände der Licht emittierenden Vorrichtungen für jeden der Widerstände **R1** bis **R5** geplottet werden, die denjenigen in der Ersatzschaltung entsprechen, die durch Anpassung unter Verwendung von ZView erhalten wird.

[0267] **Fig. 24A** und **Fig. 24B**, **Fig. 25A** und **Fig. 25B** sowie **Fig. 26A** und **Fig. 26B** zeigen, dass sich der Widerstand **R2** in der Licht emittierenden Vorrichtung mit einer unterschiedlichen Dicke der Elektronentransportschicht **114** ändert, dass sich der Widerstand **R1** in der Licht emittierenden Vorrichtung mit einer unterschiedlichen Dicke der Licht emittierenden Schicht **113** ändert und dass sich der Widerstand **R3** in der Licht emittierenden Vorrichtung mit einer unterschiedlichen Dicke der ersten Lochtransportschicht **112-1** ändert. Somit wurde in der Ersatzschaltung der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in **Fig. 18** festgestellt, dass **R1**, **R2** und **R3** der Licht emittierenden Schicht, der Elektronentransportschicht bzw. der ersten Lochtransportschicht entsprechen, was nahelegt, dass es sich bei **R4** um die zweite Lochtransportschicht handelt.

[0268] Aus dem Vorstehenden wurde herausgefunden, dass sich der Widerstand **R2**, der sich vor und nach dem Betrieb ändert, von der Elektronentransportschicht **114** ableitet.

[0269] Wie vorstehend beschrieben, weist die Licht emittierende Vorrichtung **1** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine lange Lebensdauer auf und ist der Widerstand der gesamten Licht emittierenden Vorrichtung **1** nach dem Betrieb niedriger als derjenige vor dem Betrieb. Es wurde herausgefunden, dass sich diese Verringerung des Widerstandes von der Verringerung des Widerstandes der Elektronentransportschicht **114** ableitet.

[0270] Aus den vorstehenden Ergebnissen verringert sich dann, wenn die Licht emittierende Vorrichtung **1** betrieben wird, der Widerstand der Elektronentransportschicht **114**, um Ladungsträger (Elektronen) leicht fließen zu lassen, so dass sich das Ende des Rekombinationsbereichs, das sich bis zu einem Teil der Elektronentransportschicht **114** erstreckt, in Richtung des Licht emittierenden Bereichs verschiebt. Als Ergebnis kann die Energie der Rekombination, die ohne Beitrag zur Lichtemission in der Elektronentransportschicht deaktiviert worden ist, in eine Lichtemission umgewandelt werden, was wahrscheinlich, wie in **Fig. 20** gezeigt, die Erhöhung der Leuchtdichte hervorruft.

[0271] Die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann, wie vorstehend beschrieben, eine lange Lebensdauer aufweisen.

[Beispiel 2]

[0272] In diesem Beispiel werden Beispiele für ein Material beschrieben, das für die Elektronentransportschicht **114** verwendet werden kann und dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom fließt (wenn eine Licht emittierende Vorrichtung betrieben wird).

[0273] Als Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, kann vorzugsweise ein metallorganischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls oder ein Mischmaterial aus einer Elektronen transportierenden organischen Verbindung und einem metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls verwendet werden. In diesem Beispiel werden die Berechnungsergebnisse gezeigt, bei denen 2-Phenyl-3-{4-[10-(3-pyridyl)-9-anthryl]phenyl}chinoxalin (Abkürzung: PyA1PQ) als Elektronen transportierende organische Verbindung und Liq als metallorganischer Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls verwendet werden.

[0274] Zuerst wurde die Leichtigkeit der Bildung eines Multimers von Liq in einem Film, in dem PyA1PQ und Liq in einem Gewichtsverhältnis von 1:1 gemischt wurden, durch klassische Molekulardynamik-Simulation be-

rechnet. Insbesondere wurden Moleküle von PyA1 PQ und Liq in eine Zelle derart gegeben, dass sie basierend auf einem Gewichtsverhältnis von 1:1 ein Molverhältnis von 18:82 aufweisen; die Zelle wurde bei hoher Temperatur und hohem Druck komprimiert; und der Druck und die Temperatur wurden auf einen atmosphärischen Druck bzw. eine Raumtemperatur verringert, um die Zelle zu entlasten, so dass ein amorphes Modell erhalten wurde. Bei der Untersuchung der Kondensation von Molekülen in der Zelle wurden eine Assoziation von Liq, wie z. B. ein Dimer oder ein Trimer, und ein Cluster von Liq, wie z. B. ein Hexamer, extrahiert. Dies deutet darauf hin, dass der Multimer von Liq selbst bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck leicht gebildet wird.

[0275] Anschließend wurden die Stabilität eines Liq-Moleküls allein und die Stabilität eines Multimers davon durch die Strukturoptimierung unter Verwendung einer Ab-initio-Rechnung verglichen. Die Berechnung der Strukturoptimierung wurde unter Vakuumbedingungen durchgeführt, indem Gaussian **09**, Revision E.01 und RB3LYP/6-311g(d,p) als Basisfunktion verwendet wurden. Die Untersuchung wurde wie folgt durchgeführt: Die Energie eines Liq-Moleküls allein wurde mit der Energie von Multimeren von Liq verglichen; die Menge an Energie, die durch Multimerisierung stabilisiert wurde, wurde berechnet und durch die Anzahl von Liq-Molekülen geteilt; und die stabilisierte Energie pro Liq-Molekül wurde berechnet. Die Berechnung und Untersuchung wurden an einem Dimer, einem Trimer, einem Tetramer, einem Hexamer und einem Oktamer von Liq durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 27** gezeigt.

[0276] Aus dem Graphen von **Fig. 27** ist das Hexamer von Liq das stabilste, und die stabilisierte Energie pro Liq-Molekül ist ungefähr 1,54 eV. Dies deutet darauf hin, dass das Hexamer von Liq eine stabile Struktur aufweist und wahrscheinlich bevorzugt gebildet wird. Gemäß der Berechnung gibt es keine große Differenz der Stabilisierungsenergie von dem Tetramer zu dem Oktamer von Liq, was bedeutet, dass das Tetramer oder mehr leicht als Multimere erzeugt werden.

[0277] Daher werden Multimere von Liq, das in der Elektronentransportschicht verwendet wird, wahrscheinlich allmählich gebildet, wenn die Licht emittierende Vorrichtung betrieben wird (ein Strom fließt). Mit anderen Worten: In dem Material, dessen spezifischer Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, werden Multimere des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls allmählich gebildet, um die Elektronenmobilität zu erhöhen und den Widerstand zu verringern.

[0278] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Ladungsträgergleichgewicht derart angepasst, dass der Rekombinationsbereich in der anfänglichen Betriebsphase die Elektronentransportschicht erreicht; wenn die Licht emittierende Vorrichtung weiter betrieben wird, wird ein Cluster des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls in der Elektronentransportschicht gebildet, wodurch sich die Elektronenmobilität erhöht und sich das Ladungsträgergleichgewicht ändert. Als Ergebnis liegt der Rekombinationsbereich innerhalb der Licht emittierenden Schicht, um die Leuchtdichte zu erhöhen, so dass die Licht emittierende Vorrichtung eine lange Lebensdauer und einen kleinen anfänglichen Zerfall aufweisen kann.

<Referenzbeispiel 1 >

[0279] In diesem Referenzbeispiel werden Verfahren zum Berechnen der HOMO-Niveaus, der LUMO-Niveaus und der Elektronenmobilitäten der organischen Verbindungen, die in den Beispielen verwendet werden, beschrieben.

[0280] Das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau können durch eine Cyclovoltammetrie- (CV-) Messung berechnet werden.

[0281] 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] bezüglich der 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] = $-4,94 - E_c$.

[0282] Die Elektronenmobilität kann durch ein Impedanzspektroskopie- (IS-) Verfahren gemessen werden.

[0283] Als Verfahren zum Messen der Ladungsträgermobilität eines EL-Materials sind ein Flugzeit- (time-of-flight, TOF-) Verfahren, ein Verfahren unter Verwendung von I-V-Eigenschaften eines raumladungsbegrenzten Stroms (space-charge-limited current, SCLC) oder dergleichen seit langem bekannt. Das TOF-Verfahren erfordert eine Probe mit einer viel größeren Dicke als diejenige einer tatsächlichen organischen EL-Vorrichtung. Das SCLC-Verfahren hat den Nachteil, dass beispielsweise die Abhängigkeit der Ladungsträgermobilität von der elektrischen Feldstärke nicht erhalten werden kann. Da ein organischer Film, der für die Messung mittels des IS-Verfahrens erforderlich ist, dünn (etwa mehrere hundert Nanometer) ist, kann der organische Film aus einer relativ kleinen Menge an EL-Materialien ausgebildet werden, wodurch die Mobilität mit einer Dicke nahe der Dicke eines Films in einer tatsächlichen EL-Vorrichtung gemessen werden kann. In diesem Verfahren kann auch die Abhängigkeit der Ladungsträgermobilität von der elektrischen Feldstärke gemessen werden.

[0284] Bei dem IS-Verfahren wird ein mikro-sinusförmiges Spannungssignal ($V = V_0[\exp(j\omega t)]$) an eine EL-Vorrichtung angelegt, und die Impedanz der EL-Vorrichtung ($Z = V/I$) wird aus einer Phasendifferenz zwischen der Stromamplitude eines Ansprechstromsignals ($I = I_0 \exp[j(\omega t + \phi)]$) und dem eingegebenen Signal erhalten. Indem die Spannung an die EL-Vorrichtung angelegt wird, während die Frequenz der Spannung von einem hohen Pegel zu einem niedrigen Pegel geändert wird, können Komponenten mit unterschiedlichen Relaxationszeiten, die zu der Impedanz beitragen, getrennt und gemessen werden.

[0285] Hier kann die Admittanz Y ($= 1/Z$), die der Kehrwert der Impedanz ist, durch Leitwert G und Suszeptanz B dargestellt werden, wie in der folgenden Formel (1) gezeigt.

[Formel 1]

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

[0286] Außerdem kann eine Berechnung der folgenden Formeln (2) und (3) durch ein einziges Injektionsmodell durchgeführt werden. Hier ist g in der Formel (4) ein differentieller Leitwert. In der Formel stellt C eine Kapazität dar; θ , einen Durchgangswinkel (ωt); ω , eine Winkelfrequenz; und t , eine Durchgangszeit. Für die Analyse werden die Stromgleichung, die Poisson-Gleichung und die Stromkontinuitätsgleichung verwendet, und ein Diffusionsstrom und ein Einfangzustand werden ignoriert.

[Formel 2]

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

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

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

[0287] Ein Verfahren zum Berechnen der Mobilität aus den Frequenzeigenschaften der Kapazität ist ein $-\Delta B$ -Verfahren. Ein Verfahren zum Berechnen der Mobilität aus den Frequenzeigenschaften des Leitwerts ist ein $\omega \Delta G$ -Verfahren.

[0288] In der Praxis wird zuerst eine Messvorrichtung unter Verwendung eines Materials hergestellt, dessen Elektronenmobilität berechnet werden soll. Die Messvorrichtung wird derart gestaltet, dass nur Elektronen als Ladungsträger darin fließen. **Fig. 28** ist eine schematische Ansicht einer in diesem Beispiel verwendeten Messvorrichtung. In dieser Beschreibung wird ein Verfahren zum Berechnen der Elektronenmobilität aus den Frequenzeigenschaften der Kapazität (das $-\Delta B$ -Verfahren) beschrieben.

[0289] Wie in **Fig. 28** dargestellt, beinhaltet die in diesem Beispiel hergestellte Messvorrichtung eine erste Schicht **210**, eine zweite Schicht **211** und eine dritte Schicht **212** zwischen einer Anode **201** und einer Kathode **202**. Das Material, dessen Elektronenmobilität berechnet werden soll, wird als Material für die zweite Schicht **211** verwendet. Zur Erläuterung wird ein Beispiel angegeben, in dem die Elektronenmobilität eines Films, der durch Co-Verdampfung von ZADN und Liq in einem Gewichtsverhältnis von 0,5:0,5 ausgebildet wird, gemessen wird. Ein spezifisches Strukturbeispiel wird in der folgenden Tabelle aufgeführt.

[Tabelle 7]

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 (0,5:0,5)	Liq	Al

[0290] Die Impedanz wurde unter den Bedingungen gemessen, bei denen die Frequenz 1 Hz bis 3 MHz war, die Wechselspannung 70 mV war und die 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. 29** zeigt die Frequenzeigenschaften der berechneten Kapazität C zu dem Zeitpunkt, zu dem die Anlegenspannung 7,0 V war.

[0291] Die Frequenzeigenschaften der Kapazität C werden aus einer Phasendifferenz des Stroms erhalten, die derart erzeugt wird, dass eine Raumladung, die durch Ladungsträger, die durch das Mikro-Spannungssignal injiziert werden, erzeugt wird, der Mikro-Wechselspannung nicht vollständig folgen kann. Die Durchgangszeit der injizierten Ladungsträger in dem Film wird durch die Zeit T definiert, in der die Ladungsträger eine Gegenelektrode erreichen, und wird durch die folgende Formel (5) dargestellt.

[Formel 3]

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

[0292] Eine Änderung einer negativen Suszeptanz ($-\Delta B$) entspricht einem Wert ($-\omega \Delta C$), der durch Multiplizieren einer Änderung einer Kapazität $-\Delta C$ mit einer Winkelfrequenz ω erhalten wird. Gemäß der Formel (3) besteht eine Beziehung zwischen einer Spitzenfrequenz auf der Seite der niedrigsten Frequenz f_{\max} ($= \omega_{\max}/2\pi$) und der Durchgangszeit T, wie in der folgenden Formel (6) gezeigt.

[Formel 4]

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

[0293] **Fig. 30** zeigt die Frequenzeigenschaften von $-\Delta B$, die aus der vorstehenden Messung berechnet wird (d. h. $-\Delta B$ bei einer Gleichspannung von 7,0 V). Die Spitzenfrequenz auf der Seite der niedrigsten Frequenz f_{\max} wird durch einen Pfeil in **Fig. 30** gezeigt.

[0294] Die Durchgangszeit T wird aus f_{\max} erhalten, die aus der vorstehenden Messung und Analyse erhalten wird (siehe die vorstehende Formel (6)); in diesem Beispiel kann daher die Elektronenmobilität bei einer Gleichspannung von 7,0 V aus der vorstehenden Formel (5) erhalten werden. Durch die gleiche Messung mit der Gleichspannung in dem Bereich von 5,0 V bis 9,0 V kann die Elektronenmobilität bei jeder Spannung (elektrischen Feldstärke) berechnet werden, so dass die Abhängigkeit der Mobilität von der elektrischen Feldstärke auch gemessen werden kann.

