



(10) **DE 11 2011 103 341 B4** 2024.02.22

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 103 341.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2011/071165**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/046560**
(86) PCT-Anmeldetag: **09.09.2011**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.04.2012**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **25.07.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.02.2024**

(51) Int Cl.: **C09K 11/06** (2006.01)
H10K 50/11 (2023.01)
H10K 85/60 (2023.01)

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

(30) Unionspriorität:

2010-225037	04.10.2010	JP
2011-122827	31.05.2011	JP

(73) Patentinhaber:

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

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

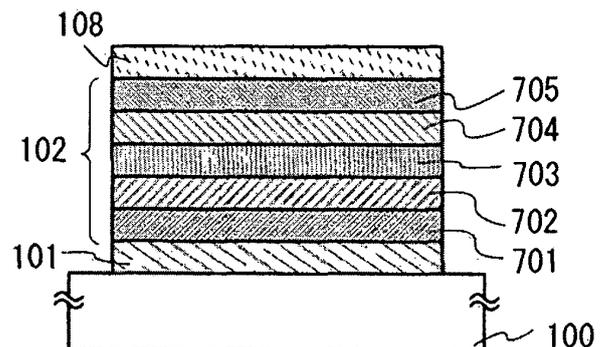
**Nowatari, Hiromi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;
Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;
TAKASU, Takako, Atsugi-shi, JP; Osaka, Harue,
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	2006 / 0 027 830	A1
US	2007 / 0 141 387	A1
US	2010 / 0 301 382	A1
WO	2010/ 137 509	A1
WO	2011/ 027 653	A1

(54) Bezeichnung: **Verbundmaterial, dessen Verwendung und lichtemittierendes Element**

(57) Hauptanspruch: Verbundmaterial umfassend:
eine heterozyklische Verbindung umfassend eine Phenyl-
gruppe, gebunden an eine 4-Stellung eines aus einem
Dibenzothiophengerüst und einem Dibenzofurangerüst,
wobei die Phenylgruppe einen oder mehrere Substituenten
umfasst, die Phenylgruppe und der eine oder die mehreren
Substituenten insgesamt 12 bis 70 Kohlenstoffatome umfas-
sen; und
ein Übergangsmetalloxid,
wobei wenigstens einer der einen oder mehreren Substi-
tuenten eine substituierte oder unsubstituierte Phenyl-
gruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthyl-
gruppe, eine substituierte oder unsubstituierte
Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte
Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte
Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder
unsubstituierte Dibenzofurananylgruppe umfasst, und
wobei das Übergangsmetalloxid eines oder eine Vielzahl
von Oxiden ist, gewählt aus Titanoxid, Vanadiumoxid, Tan-
taloxyd, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rute-
niumoxid, Chromoxid, Zirkoniumoxid, Hafniumoxid und Sil-
beroxid.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verbundmaterial, umfassend eine organische Verbindung und eine anorganische Verbindung, ein lichtemittierendes Element, eine lichtemittierende Vorrichtung, eine elektronische Vorrichtung und eine Beleuchtungsvorrichtung.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren wurde intensive Forschung und Entwicklung an lichtemittierenden Elementen unter Verwendung von organischer Elektrolumineszenz (EL) durchgeführt. In einer Grundstruktur solch eines lichtemittierenden Elementes ist eine Schicht, welche eine lichtemittierende organische Verbindung enthält, zwischen einem Elektrodenpaar angeordnet. Indem Spannung an dieses Element angelegt wird, kann eine Lichtemission von der lichtemittierenden organischen Verbindung erhalten werden.

[0003] Da solch ein lichtemittierendes Element ein selbstleuchtender bzw. selbstemittierender Typ ist, nimmt man an, dass das lichtemittierende Element gegenüber einem Flüssigkristalldisplay Vorteile aufweist, da in diesem Fall die Sichtbarkeit der Pixel hoch ist, keine Hintergrundbeleuchtung notwendig ist usw. und dieses daher für Flachbildschirmelemente geeignet ist. Zusätzlich gibt es einen großen Vorteil, dass das lichtemittierende Element als dünnes und leichtes Element hergestellt werden kann. Des Weiteren ist eine sehr schnelle Ansprechzeit eines der Merkmale solcher Elemente.

[0004] Da diese lichtemittierenden Elemente des Weiteren in einer Filmform bzw. Folienform gebildet werden können, ermöglichen es diese, großflächige Elemente einfach zu bilden. Dieses Merkmal ist schwierig mit Punktlichtquellen zu erzielen, welche durch Glühlampen und LEDs verkörpert werden, oder mit linearen Lichtquellen, welche durch Fluoreszenzlampen verkörpert werden. Daher besitzen die lichtemittierenden Elemente auch ein großes Potential als planare Lichtquellen, die für Beleuchtungsvorrichtungen und dergleichen geeignet sind.