[0295] Fig. 31 zeigt die endgültige Abhängigkeit der Elektronenmobilität von der elektrischen Feldstärke der organischen Verbindungen, welche durch das vorstehende Berechnungsverfahren erhalten wird, und Tabelle 9 zeigt die Werte der Elektronenmobilität in dem Fall, in dem die Quadratwurzel der elektrischen Feldstärke [V/cm], die aus der Zeichnung gelesen wurde, 600 [V/cm]^{1/2} war.

[Tabelle 8]

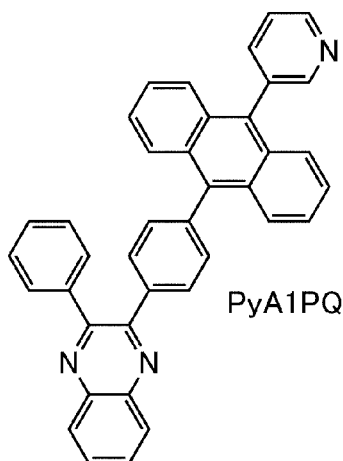
	Elektronenmobilität (cm ² /Vs)
cgDBCzPA	7,7×10 ⁻⁵
2mDBTBPDBq-II	2,2×10 ⁻⁵
ZADN: Liq (1:1)	3,5×10 ⁻⁶

[0296] Wie vorstehend beschrieben, kann die Elektronenmobilität berechnet werden. Bezüglich der Details über das Messverfahren kann auf die folgende Referenz Bezug genommen werden: T. Okachi et al., Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, Nr. 12, S. 8965-8972, 2008.

<Referenzbeispiel 2>

[0297] Ein Syntheseverfahren von 2-Phenyl-3-{4-[10-(3-pyridyl)-9-anthryl]phenyl}chinoxalin (Abkürzung: PyA1PQ), das in dem Beispiel 2 verwendet worden ist, wird beschrieben. Die Struktur von PyA1PQ wird nachstehend gezeigt.

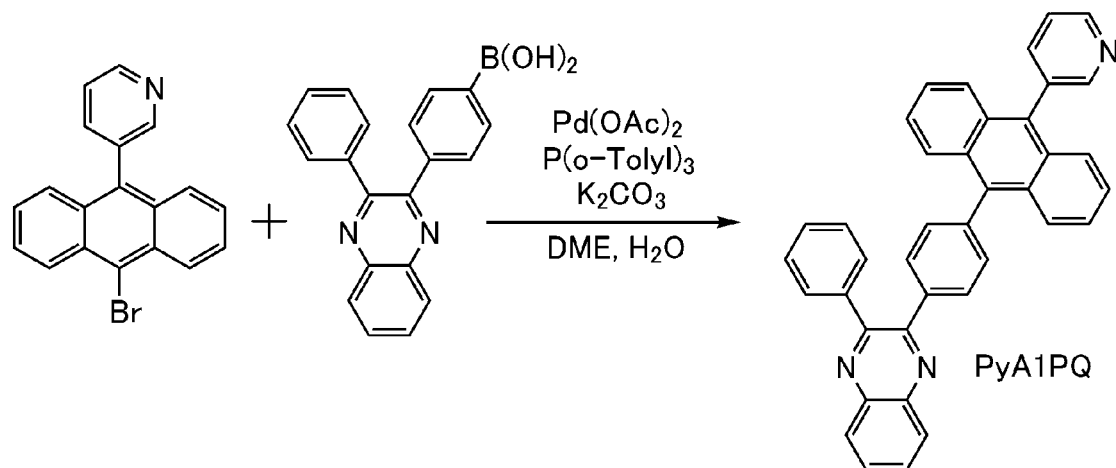
[Chemische Formel 4]



[0298] In einen 50 ml Dreihalskolben wurden 0,74 g (2,2 mmol) 3-(10-Brom-9-anthryl)pyridin, 0,26 g (0,85 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 0,73 g (2,3 mmol) 4-(3-Phenylchinoxalin-2-yl)phenylboronsäure, 1,3 g (9,0 mmol) einer wässrigen Kaliumcarbonatlösung, 40 ml Ethylenglycoldimethylether (DME) und 4,4 ml Wasser hinzugefügt. Die Mischung wurde entgast, indem sie unter verringertem Druck gerührt wurde, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt.

[0299] Dieser Mischung in dem Kolben wurden 65 mg (0,29 mmol) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und die Mischung wurde bei 80 °C unter einem Stickstoffstrom 11 Stunden lang gerührt. Nach dem Rühren wurde dieser Mischung in dem Kolben Wasser hinzugefügt, gefolgt von einer Extraktion mit Toluol. Die erhaltene Lösung des Extrakts wurde mit gesättigter Salzlösung gewaschen, und eine Trocknung mit Magnesiumsulfat wurde durchgeführt. Die Mischung wurde schwerkraftgefiltert, und dann wurde das Filtrat konzentriert, wodurch eine ölige Substanz erhalten wurde. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie zweimal, zuerst unter Verwendung von Chloroform und dann unter Verwendung von Toluol: Ethylacetat = 5: 1, gereinigt und mit Toluol/Hexan umkristallisiert, so dass 0,43 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 36 % erhalten wurden. Das Syntheschema wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 5]



[0300] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,44 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Reinigung durch Sublimation wurde der Feststoff unter einem Druck von 10 Pa mit einer Argongas-Durchflussrate von 5,0 ml/min 18 Stunden lang bei 260 °C erwärmt. Nach der Reinigung durch Sublimation wurden 0,35 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 79 % erhalten.

[0301] Analyseergebnisse durch Kernspinresonanz- (¹H-NMR-) Spektroskopie des gelben Feststoffs, der durch die vorstehende Reaktion erhalten worden ist, werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse offenbaren, dass PyA1PQ, das durch die vorstehende Strukturformel dargestellt wird, erhalten wurde.

[0302] ¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz): δ = 7,37-7,50 (m, 9H), 7,56-7,78 (m, 9H), 7,82-7,86 (m, 3H), 8,24-8,30 (m, 2H), 8,75 (dd, J = 1,8 Hz, 0,9 Hz, 1H), 8,84 (dd, J=4,8 Hz, 1,8 Hz, 1H).

[0303] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2019-110831, eingereicht beim japanischen Patentamt am 14. Juni 2019, deren gesamte Inhalte hiermit zum Gegenstand der vorliegenden Offenlegung gemacht sind.

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]
- JP 2019110831 [0303]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- T. Okachi et al., Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, Nr. 12, S. 8965-8972, 2008 [0296]

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 Lochinjektionsschicht, eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht umfasst,
wobei die Lochinjektionsschicht zwischen der Anode und der Licht emittierenden Schicht positioniert ist,
wobei die Elektronentransportschicht zwischen der Licht emittierenden Schicht und der Kathode positioniert ist,
wobei die Lochinjektionsschicht eine erste Substanz und eine zweite Substanz enthält,
wobei die erste Substanz eine organische Verbindung ist, die eine Lochtransporteigenschaft und ein HOMO-Niveau höher als oder gleich -5,7 eV und niedriger als oder gleich -5,4 eV aufweist,
wobei die zweite Substanz bezüglich der ersten Substanz eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, und
wobei die Elektronentransportschicht ein Material enthält, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt.
2. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthält.
3. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Material, dessen Widerstand sich verringert, wenn ein Strom dort hindurch fließt, eine organische Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft und einen metallorganischen Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls enthält.
4. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls einen Cluster bildet.
5. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ein Metallkomplex ist, der einen Liganden, der Stickstoff und Sauerstoff enthält, und ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall umfasst.
6. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ein Metallkomplex ist, der ein einwertiges Metallion und einen Liganden mit einer 8-Hydroxychinolino-Struktur umfasst.
7. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der metallorganische Komplex eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls ein Lithiumkomplex ist, der einen Liganden mit einer 8-Hydroxychinolino-Struktur umfasst.
8. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 2,
wobei die Elektronentransportschicht eine erste Schicht und eine zweite Schicht umfasst,
wobei die erste Schicht zwischen der Licht emittierenden Schicht und der zweiten Schicht positioniert ist,
wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Kathode positioniert ist, und
wobei sich eine Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls in der ersten Schicht von derjenigen in der zweiten Schicht unterscheidet.
9. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Konzentration des metallorganischen Komplexes eines Alkalimetalls oder eines Erdalkalimetalls in der ersten Schicht höher ist als diejenige in der zweiten Schicht.
10. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die zweite Substanz eine organische Verbindung ist.
11. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1,
wobei die Licht emittierende Schicht ein Wirtsmaterial und eine Licht emittierende Substanz enthält, und
wobei die Licht emittierende Substanz eine blaue Fluoreszenz emittiert.
12. Elektronische Vorrichtung, die umfasst:
die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1; und

einen Sensor, einen Bedienknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon.

13. Licht emittierende Einrichtung, die umfasst:
die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1; und
einen Transistor oder ein Substrat.