[0005] Wie oben beschrieben wird der Einsatz von lichtemittierenden Elementen unter Verwendung von organischer EL für lichtemittierende Vorrichtungen, Beleuchtungsvorrichtungen oder dergleichen erwartet. Auf der anderen Seite gibt es viele Probleme im Zusammenhang mit lichtemittierenden Elementen unter Verwendung von organischer EL. Eines dieser Probleme ist eine Verringerung des Stromverbrauchs. Es ist wichtig, eine Betriebsspannung für das lichtemittierende Element zu reduzieren, um den Stromverbrauch zu reduzieren. Des Weiteren wird die Emissionsintensität des lichtemittierenden Elementes, welches die organische EL verwendet, durch die Menge des durch dieses fließenden elektrischen Strom bestimmt. Um daher die Betriebsspannung zu reduzieren, ist es notwendig, eine große Menge an Strom mit niedriger Spannung zuzuführen.

[0006] Zuvor wurde als ein Verfahren zur Verringerung der Betriebsspannung ein Versuch unternommen, eine Pufferschicht zwischen einer Elektrode und der Schicht, welche eine lichtemittierende organische Verbindung enthält, bereitzustellen. Es ist z.B. bekannt, dass eine Betriebsspannung reduziert werden kann, indem eine Pufferschicht bereitgestellt wird, welche Polyanilin (PANI), dotiert mit Kampfersulfonsäure, zwischen Indiumzinnoxid (ITO) und einer lichtemittierenden Schicht (siehe z.B. Nicht-Patentdokument 1) enthält. Es wird erläutert, dass dies an der ausgezeichneten Trägerinjektionseigenschaft von PANI in die lichtemittierende Schicht liegt. Es sollte festgehalten werden, dass in dem Nicht-Patentdokument 1 PANI, welches die Pufferschicht ist, auch als ein Teil der Elektrode betrachtet wird.

[0007] Wie in dem Nicht-Patentdokument 1 beschrieben, weist PANI jedoch ein Problem auf, dass die Transmission schlecht wird, wenn eine Filmdicke hoch ist. Insbesondere wird berichtet, dass bei einer Filmdicke von ungefähr 250 nm die Transmission weniger als 70 % beträgt. In anderen Worten, da das Problem mit der Transparenz des Materials selbst auftritt, welches für die Pufferschicht verwendet wird, kann das in diesem Element erzeugte Licht nicht effizient nach außen getragen werden.

[0008] Des Weiteren wurde gemäß Patentdokument 1 ein Versuch unternommen, lichtemittierende Elemente seriell zu verbinden (in Patentdokument 1 als lichtemittierende Einheiten bezeichnet), um die Leuchtdichte bei einer bestimmten Stromdichte, in anderen Worten, Stromausbeute zu verbessern. In dem Patentdokument 1 wird für einen Verbindungsbereich seriell verbundener lichtemittierender Elemente eine gemischte Schicht aus einer organischen Verbindung und einem Metalloxid (insbesondere Vanadiumoxid

und Rheniumoxid) verwendet und es wird davon ausgegangen, dass diese Schicht Löcher und Elektronen in lichtemittierende Einheiten injizieren kann.

[0009] Wie jedoch bei der Betrachtung einer Ausführungsform deutlich wird, wird für die gemischte Schicht aus einer organischen Verbindung und einem Metalloxid, welche in dem Patentedokument 1 offenbart ist, ein hoher Absorptionspeak nicht nur in dem infraroten Bereich, sondern auch in dem Bereich des sichtbaren Lichts (um 500 nm) herum beobachtet, und es tritt auch ein Problem der Transparenz auf. Dies liegt an der Wirkung eines Absorptionsbandes, welches durch Charge-Transfer-Wechselwirkungen erzeugt wird. Daher kann, wie erwartet, das in dem Element erzeugte Licht nicht effizient nach außen getragen werden und der Lichtemissionseffizienz des Elementes verschlechtert sich. Patentedokument 2 offenbart Verbundmaterialien, umfassend organische Iochtransportierende Materialien und Übergangsmetalloxide. Aus Patentedokument 3 sind Verbundmaterialien bekannt, die heterozyklische Verbindungen mit einem Dibenzofuran- oder Dibenzothiophengerüst umfassen. Patentedokumente 4 und 5 offenbaren Verbundmaterial, welches die heterozyklische Verbindung 4-[3-(Triphenylen-2-yl)phenyl]dibenzothiophen (mDBTPTp- II) umfasst.

Referenzen

Patentedokument 1: JP 2003-272860 A

Patentedokument 2: US 2006/0027830 A1

Patentedokument 3: US 2007/0141387 A1

Patentedokument 4: WO 2010/137509 A1

Patentedokument 5: WO 2011/027653 A1

[0010] Nicht-Patentedokument 1: Y. Yang et al., Applied Physics Letters, Band 64 (10) 1245-1247 (1994)

Offenbarung der Erfindung

[0011] Im Hinblick auf die obige Beschreibung ist es ein Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Verbundmaterial bereitzustellen, umfassend eine organische Verbindung und eine anorganische Verbindung, und welches eine hohe Trägertransporteigenschaft aufweist. Es ist ein anderer Gegenstand ein Verbundmaterial bereitzustellen, mit einer hohen Trägerinjektionseigenschaft in eine organische Verbindung. Es ist ein anderer Gegenstand ein Verbundmaterial bereitzustellen, bei welchem es unwahrscheinlich ist, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen auftritt.