14. Beleuchtungsvorrichtung, die umfasst:
die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 1; und
ein Gehäuse.

Es folgen 32 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A1

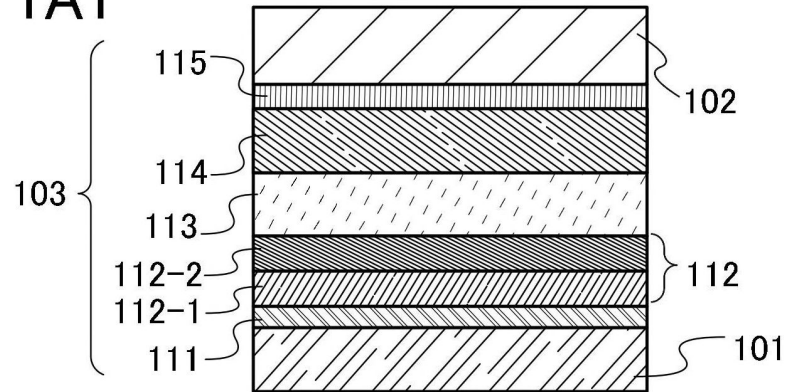


FIG. 1A2

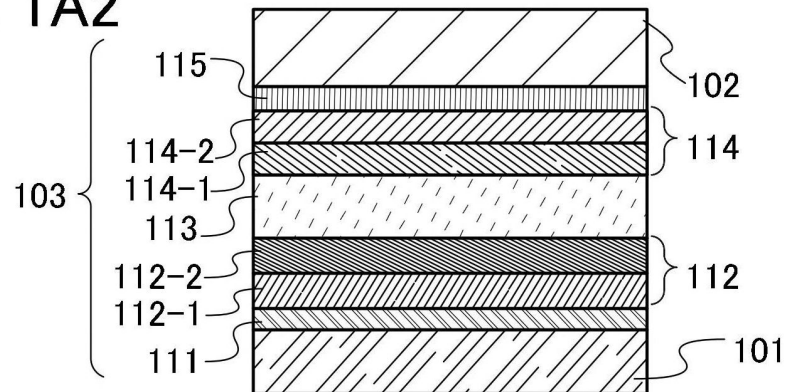


FIG. 1B

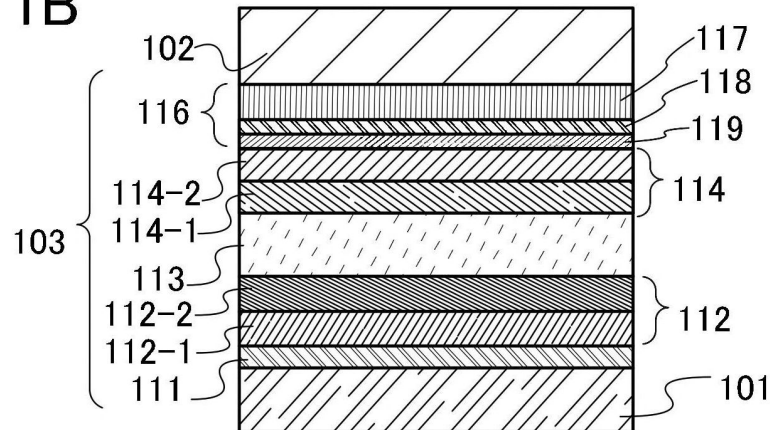


FIG. 1C

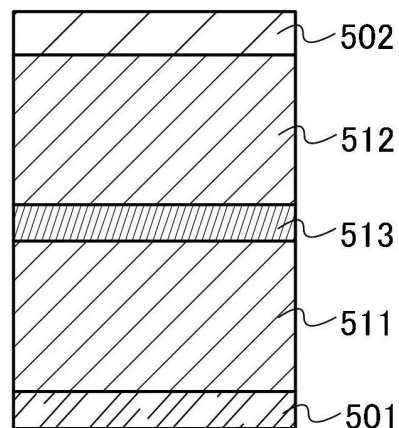


FIG. 2A

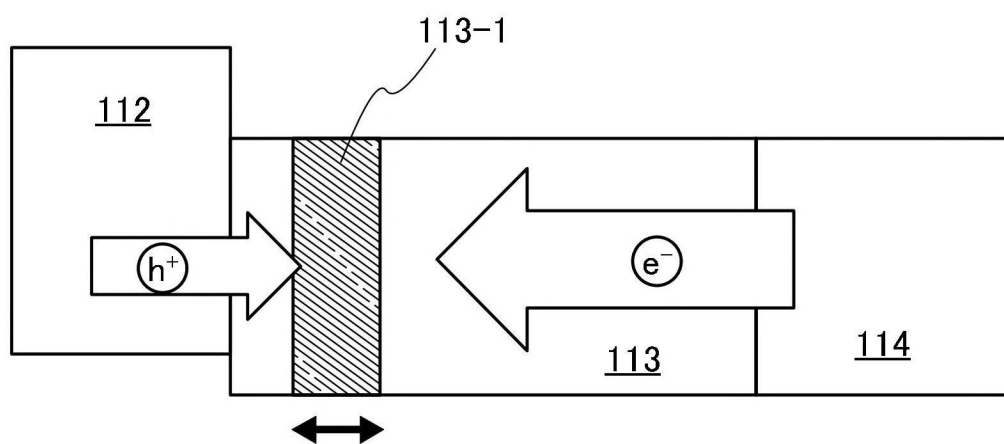


FIG. 2B

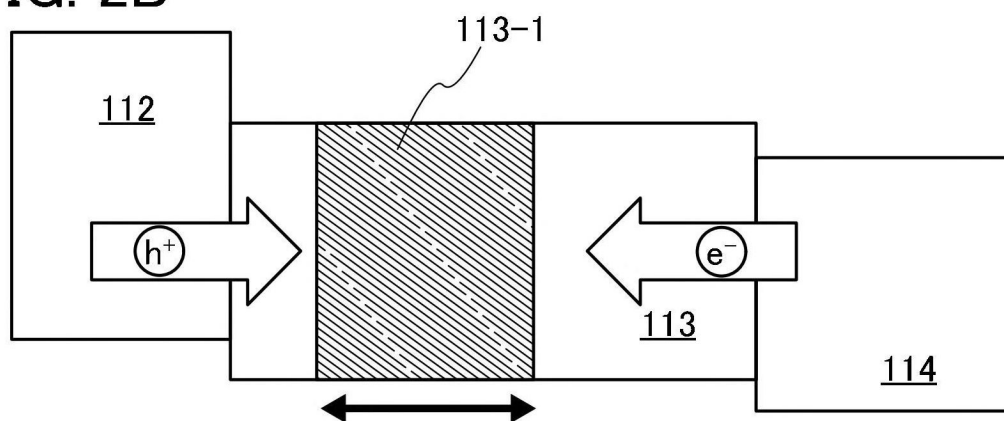


FIG. 3A

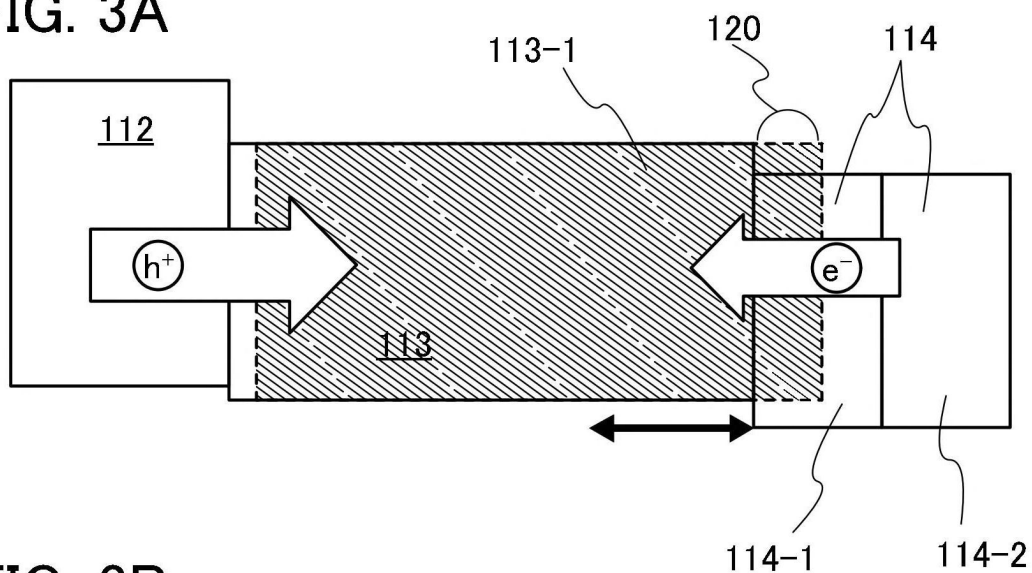
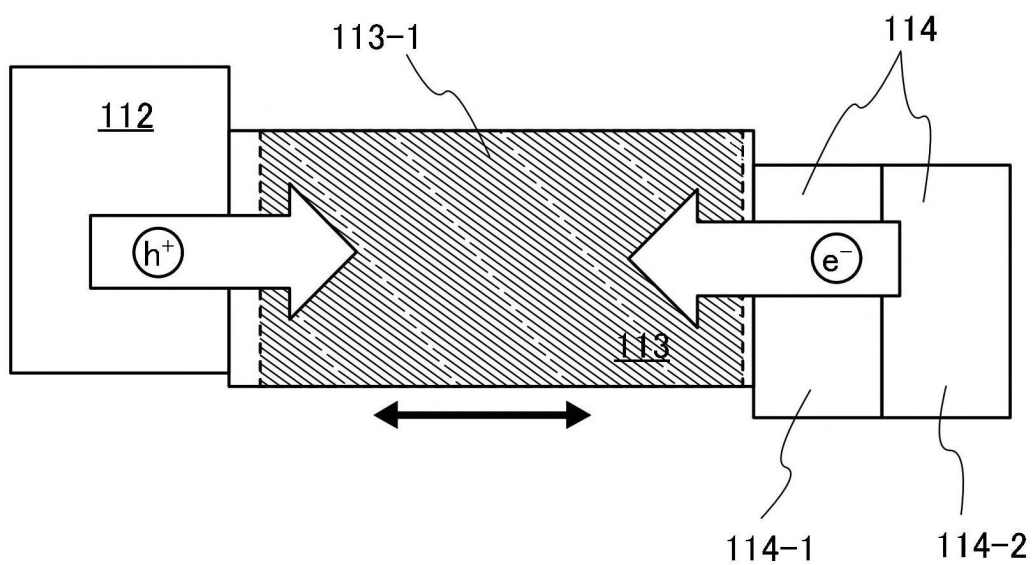
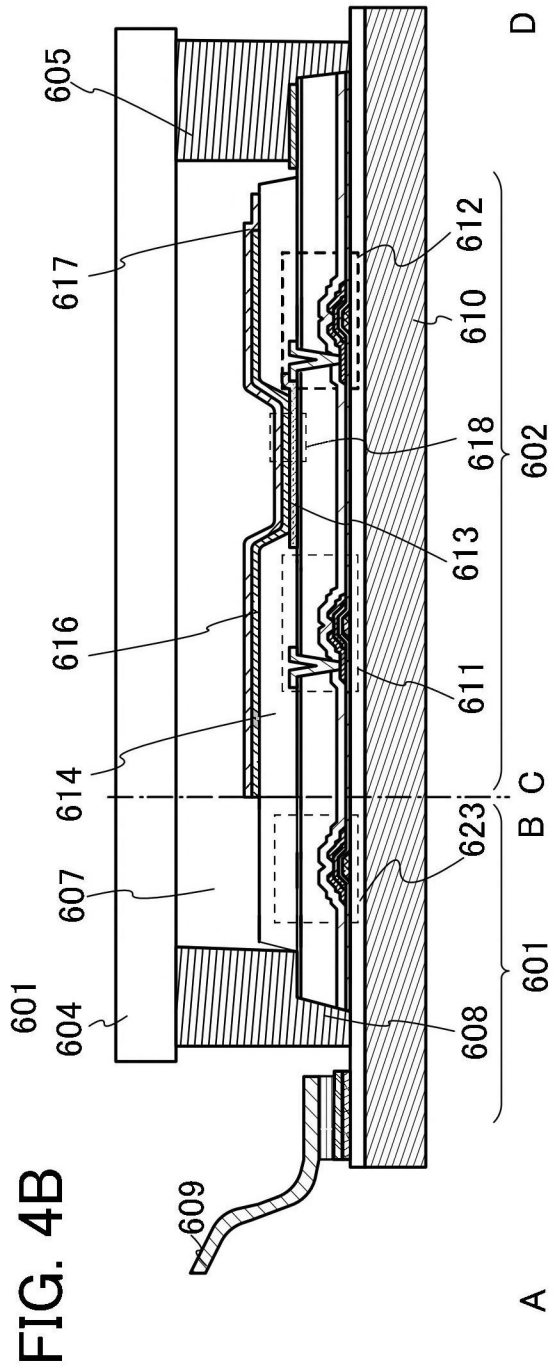
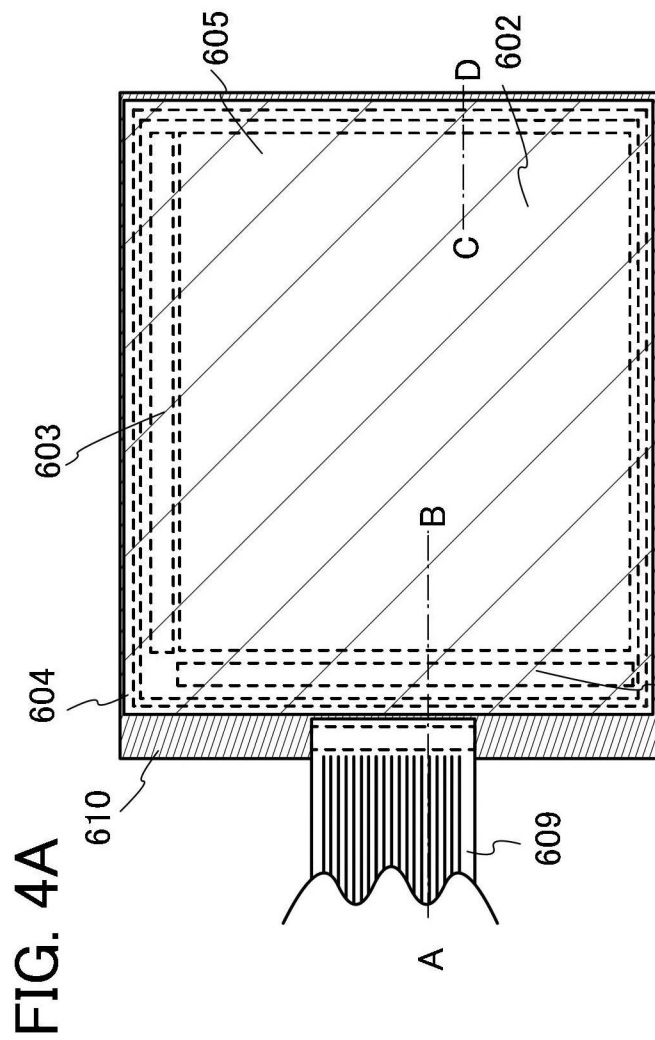


FIG. 3B





This cross-sectional view illustrates a semiconductor device with a complex layered structure. The device is divided into three main horizontal sections: a top section 1041, a middle section 1040, and a bottom section 1042. The top section 1041 includes a substrate 1001, a thin layer 1002, and a patterned layer 1003. The middle section 1040 features a series of repeating, vertically stacked, interlocking structures. These structures are labeled with various reference numerals: 1006 for the main body, 1034R for the right side, 1034G for the middle, and 1034B for the left side. The bottom section 1042 consists of a substrate 1001, a thin layer 1002, and a patterned layer 1003. The device is further divided into three vertical regions: 1028 on the left, 1024W in the center, and 1024B on the right. The regions 1024W and 1024B are further subdivided into 1024G and 1024B, respectively. The device is also divided into three horizontal regions: 1042 on the left, 1040 in the center, and 1041 on the right. The device is further divided into three vertical regions: 1028 on the left, 1024W in the center, and 1024B on the right. The regions 1024W and 1024B are further subdivided into 1024G and 1024B, respectively. The device is also divided into three horizontal regions: 1042 on the left, 1040 in the center, and 1041 on the right.