[0012] Es ist ein Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz bereitzustellen, unter Verwendung des oben beschriebenen Verbundmaterials in einem lichtemittierenden Element. Es ist ein anderer Gegenstand ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung bereitzustellen. Es ist ein weiterer Gegenstand ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereitzustellen. Es ist ein anderer Gegenstand eine lichtemittierende Vorrichtung, enthaltend das lichtemittierende Element, eine elektronische Vorrichtung, enthaltend die lichtemittierende Vorrichtung, oder eine Beleuchtungsvorrichtung, enthaltend die lichtemittierende Vorrichtung, bereitzustellen.

[0013] Es soll festgehalten werden, dass ein Gegenstand der Erfindung, welche nachfolgend offenbart wird, wenigstens einen der oben beschriebenen Gegenstände erzielt.

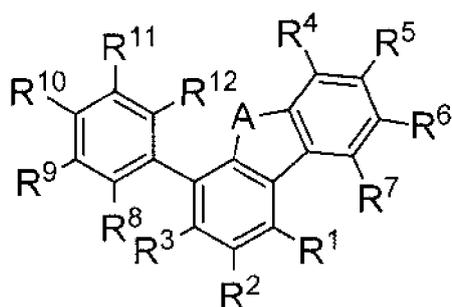
[0014] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verbundmaterial, enthaltend eine heterozyklische Verbindung mit einer Phenylgruppe, welche an die 4-Stellung eines Dibenzothiophengerüsts oder eines Dibenzofurangerüsts gebunden ist, wobei die Phenylgruppe ein oder mehrere Substituenten aufweist und die Phenylgruppe und der eine oder die mehrere Substituent/en insgesamt 12 bis 70 Kohlenstoffatome aufweisen, und einer anorganischen Verbindung, welche eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die heterozyklische Verbindung aufweist, wobei wenigstens einer der einen oder mehreren Substituenten eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe umfasst, und wobei die anorganische Verbindung eines oder eine Vielzahl von Oxiden ist, gewählt aus Titanoxid, Vanadiumoxid, Tantaloxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rutheniumoxid, Chromoxid, Zirkoniumoxid, Hafniumoxid und Silberoxid.

[0015] Es ist bevorzugt, eine heterozyklische Verbindung mit einer Phenylgruppe mit kleiner Konjugation gebunden an die 4-Stellung des Dibenzothiophengerüsts oder des Dibenzofurangerüsts für ein Verbundmaterial zu verwenden, da es möglich ist, das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu unterdrücken, da es möglich ist, die Filmqualität des Verbundmaterials zu stabilisieren und da es auch möglich ist, dass sich die Konjugation unwahrscheinlich erstreckt, was auch im Hinblick auf die Verbesserung einer Lichttransmissionseigenschaft wirkungsvoll ist.

[0016] Es ist bevorzugt, dass ein Ring eines oder mehrerer Substituenten in dem oben beschriebenen Verbundmaterial separat einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. Dies ermöglicht es, nicht nur das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu unterdrücken, sondern auch einen Absorptionspeak der heterozyklischen Verbindung selbst zu steuern, so dass dieser bei einer kürzeren Wellenlänge als dem Bereich des sichtbaren Lichts auftritt; so dass ein Verbundmaterial mit einer besonders hohen Lichttransmissionseigenschaft erzielt werden kann.

[0017] Es ist besonders bevorzugt, dass der Ring eines oder mehrerer Substituenten separat einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. In diesem Fall tritt Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen mit der anorganischen Verbindung kaum auf.

[0018] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verbundmaterial, enthaltend eine heterozyklische Verbindung, dargestellt durch eine allgemeine Formel (G1) und eine anorganische Verbindung, welche eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die heterozyklische Verbindung aufweist, wobei die anorganische Verbindung eines oder eine Vielzahl von Oxiden ist, gewählt aus Titanoxid, Vanadiumoxid, Tantaloxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rutheniumoxid, Chromoxid, Zirkoniumoxid, Hafniumoxid und Silberoxid.



(G1)

[0019] In der Formel stellt A Sauerstoff oder Schwefel dar; R¹ bis R⁷ stellen jeweils getrennt Wasserstoff, eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Arylgruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen in einem Ring dar; R⁸ bis R¹² stellen jeweils getrennt Wasserstoff, eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Triphenylenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe dar. Es sollte festgehalten werden, dass wenigstens eines von R⁸ bis R¹² eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt.

[0020] Es ist besonders bevorzugt, dass R⁸ bis R¹² getrennt Wasserstoff, eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt. Es sollte festgehalten werden, dass wenigstens eines von R⁸ bis R¹² eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt.

[0021] Es ist bevorzugt, die heterozyklische Verbindung mit einem Substituenten an der 4-Stellung eines Dibenzothiophengerüsts oder eines Dibenzofurangerüsts für ein Verbundmaterial zu verwenden, da es möglich ist, das Auftreten von Lichtabsorption, aufgrund Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu unterdrücken und da es auch möglich ist, die Filmqualität des Verbundmaterials zu stabilisieren.