FIG. 6

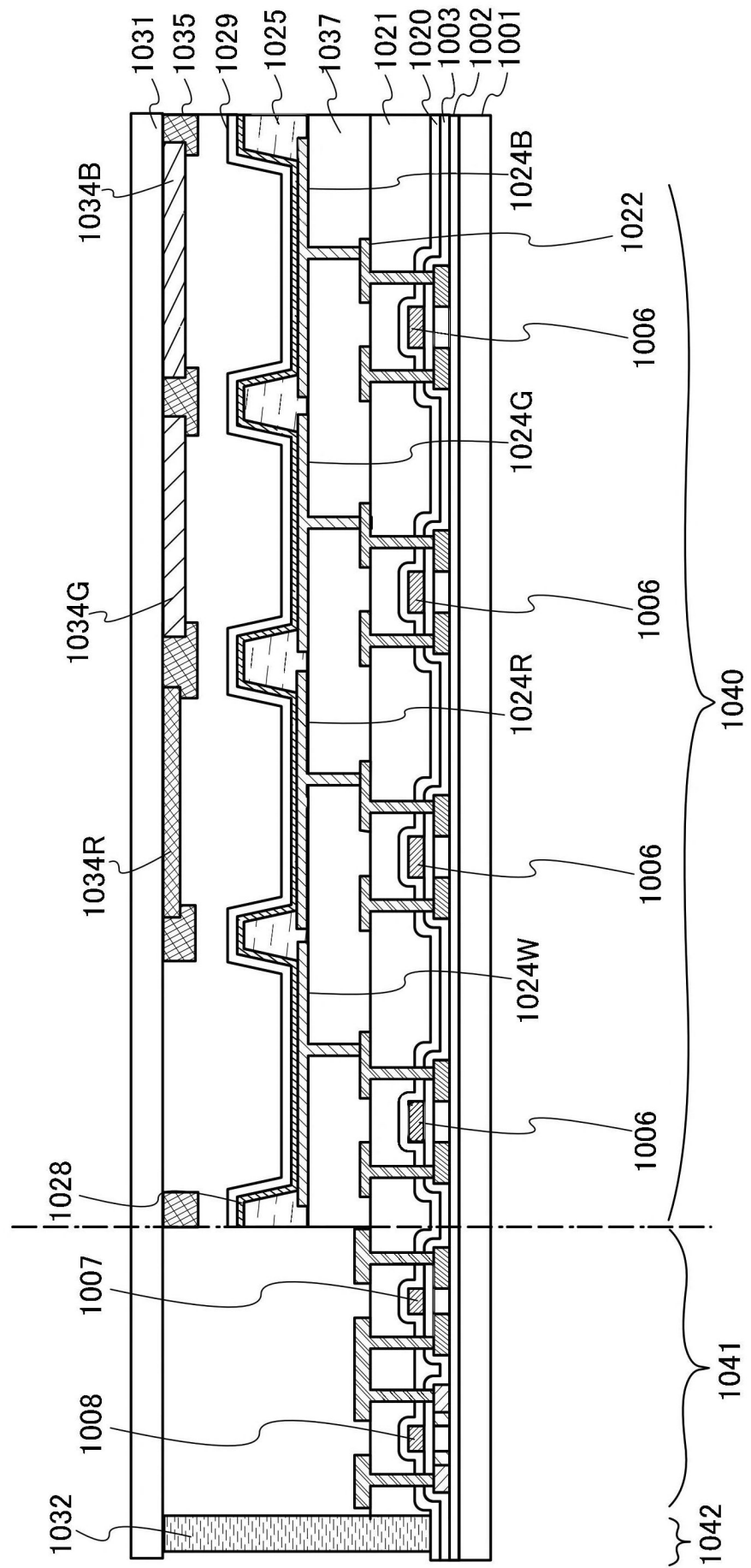


FIG. 7A

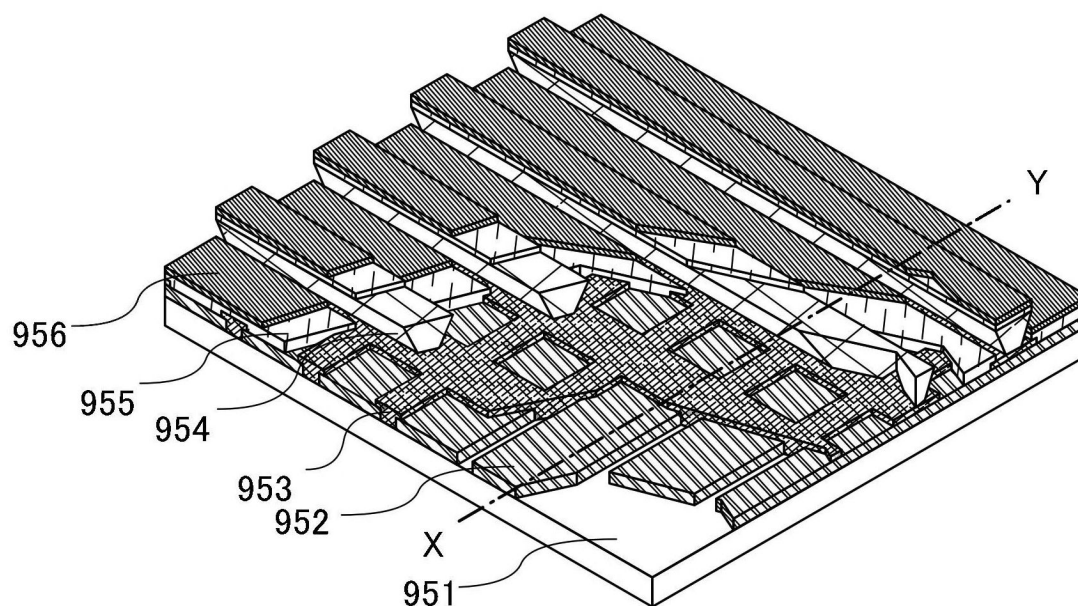


FIG. 7B

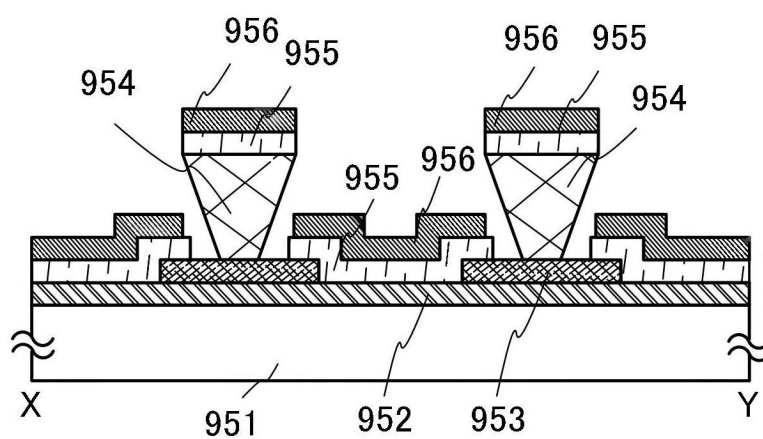


FIG. 8A

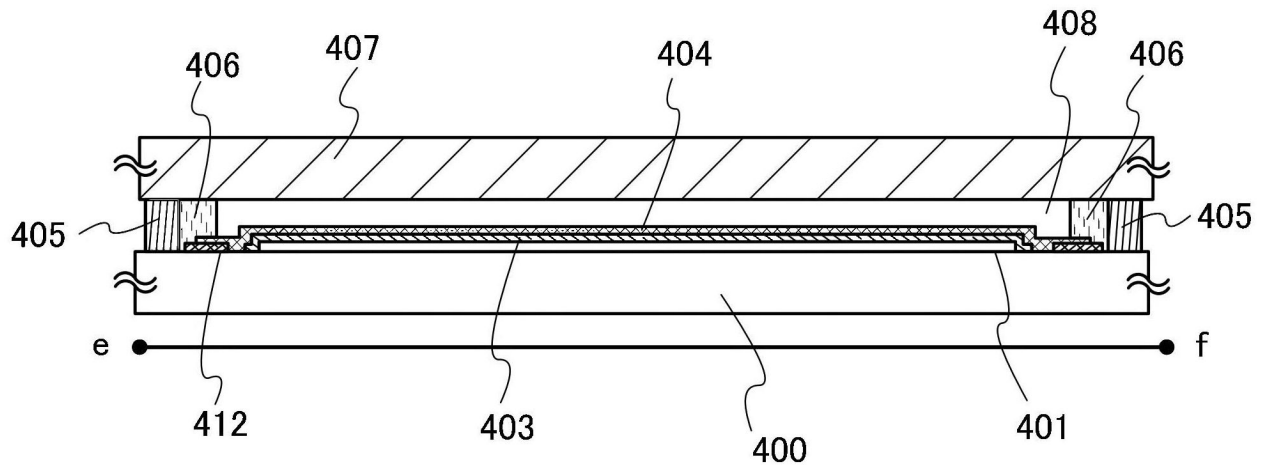


FIG. 8B

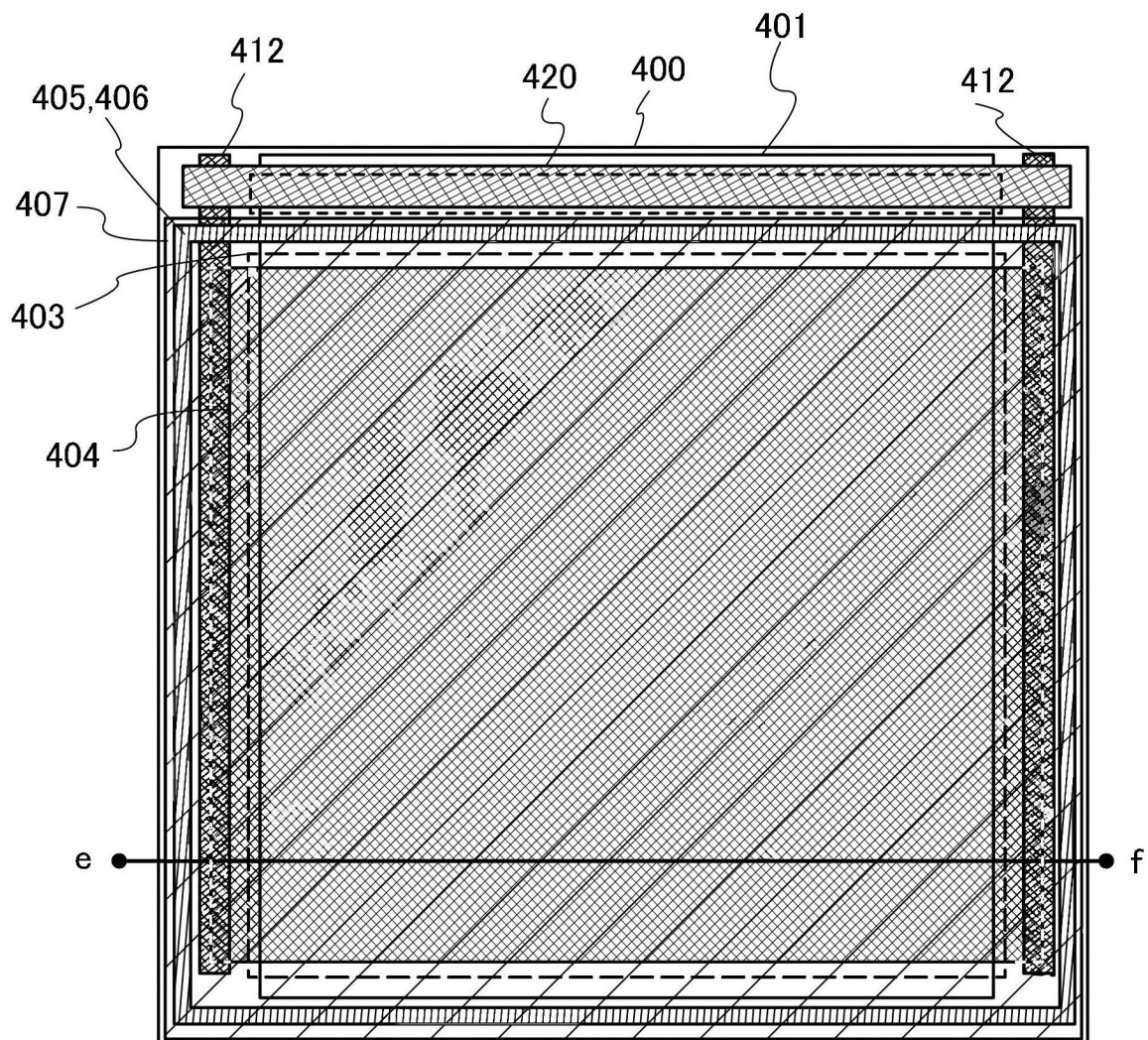


FIG. 9A

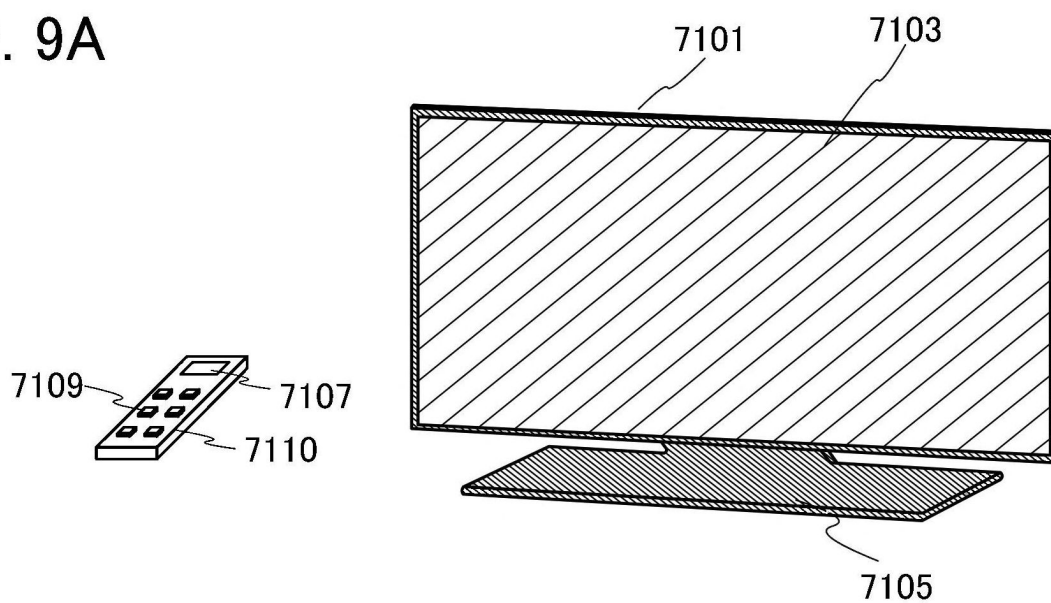


FIG. 9B1

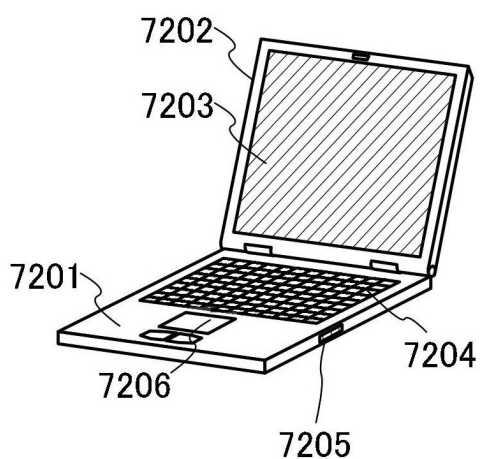


FIG. 9B2

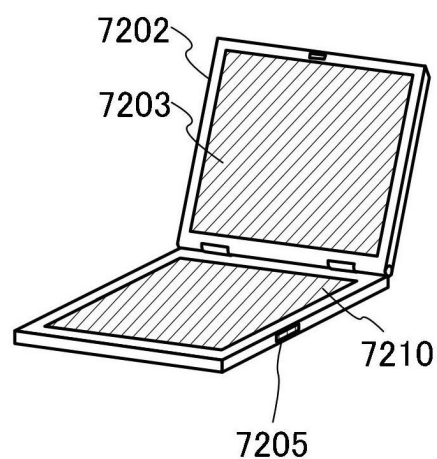


FIG. 9C

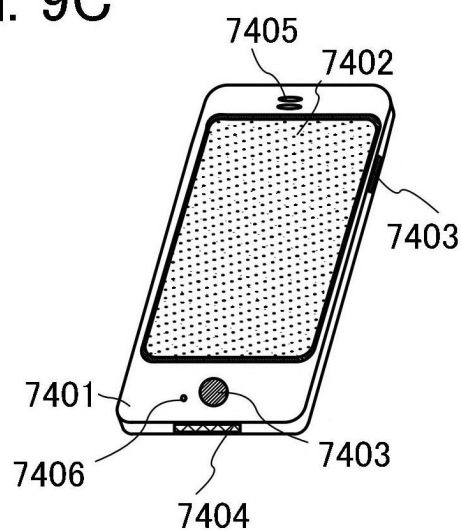