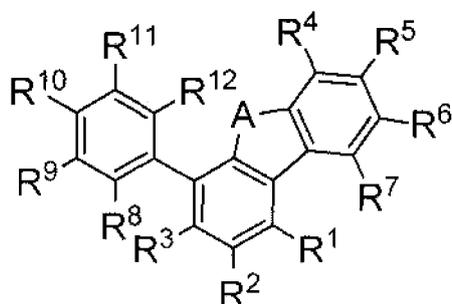
[0022] Es ist bevorzugt, dass ein Ring des Substituenten in dem zuvor beschriebenen Verbundmaterial einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. Dies ermöglicht es nicht nur das Auftreten von Lichtabsorption, aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu unterdrücken, sondern auch einen Absorptionsspek der heterozyklischen Verbindung selbst so zu steuern, dass er bei einer kürzeren Wellenlänge auftritt, als der Bereich des sichtbaren Lichts; daher kann ein Verbundmaterial mit einer besonders hohen Lichttransmissionseigenschaft erzielt werden.

[0023] Es ist besonders bevorzugt, dass ein Ring des Substituenten einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. In diesem Fall tritt kaum Lichtabsorption, aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen mit dem Übergangsmetalloxid auf. Es ist bevorzugt, eine heterozyklische Verbindung mit einer Phenylgruppe mit geringen Konjugation, gebunden an die 4-Stellung des Dibenzothiophengerüsts oder des Dibenzofurangerüsts als Verbundmaterial zu verwenden, da es möglich ist, das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu unterdrücken, da es möglich ist, die Filmqualität des Verbundmaterials zu stabilisieren, und da es möglich ist die Konjugation auszubilden, so dass sie sich nicht erstreckt, was auch im Hinblick auf die Verbesserung einer Lichttransmissionseigenschaft wirkungsvoll ist.

[0024] Es ist bevorzugt, dass ein Ring des einen oder der mehreren Substituenten in dem oben beschriebenen Verbundmaterial separat einer oder eine Vielzahl von Ringen sein kann, gewählt aus einem Benzolring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. Dies ermöglicht es nicht nur das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu unterdrücken, sondern auch einen Absorptionsspek der heterozyklischen Verbindung selbst zu steuern, so dass dieser bei einer kürzeren Wellenlänge als dem Bereich des sichtbaren Lichts auftritt; daher kann ein Verbundmaterial mit einer besonders hohen Lichttransmissionseigenschaft erzielt werden.

[0025] Es ist besonders bevorzugt, dass ein Ring des einen oder der mehreren Substituenten separat einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. In diesem Fall tritt kaum Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkungen mit dem Übergangsmetalloxid auf.

[0026] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verbundmaterial, enthaltend eine heterozyklische Verbindung, dargestellt durch eine allgemeine Formel (G1) und ein Übergangsmetalloxid, wobei das Übergangsmetalloxid eines oder eine Vielzahl von Oxiden ist, gewählt aus Titanoxid, Vanadiumoxid, Tantaloxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rutheniumoxid, Chromoxid, Zirkoniumoxid, Hafniumoxid und Silberoxid.



(G1)

[0027] In der Formel stellt A Sauerstoff oder Schwefel dar; R¹ bis R⁷ stellen getrennt Wasserstoff, eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Arylgruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen in einem Ring dar; R⁸ bis R¹² stellen getrennt Wasserstoff, eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substitu-

ierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Triphenylenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe dar. Es sollte festgehalten werden, dass wenigstens eines von R^8 bis R^{12} eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt.

[0028] Es ist besonders bevorzugt, dass R^8 bis R^{12} getrennt Wasserstoff, eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellen. Es sollte festgehalten werden, dass wenigstens eines von R^8 bis R^{12} eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt. Es ist bevorzugt, dass das Niveau des höchsten besetzten Orbitals eines Moleküls (HOMO-Niveau) der heterozyklischen Verbindung, welche in dem oben beschriebenen Verbundmaterial verwendet wird, gemessen durch Fotoelektronenspektroskopie $-5,7$ eV entspricht oder niedriger ist als dieses.

[0029] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein lichtemittierendes Element, enthaltend eine Schicht enthaltend eine lichtemittierende Substanz (im Folgenden auch als eine EL-Schicht bezeichnet) zwischen einem Elektrodenpaar. Die Schicht, welche eine lichtemittierende Substanz enthält, umfasst eine Schicht, enthaltend das oben beschriebene Verbundmaterial.

[0030] In dem oben beschriebenen lichtemittierenden Element ist es bevorzugt, dass sich die Schicht, welche das Verbundmaterial enthält, in Kontakt mit einer als eine Anode dienenden Elektrode des Elektrodenpaares befindet. Es ist auch bevorzugt, dass sich die das Verbundmaterial enthaltende Schicht in Kontakt mit einer als eine Kathode dienenden Elektrode des Elektrodenpaares in Kontakt befindet.

[0031] Das oben beschriebene lichtemittierende Element kann zwei Schichten umfassen, welche das Verbundmaterial enthalten, und es ist bevorzugt, dass sich eine der zwei Schichten, welche das Verbundmaterial enthalten, in Kontakt mit einer als eine Anode dienenden Elektrode des Elektrodenpaares befindet, und dass sich die andere der beiden Schichten in Kontakt mit der anderen als eine Kathode dienenden Elektrode des Elektrodenpaares befindet.