FIG. 10A

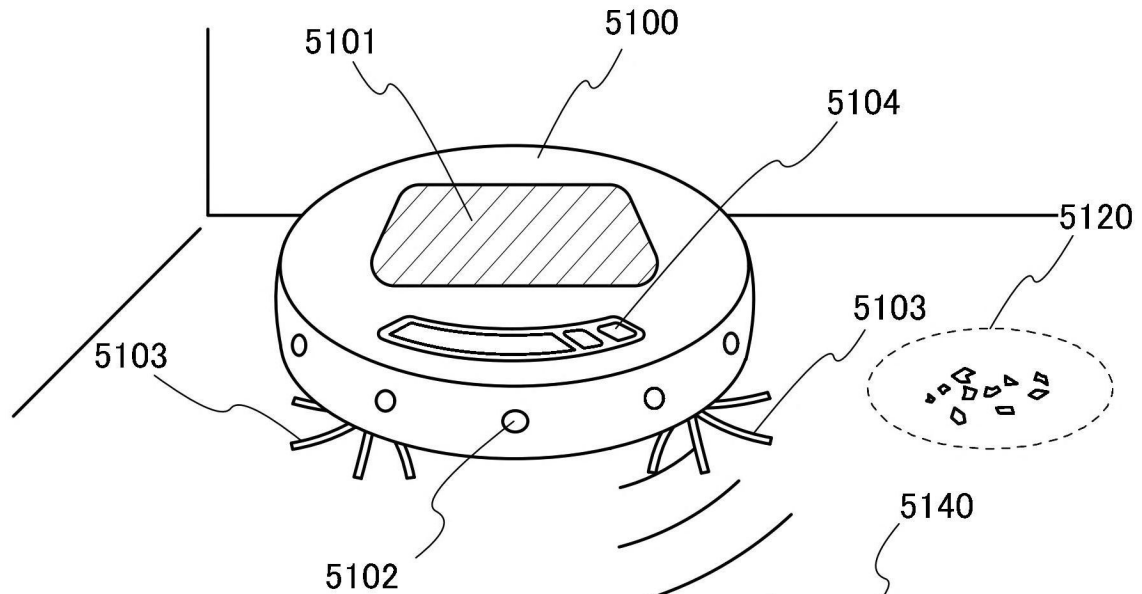


FIG. 10B

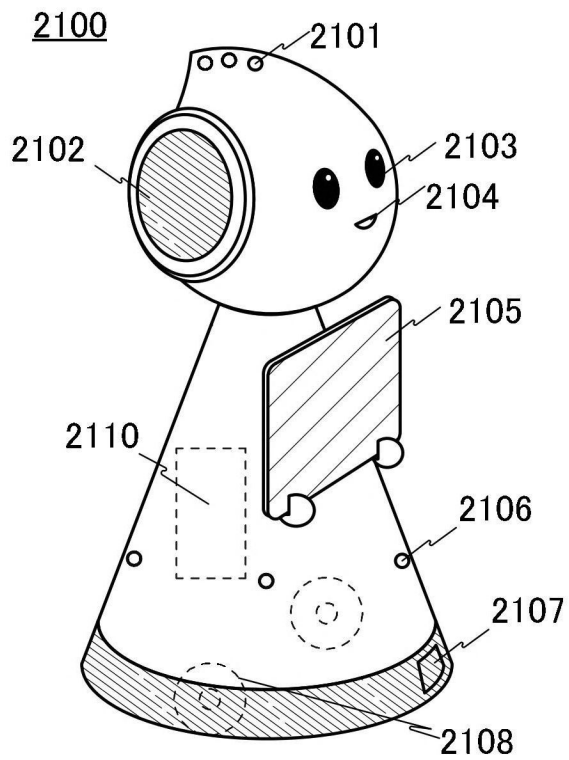


FIG. 10C

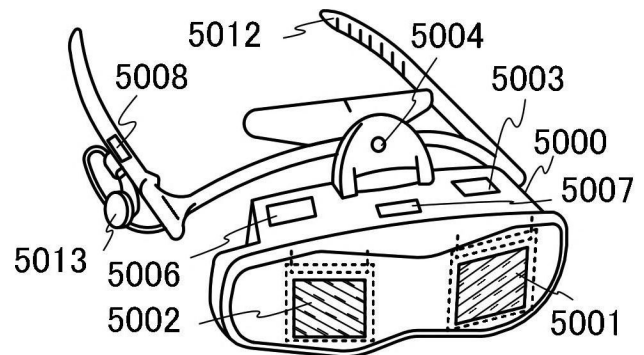


FIG. 11

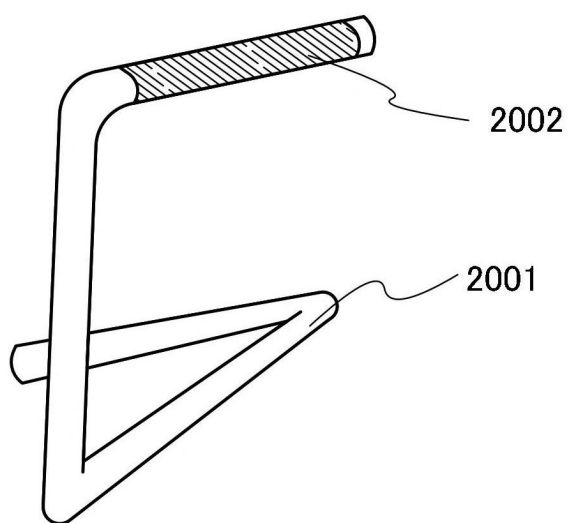


FIG. 12

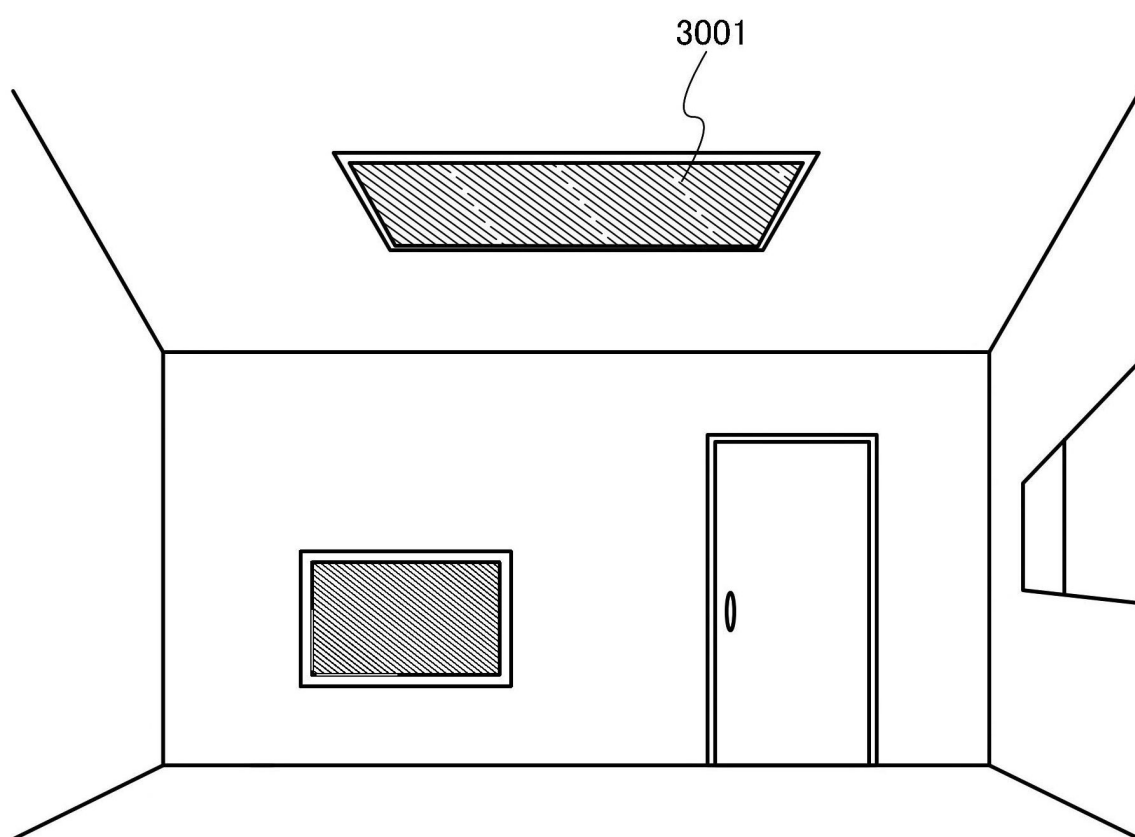


FIG. 13

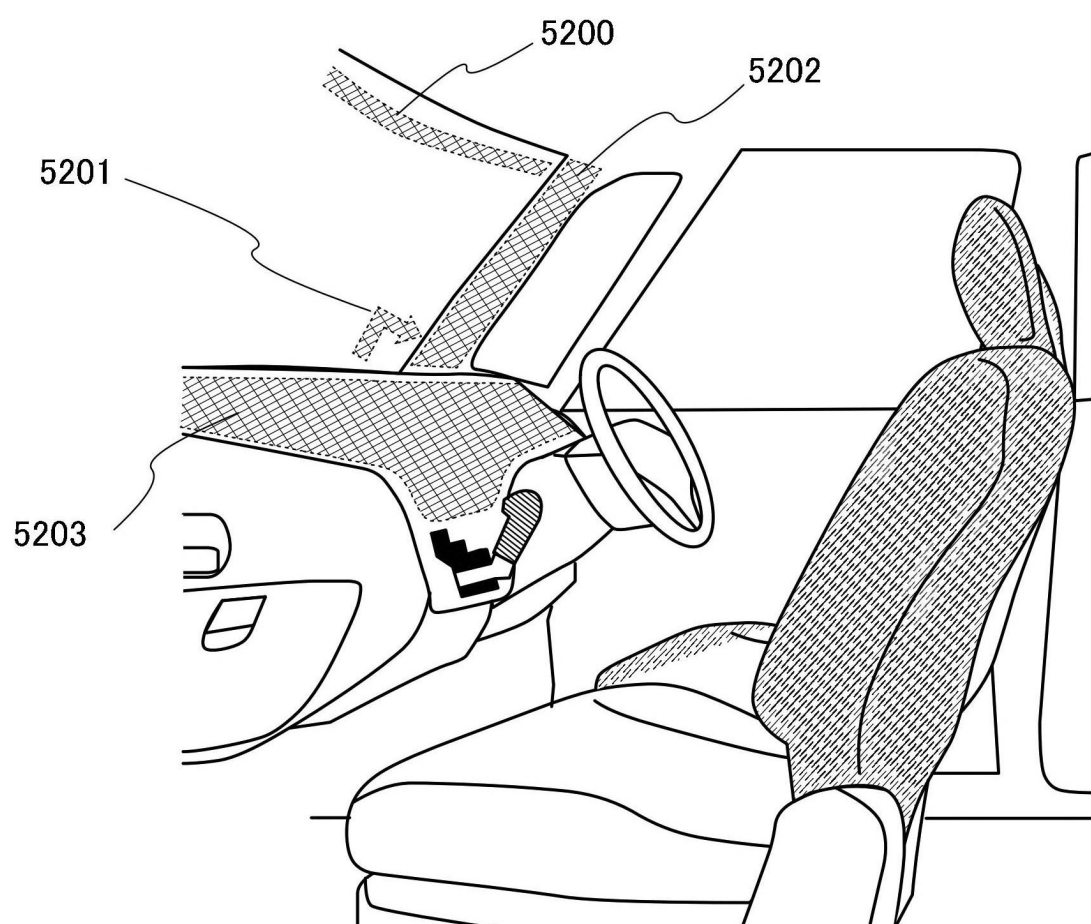


FIG. 14A

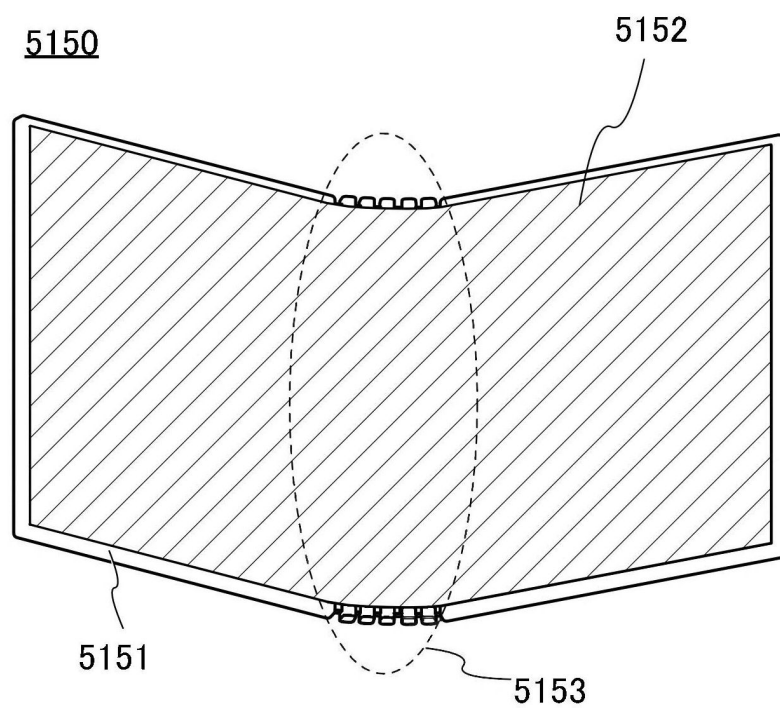


FIG. 14B

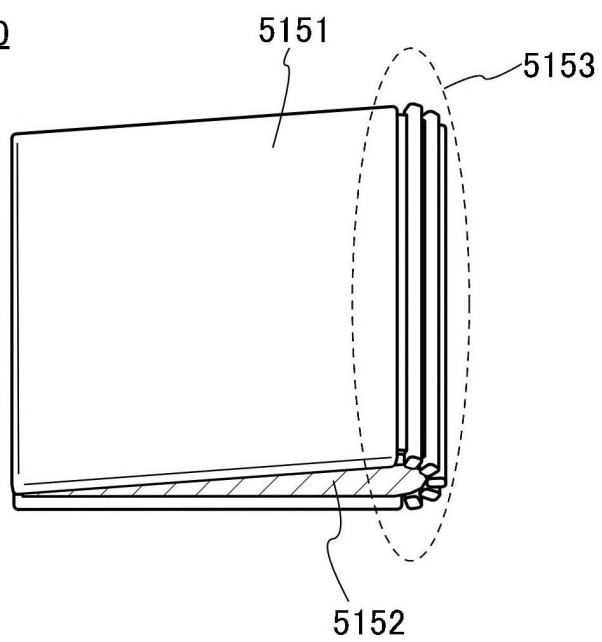


FIG. 15A

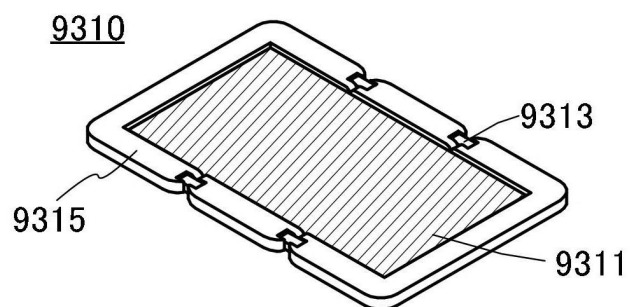


FIG. 15B

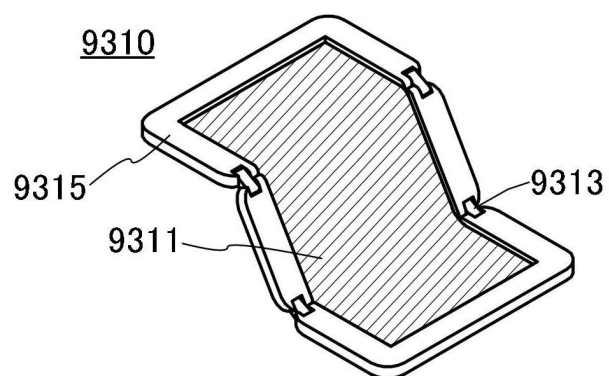


FIG. 15C

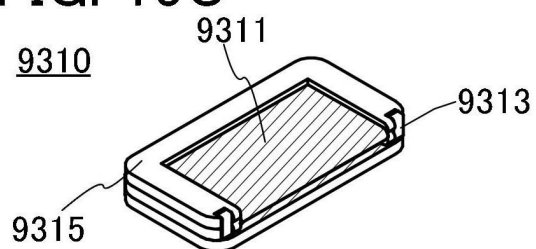


FIG. 16

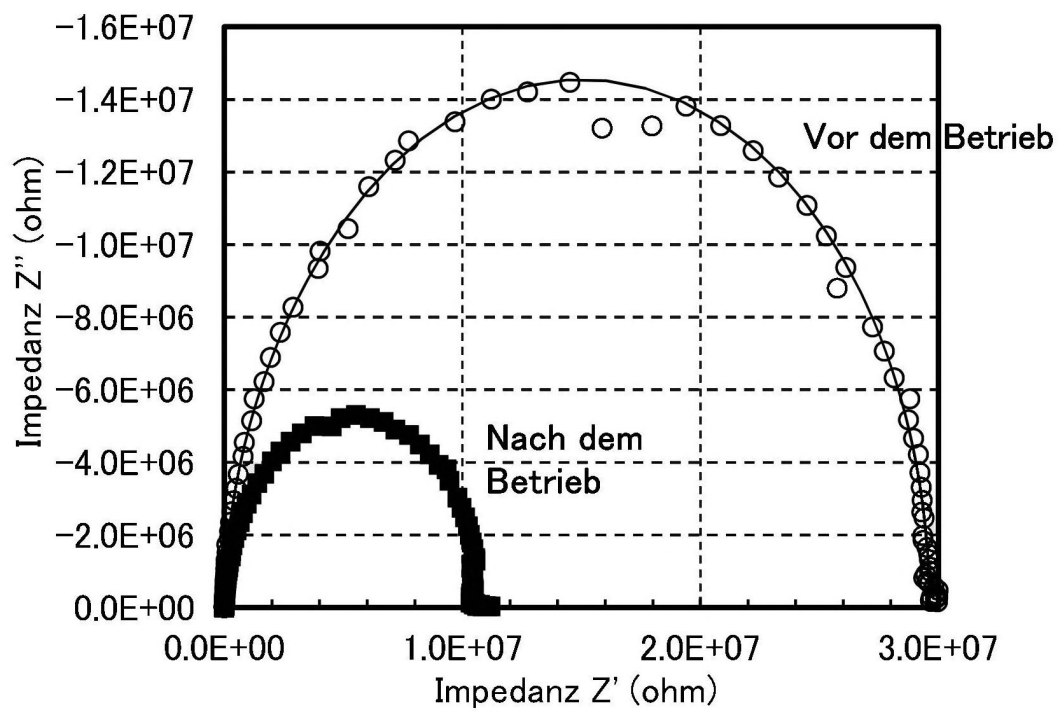


FIG. 17

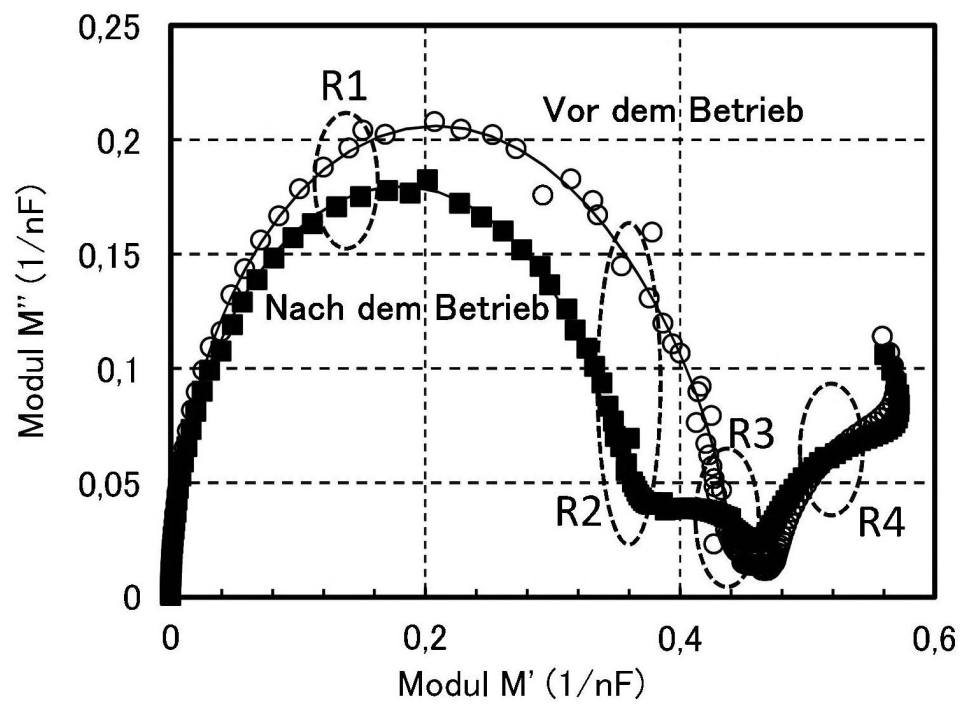


FIG. 18

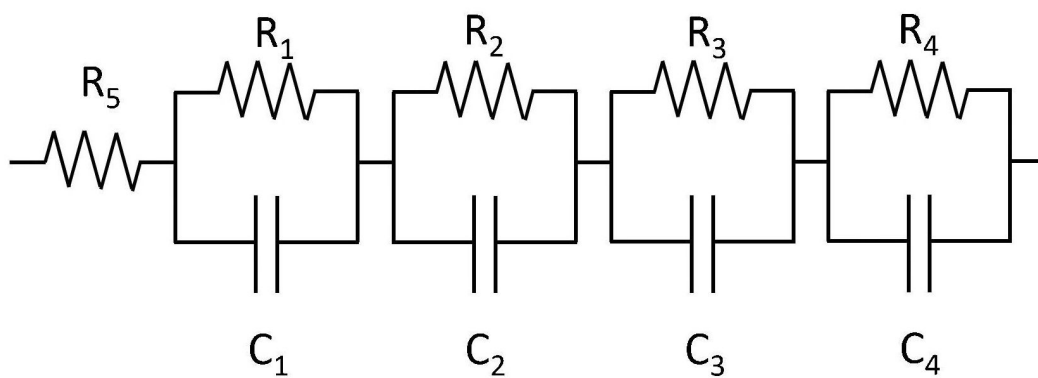


FIG. 19

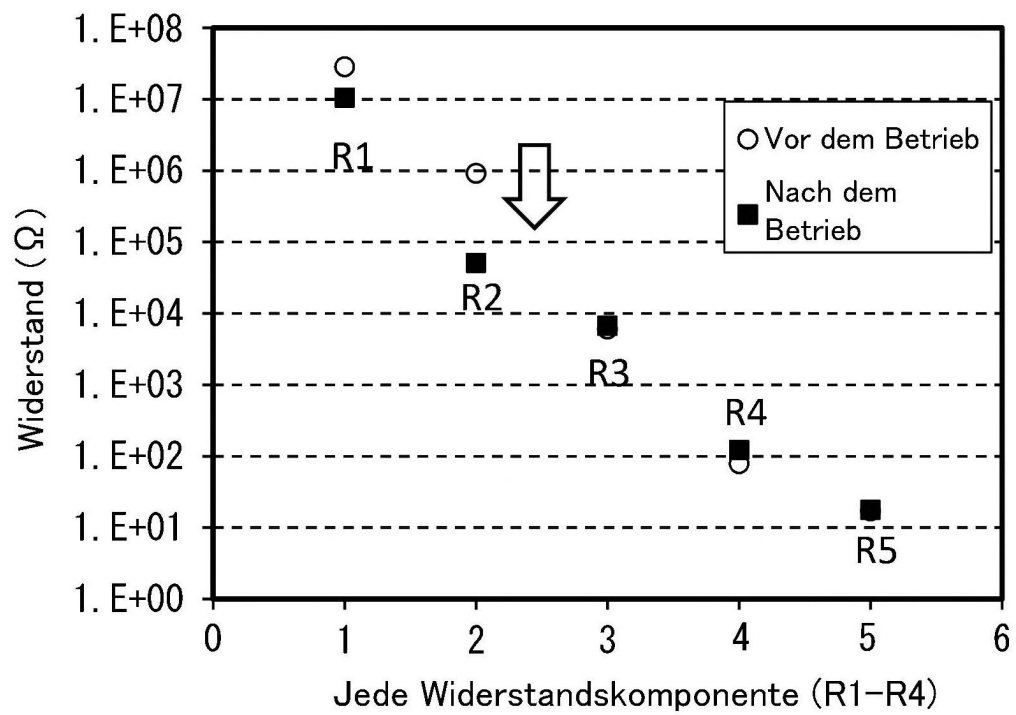


FIG. 20

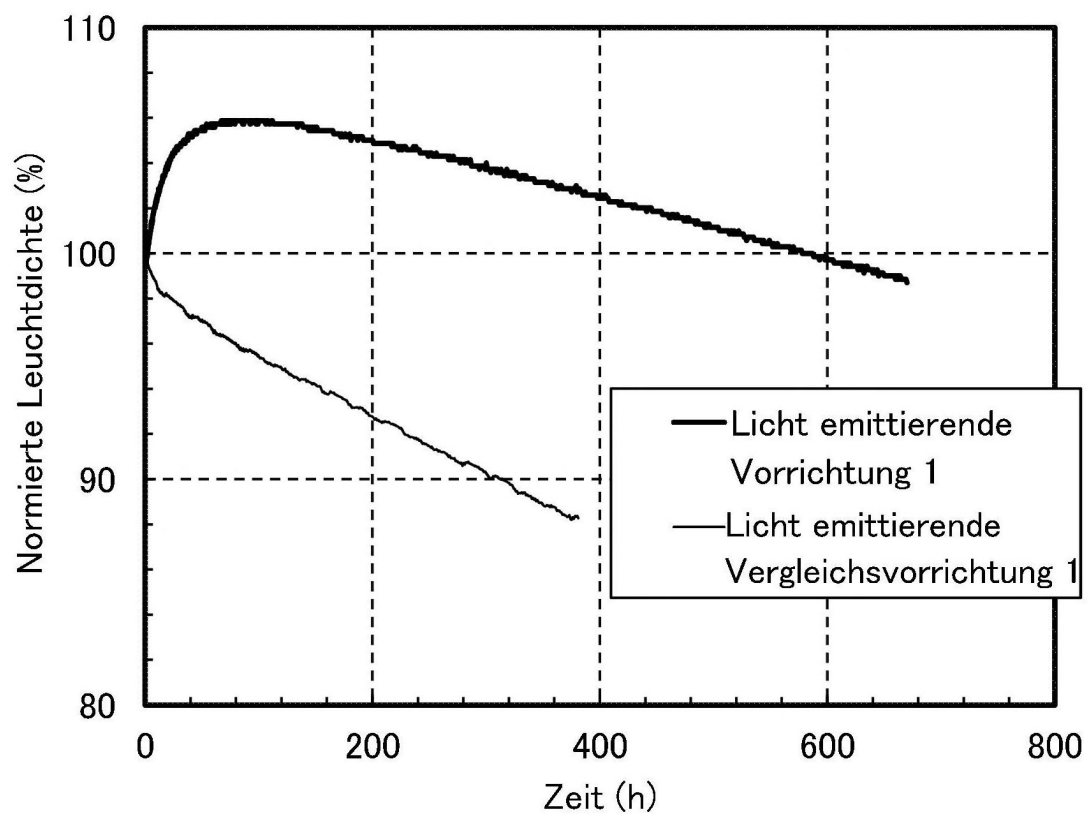


FIG. 21A

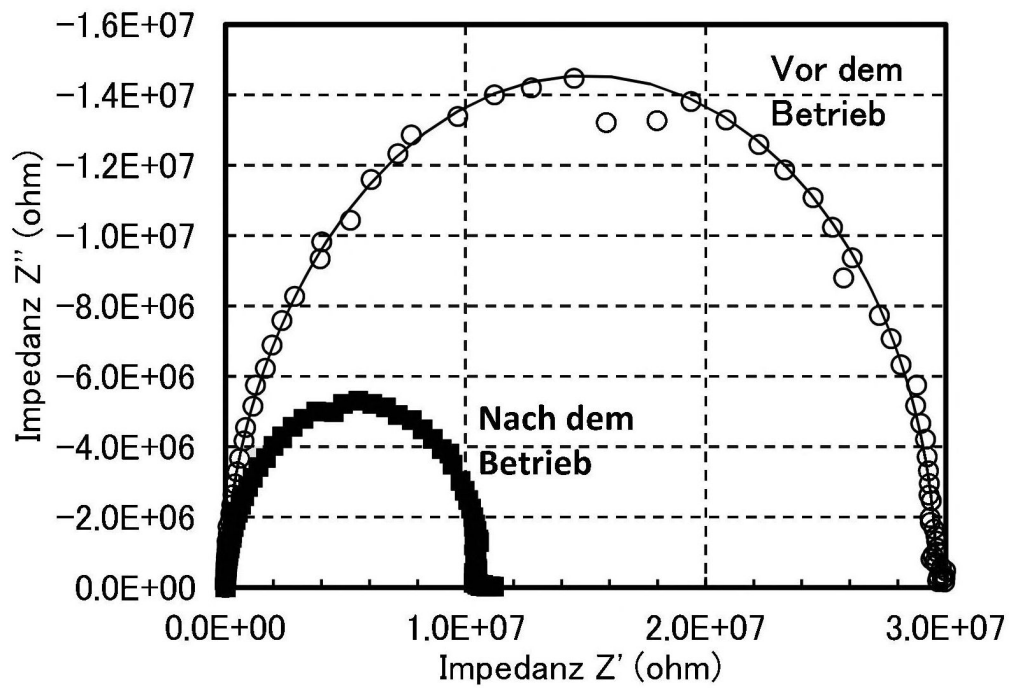