[0032] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein lichtemittierendes Element, enthaltend eine Vielzahl von Schichten enthaltend eine lichtemittierende Substanz zwischen einem Elektrodenpaar, und enthaltend eine Schicht enthaltend das oben beschriebene Verbundmaterial zwischen der Vielzahl von Schichten, welche eine lichtemittierende Substanz enthalten. In anderen Worten kann das oben beschriebene Verbundmaterial als eine Zwischenschicht (auch als eine Ladungserzeugungsschicht bezeichnet) in einem organischen EL-lichtemittierenden Element verwendet werden, welches einen Stapel einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten (ein organisches EL-Licht emittierendes Tandemelement) umfasst.

[0033] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung des oben beschriebenen Verbundmaterials gemäß dem Wortlaut der Ansprüche. Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, ein Verbundmaterial bereitzustellen, enthaltend eine organische Verbindung und eine anorganische Verbindung und welches eine hohe Trägertransporteigenschaft aufweist. Es ist auch möglich, ein Verbundmaterial mit einer hohen Trägerinjektionseigenschaft in eine organische Verbindung bereitzustellen. Es ist auch möglich ein Verbundmaterial bereitzustellen, bei welchem es unwahrscheinlich ist, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt.

[0034] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz durch Verwendung des oben beschriebenen Verbundmaterials in einem lichtemittierenden Element bereitzustellen. Es ist auch möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung bereitzustellen. Es ist auch möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereitzustellen. Es ist auch möglich, eine lichtemittierende Vorrichtung enthaltend das lichtemittierende Element, eine elektronische Vorrichtung enthaltend die lichtemittierende Vorrichtung oder eine Beleuchtungsvorrichtung, enthaltend die lichtemittierende Vorrichtung, bereitzustellen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- Fig. 1A bis 1C** zeigen lichtemittierende Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 2A und 2B** zeigen lichtemittierende Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 3A und 3B** zeigen eine lichtemittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 4A und 4B** zeigen eine lichtemittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 5A bis 5E** zeigen eine elektronische Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 6** zeigt eine Beleuchtungsvorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 7A und 7B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 8A und 8B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 9A und 9B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 10A und 10B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 11A und 11 B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Referenzausführungsform.
- Fig. 12A und 12B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 13A und 13B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 14A und 14B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 15A und 15B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 16A und 16B** zeigen jeweils ein lichtemittierendes Element eines Beispiels.
- Fig. 17** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 2.
- Fig. 18** zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 2.
- Fig. 19** zeigt Ergebnisse von Zuverlässigkeitsuntersuchungen eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 2.
- Fig. 20** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 3.
- Fig. 21** zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 3.
- Fig. 22** zeigt die Ergebnisse von Zuverlässigkeitsuntersuchungen eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 3.
- Fig. 23** zeigt Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 4.
- Fig. 24** zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 4.
- Fig. 25A und 25B** zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 26A und 26B zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 27A und 27B zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 28A und 28B zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 29A und 29B zeigen das Absorptionsvermögen eines Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 30 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 6.

Fig. 31 zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 6.

Fig. 32 zeigt die Ergebnisse einer Zuverlässigkeitsuntersuchung eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 6.

Fig. 33 zeigt Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 7.

Fig. 34 zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 7.

Fig. 35 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 8.

Fig. 36 zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 8.

Fig. 37 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 9.

Fig. 38 zeigt die Leuchtdichte-Stomausbeute-Charakteristik eines lichtemittierenden Elementes aus Beispiel 9.

Fig. 39A und 39B zeigen das Absorptionsvermögen von PCzPA und einem Verbundmaterial von diesem.

Fig. 40A und 40B zeigen das Absorptionsvermögen von NPB und einem Verbundmaterial desselben.

Fig. 41 zeigt die Ergebnisse der ESR-Messung des Beispiels 10.

Fig. 42A und 42B zeigen Ergebnisse der ESR-Messung von Beispiel 10.

Beste Art zur Durchführung der Erfindung

[0035] Ausführungsformen und Beispiele werden im Detail unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Es sollte festgehalten werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt ist und es wird Fachleuten auf dem Gebiet schnell klar, dass die Methoden und Details der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Weisen modifiziert werden können, ohne sich von dem Umfang und Geist dieser zu entfernen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht so interpretiert werden, dass sie auf die Beschreibung der folgenden Ausführungsformen und Beispiele beschränkt ist. Es sollte festgehalten werden, dass die gleichen Teile oder Teile mit ähnlichen Funktionen in den verschiedenen Zeichnungen im Allgemeinen mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, und eine Wiederholung der Beschreibung dieser wird weggelassen.

[0036] Zunächst wird kurz ein Unterschied zwischen dem Stand der Technik der vorliegenden Erfindung und der vorliegenden Erfindung kurz beschrieben. Wie in dem Patentedokument 1 offenbart, wird es so ausgelegt, dass in einem Verbundmaterial enthaltend eine Mischung aus einem aromatischen Amin und einer anorganischen Elektronenakzeptorverbindung, die anorganische Elektronenakzeptorverbindung Elektronen von dem aromatischen Amin erhält, und demzufolge Löcher und Elektronen in dem aromatischen Amin beziehungsweise der anorganischen Verbindung erzeugt werden. In anderen Worten, es wird so ausgelegt, dass in solch einem Verbundmaterial das aromatische Amin und die anorganische Elektronenakzeptorverbindung einen Charge-Transfer-Komplex bilden. Einige Verbundmaterialien, die solch ein Phänomen einsetzen und ausgezeichnete Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften aufweisen, wurden bisher berichtet.