FIG. 21B

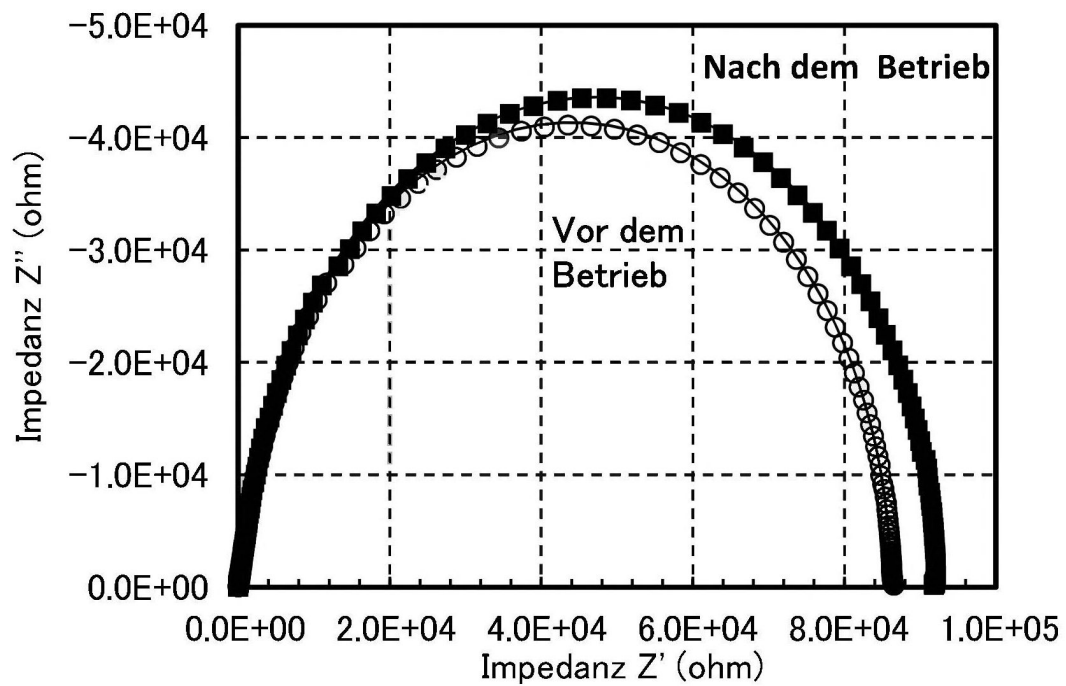


FIG. 22

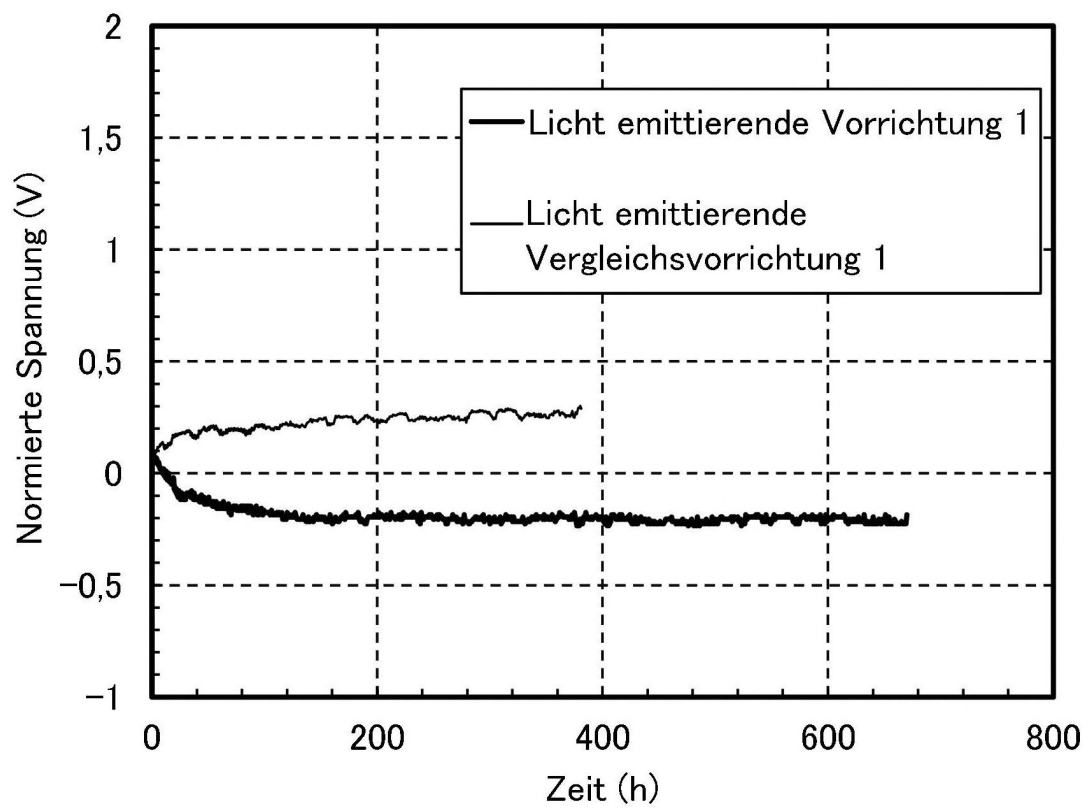


FIG. 23

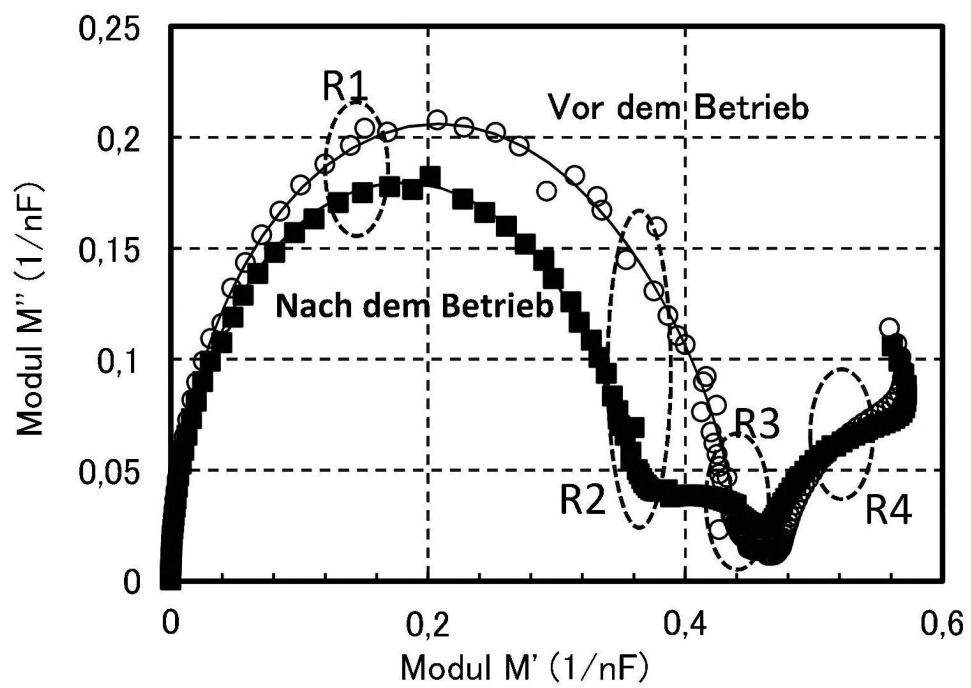


FIG. 24A

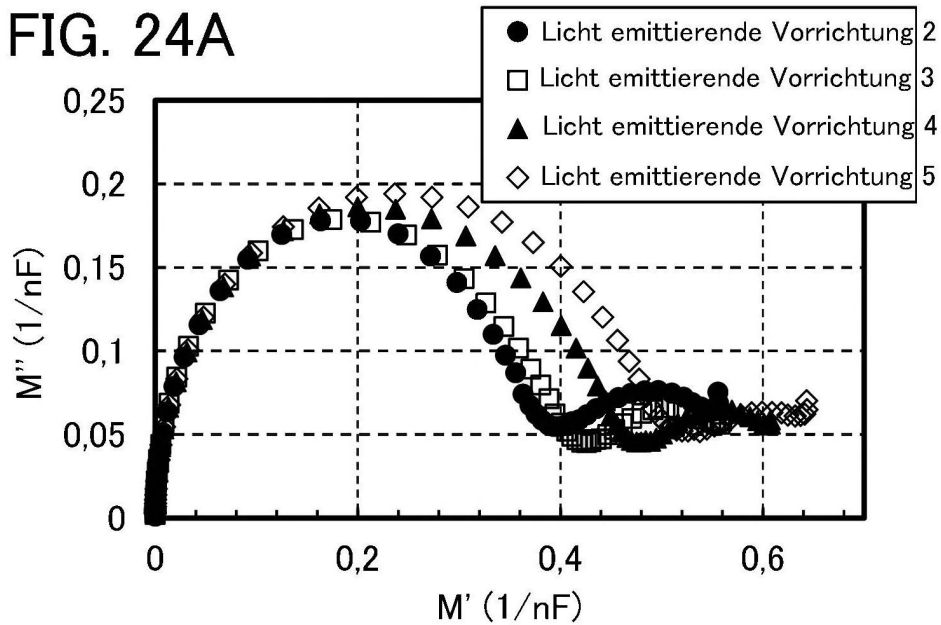


FIG. 24B

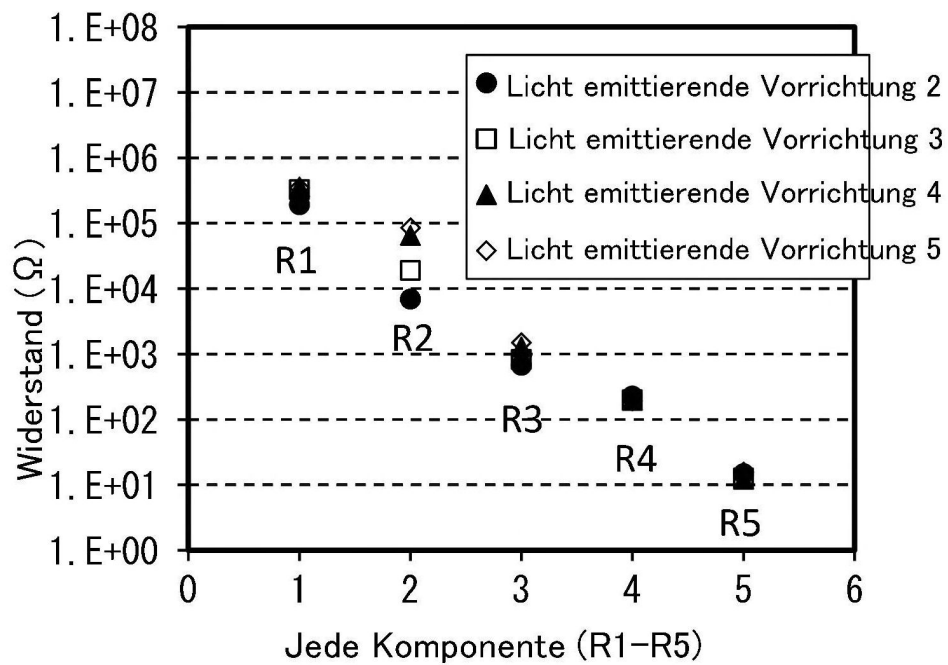


FIG. 25A

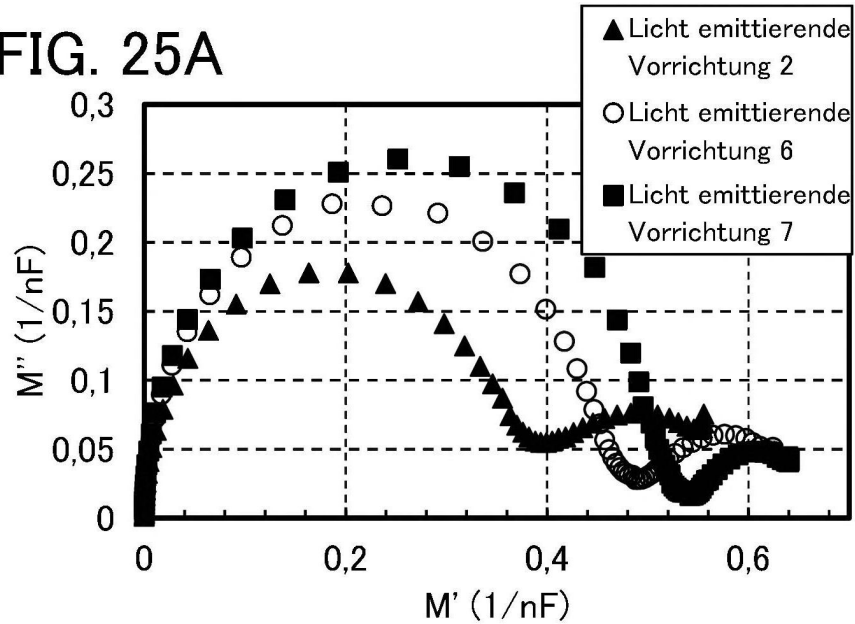


FIG. 25B

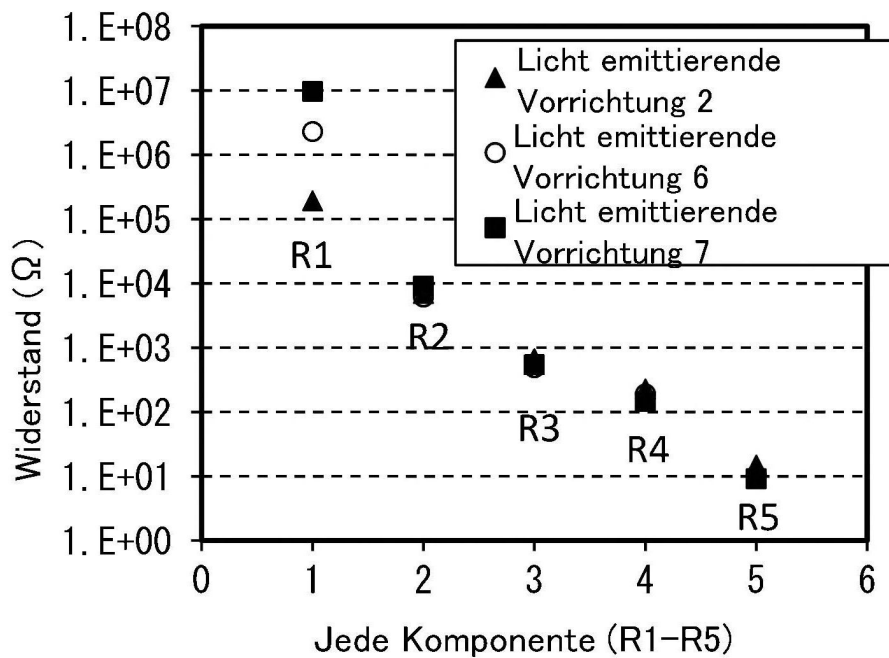


FIG. 26A

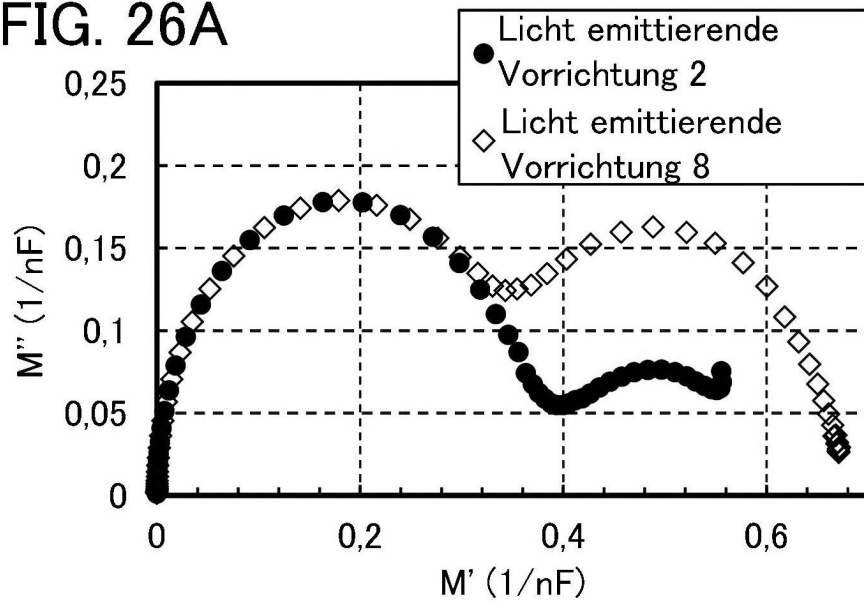


FIG. 26B

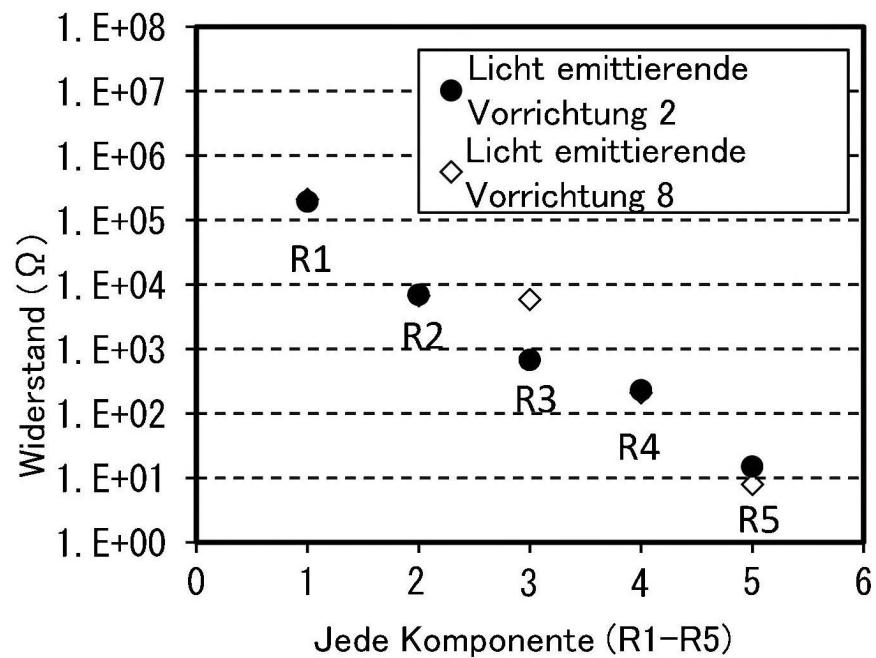