[0037] Es ist jedoch allgemein bekannt, dass in solch einem Fall ein Absorptionsband, basierend auf der Charge-Transfer-Wechselwirkung erzeugt wird. Man sagt, dass dieses Absorptionsband in den Tief-Roten bis Nah-Infraroten Bereichen erzeugt wird; tatsächlich wird in einigen Fällen ein Absorptionsband auch in dem Bereich des sichtbaren Lichts erzeugt. Zum Beispiel weist ein Verbundmaterial enthaltend eine Mischung aus 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung NPB oder α -NPB) und ein Vanadiumoxid oder NPB und ein Molybdänoxid ein Absorptionsband bei ungefähr 500 nm auf, zusätzlich zu einem Absorptionsband bei ungefähr 1300 nm. Dies ist ein großer Nachteil für optische Vorrichtungen, wie lichtemittierende Elemente.

[0038] Die vorliegenden Erfinder haben herausgefunden, dass ein Verbundmaterial einer heterozyklischen Verbindung mit einem Dibenzofurangerüst oder einem Dibenzothiophengerüst und einer anorganischen Elektronenakzeptorverbindung, oder der heterozyklischen Verbindung und einem Übergangsmetalloxid, ausgezeichnete Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften zeigen kann, unabhängig von der Tatsache, dass keine Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung beobachtet wird (es tritt kaum Lichtabsorption auf). Man nimmt an, dass Löcher und Elektronen, welche aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung erzeugt werden, Elemente sind, die Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften zeigen; daher kann man sagen, dass die vorliegende Erfindung, welche ausgezeichnete Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften bereitstellen kann, unabhängig von der Tatsache, dass keine klare Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung beobachtet wird, der allgemeinen Theorie widerspricht und eine außergewöhnliche, unerwartete Funktion bereitstellt.

[0039] Des Weiteren weist Dibenzothiophen oder Dibenzofuran selbst eine große Energielücke auf. Indem daher ein Dibenzofurangerüst oder ein Dibenzothiophengerüst enthalten ist, kann die heterozyklische Verbindung so aufgebaut werden, dass sie keinen Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts aufweist. Demzufolge besteht ein großer Vorteil im Hinblick auf die Verbesserung einer Lichttransmissionseigenschaft.

[0040] Des Weiteren zeigt die cyclische Voltametrie (CV) Messung, dass das HOMO-Niveau von Dibenzothiophen oder Dibenzofuran -6 eV entspricht oder niedriger ist, was extrem niedrig ist. Daher kann man annehmen, dass eine heterozyklische Verbindung, welche ein Dibenzofurangerüst oder ein Dibenzothiophengerüst enthält, selbst eine ausgezeichnete Lochinjektionseigenschaft in eine andere organische Verbindung aufweist, jedoch Schwierigkeiten besitzt, Löcher aus einem leitfähigen Material, verkörpert durch Al oder ITO (mit einer Austrittsarbeit von ungefähr 3 eV bis 5 eV) zu erhalten. Auf der anderen Seite wird es durch Bildung solch eines Verbundmaterials, wie in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, möglich, das Problem einer Lochinjektionseigenschaft von einer Elektrode zu überwinden, während eine ausgezeichnete Lochinjektionseigenschaft in eine andere organische Verbindung beibehalten wird. Solche Eigenschaften des Verbundmaterials tragen zu einer Verringerung der Betriebsspannung bei, wenn das Verbundmaterial für ein lichtemittierendes Element verwendet wird. Dessen hohe Lichttransmissionseigenschaft ermöglicht es, dass sich dessen Emissionseffizienz erhöht. Des Weiteren kann angenommen werden, dass dessen tiefe HOMO-Niveaus eine Anhäufung von Ladungsträgern in einem lichtemittierenden Element verhindern, daher kann eine längere Lebensdauer erzielt werden.

[0041] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend mit spezifischen Beispielen beschrieben

(Ausführungsform 1)

[0042] In dieser Ausführungsform wird ein Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0043] Ein Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung mit einem bestimmten Gerüst und einer anorganischen Verbindung. Es gibt keine Beschränkung bezüglich eines Herstellungsverfahrens des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; z.B. kann dieses durch ein Co-Verdampfungsverfahren gebildet werden, bei welchem die organische Verbindung und die anorganische Verbindung zur gleichen Zeit abgeschieden werden. Das Mischverhältnis der organischen Verbindung zu der anorganischen Verbindung, im Massenverhältnis, in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt vorzugsweise ungefähr 8:1 bis 1:2 (= organische Verbindung:anorganische Verbindung), und noch wünschenswerter 4:1 bis 1:1 (= organische Verbindung:anorganische Verbindung). Wenn das Verbundmaterial durch ein Co-Verdampfungsverfahren gebildet wird, kann das Mischverhältnis gesteuert werden, indem die Abscheidungsraten der organischen Verbindung und der anorganischen Verbindung separat eingestellt werden.

[0044] Als erstes ist eine organische Verbindung, die für das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, eine heterozyklische Verbindung umfassend eine Phenylgruppe gebunden an eine 4-Stellung eines aus einem Dibenzothiophengerüst oder einem Dibenzofurangerüst, wobei die Phenylgruppe ein oder mehrere Substituenten umfasst, die Phenylgruppe und der eine oder die mehreren Substituenten insgesamt 12 bis 70 Kohlenstoffatome umfassen, und wobei wenigstens einer der einen oder mehreren Substituenten eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe umfasst.

[0045] Unter Verwendung dieser heterozyklischen Verbindung für ein Verbundmaterial kann ein Material mit einer hohen Trägertransporteigenschaft erhalten werden. Zusätzlich kann ein Material mit einer hohen Trägerinjektionseigenschaft in eine organische Verbindung erzielt werden. Des Weiteren kann ein Material, bei welchem es unwahrscheinlich ist, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung mit einer anorganischen Verbindung auftritt, erhalten werden. Des Weiteren kann unter Verwendung der heterozyklischen Verbindung für ein Verbundmaterial ein Material mit einer hohen Lichttransmissionseigenschaft erzielt werden.

[0046] Das Auftreten von Lichtabsorption kann aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung durch Verwendung einer heterozyklischen Verbindung mit einem Substituenten an der 4-Stellung eines Dibenzothiophengerüsts oder eines Dibenzofurangerüsts für ein Verbundmaterial unterdrückt werden. In dem Fall, in dem Dibenzothiophen oder Dibenzofuran einen sperrigen Substituenten (z.B. mit 6 oder mehr Kohlenstoffatomen) an der 4-Stellung aufweist, ist das Molekül als ein gesamtes ein sterisches Gerüst aufgrund der sterischen Behinderung zwischen Dibenzothiophen oder Dibenzofuran und dem Substituenten. Dies stabilisiert die Filmqualität des Verbundmaterials. Wenn das Verbundmaterial hergestellt wird, ist es bevorzugt die heterozyklische Verbindung und eine anorganische Verbindung zu co-verdampfen, wobei es in diesem Fall wünschenswert ist, dass die heterozyklische Verbindung einfach verdampft. Daher ist es im Hinblick auf das Molekulargewicht bevorzugt, dass die Anzahl der Kohlenstoffatome des Substituenten 70 entsprechen oder weniger betragen. Es sollte festgehalten werden, dass es bevorzugt ist, dass das Molekulargewicht der heterozyklischen Verbindung ungefähr 1200 entspricht oder geringer ist.

[0047] Es sollte festgehalten werden, dass als ein Ergebnis der Untersuchungen und Experimente, die von den vorliegenden Erfindern durchgeführt wurden, man herausgefunden hat, dass ein Verbundmaterial, gebildet durch das Kombinieren einer aromatischen Kohlenwasserstoffverbindung (z.B. einer Anthracenverbindung) und einer anorganischen Verbindung einfach kristallisiert wird, wenn das Mischverhältnis der anorganischen Verbindung zu der aromatischen Verbindung gering ist. Wenn im Gegensatz dazu das Mischverhältnis der anorganischen Verbindung hoch ist, wird, obwohl Kristallisation unterdrückt werden kann, ein leichter Absorptionsspeak, resultierend von der Charge-Transfer-Wechselwirkung zwischen einem Gerüst der aromatischen Kohlenwasserstoffverbindung (z.B. einem Anthracengerüst) und der anorganischen Verbindung in dem Bereich des sichtbaren Lichts erhöht. Auf der anderen Seite kann in dem Fall, dass eine heterozyklische Verbindung mit einem Substituenten, welcher an die 4-Stellung eines Dibenzothiophengerüsts oder eines Dibenzofurangerüsts gebunden ist, gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, die Kristallisation eines Verbundmaterials unterdrückt werden und die Filmqualität des Verbundmaterials kann stabilisiert werden, auch wenn der Substituent ein Anthracengerüst umfasst und das Verhältnis der anorganischen Verbindung niedrig ist. Daher besteht in dem Fall, in dem das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, auch wenn die heterozyklische Verbindung ein Anthracenskelett enthält, kein Bedarf das Verhältnis der anorganischen Verbindung zu erhöhen, um Kristallisation zu unterdrücken, und es ist möglich zu verhindern, dass ein Absorptionsspeak aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung in dem Bereich des sichtbaren Lichts beobachtet wird.

[0048] Es ist besonders bevorzugt, dass ein Ring des Substituenten einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. Die vorliegenden Erfinder haben herausgefunden, dass in diesem Fall Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung mit der organischen Verbindung kaum auftritt. Insbesondere tritt Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung auch bei einem hohen Mischverhältnis der anorganischen Verbindung zu der heterozyklischen Verbindung kaum auf. Insbesondere tritt die Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung kaum auf, auch wenn das Mischverhältnis der heterozyklischen Verbindung zu der anorganischen Verbindung, im Massenverhältnis, in dem Bereich von 4:1 zu 1:1 (= heterozyklische Verbindung:anorganische Verbindung) liegt. Es sollte festgehalten werden, dass es bevorzugt ist, dass

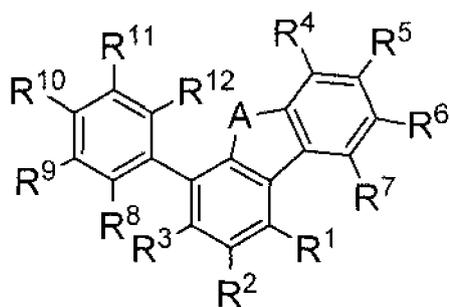
die Konzentration der anorganischen Verbindung hoch ist, da die Leitfähigkeit des Verbundmaterials auch hoch wird. Die vorliegenden Erfinder haben auch herausgefunden, dass das Verbundmaterial der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften aufweist, und vorteilhafte Zuverlässigkeit, wenn es in einem lichtemittierenden Element verwendet wird, unabhängig von der Tatsache, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung kaum auftritt.