FIG. 27

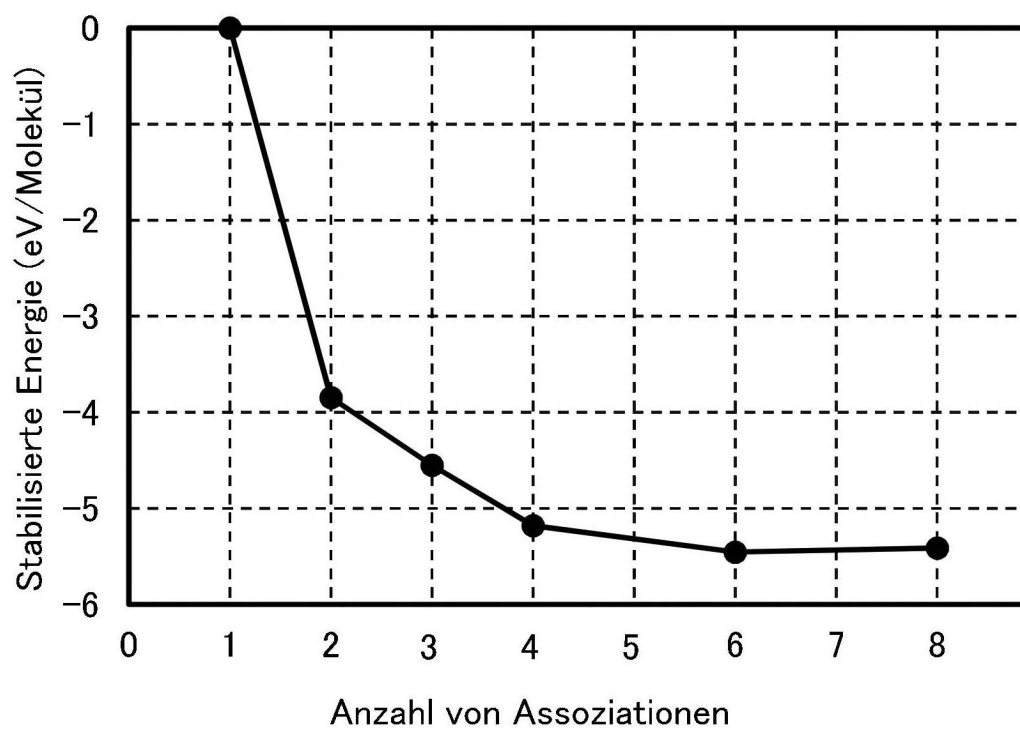


FIG. 28

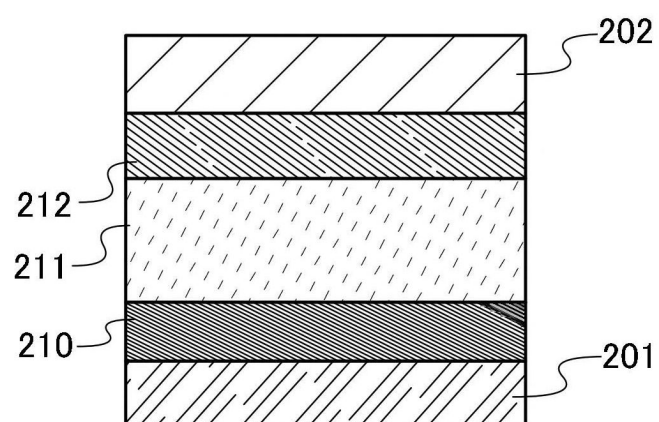


FIG. 29

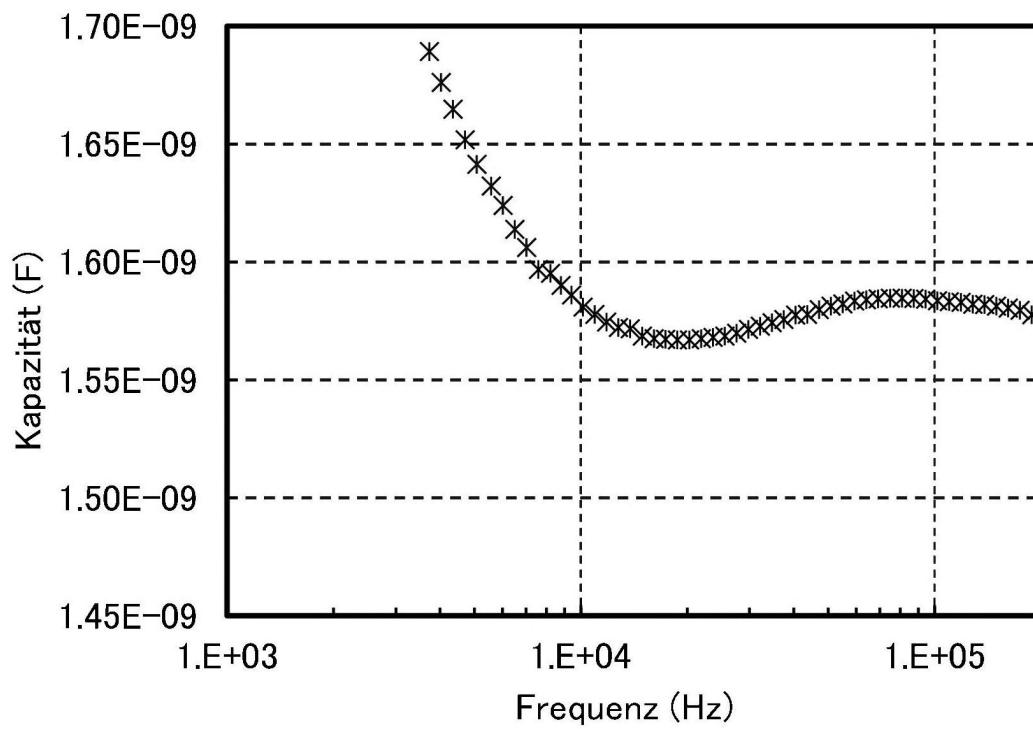


FIG. 30

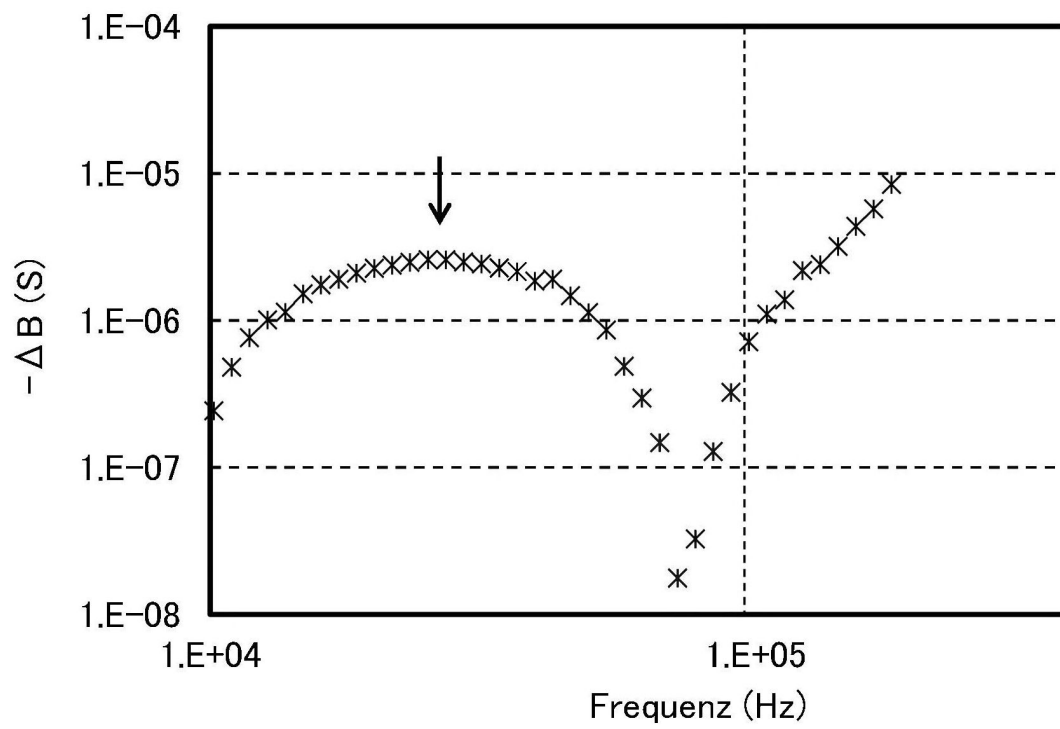


FIG. 31

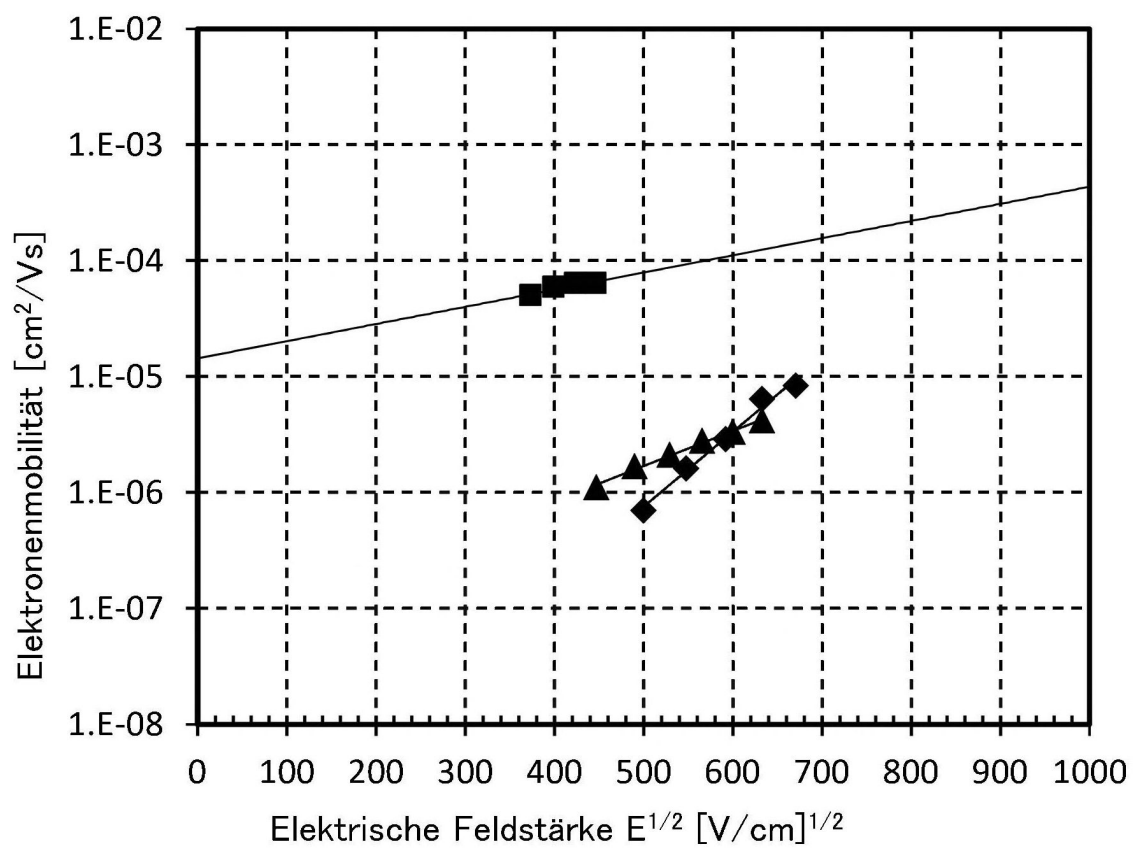


FIG. 32A1

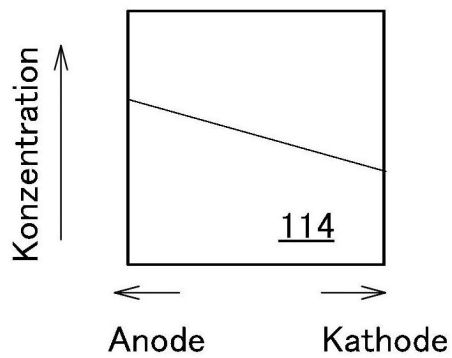


FIG. 32A2

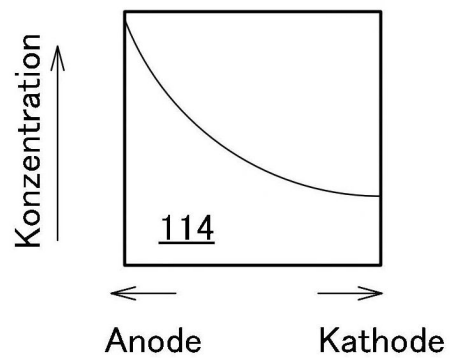


FIG. 32B1

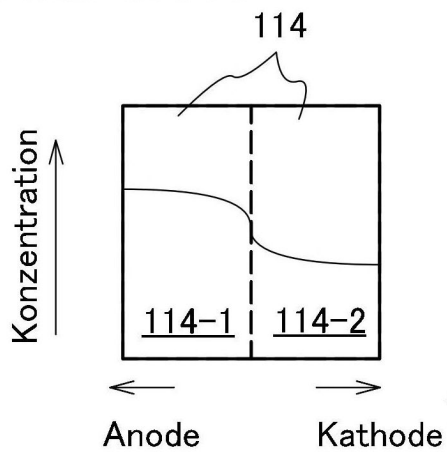


FIG. 32B2