[0049] Gemäß vorliegender Erfindung wird eine heterozyklische Verbindung mit einer Phenylgruppe, gebunden an die 4-Stellung eines Dibenzothiophengerüsts oder eines Dibenzofurangerüsts verwendet, wobei die Phenylgruppe einen oder mehrere Substituenten aufweist, und die Phenylgruppe und der eine oder die mehreren Substituent/en insgesamt 12 bis 70 Kohlenstoffatome aufweisen. Dies liegt daran, dass das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung durch die Verwendung einer heterozyklischen Verbindung mit einer Phenylgruppe mit geringer Konjugation gebunden an die 4-Stellung eines Dibenzothiophengerüsts oder eines Dibenzofurangerüsts für ein Verbundmaterial unterdrückt werden kann. Da die Phenylgruppe zusätzlich eine geringe Konjugation aufweist, kann, auch wenn das Molekulargewicht durch das Binden eines zusätzlichen Substituenten an die Phenylgruppe erhöht wird, eine breite Energielücke beibehalten werden, welche auch im Hinblick auf die Verbesserung einer Lichttransmissionseigenschaft wirkungsvoll ist. Des Weiteren weist in dem Fall, in dem Dibenzothiophen oder Dibenzofuran einen sperrigen Platz (bulky site) (z.B. ein Gerüst mit insgesamt 12 oder mehr Kohlenstoffatomen einschließlich der Phenylgruppe) an der 4-Stellung aufweist, das Molekül als gesamtes ein sterisches Gerüst aufgrund der sterischen Behinderung zwischen Dibenzothiophen oder Dibenzofuran und dem sperrigen Platz auf. Dies stabilisiert die Filmqualität des Verbundmaterials. Wenn das Verbundmaterial hergestellt wird, ist es bevorzugt, die heterozyklische Verbindung und die anorganische Verbindung zu co-verdampfen, wobei es in diesem Fall wünschenswert ist, dass die heterozyklische Verbindung einfach verdampft. Daher ist es im Hinblick auf das Molekulargewicht bevorzugt, dass die Summe der Kohlenstoffatome 70 oder weniger betragen. Es sollte festgehalten werden, dass das Molekulargewicht der heterozyklischen Verbindung ungefähr 1200 entspricht oder weniger beträgt.

[0050] Es ist bevorzugt, dass ein Ring des einen oder der mehreren Substituenten separat einer oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. Jeder dieser Ringe ist ein wichtiger konjugierter Ring, um eine Trägertransporteigenschaft (insbesondere eine Lochtransporteigenschaft) zu zeigen und zusätzlich ist er ein konjugierter Ring mit einer breiten Energielücke. Demzufolge ist es, wenn der Ring des einen oder der mehreren Substituenten auf diese Ringe beschränkt ist, nicht nur möglich, das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung zu unterdrücken, sondern auch einen Absorptionspeak der heterozyklischen Verbindung zu steuern, so dass dieser bei einer kürzeren Wellenlänge als dem Bereich des sichtbaren Lichts auftritt. Daher kann unter Verwendung der heterozyklischen Verbindung ein Verbundmaterial mit einer hohen Lichttransmissionseigenschaft erzielt werden.

[0051] Es ist insbesondere bevorzugt, dass ein Ring eines oder mehrerer Substituenten separat ein oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring. Die vorliegenden Erfinder haben herausgefunden, dass in diesem Fall Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung mit der organischen Verbindung, kaum auftritt. Insbesondere tritt Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung, kaum auf, auch wenn ein hohes Mischverhältnis der anorganischen Verbindung zu der heterozyklischen Verbindung vorliegt. Insbesondere tritt Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung kaum auf, auch wenn das Mischverhältnis der heterozyklischen Verbindung zu der anorganischen Verbindung, im Massenverhältnis, in dem Bereich von 4:1 zu 1:1 (= heterozyklische Verbindung: anorganische Verbindung) liegt. Es sollte festgehalten werden, dass es bevorzugt ist, dass die Konzentration der anorganischen Verbindung hoch ist, da die Leitfähigkeit des Verbundmaterials dann auch hoch wird. Die vorliegenden Erfinder haben auch herausgefunden, dass das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften und vorteilhafte Zuverlässigkeit zeigen kann, wenn es für ein lichtemittierendes Element verwendet wird, unabhängig von der Tatsache, dass die Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung kaum auftritt.

[0052] Eine andere organische Verbindung, die für das Verbundmaterial der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet kann, ist eine heterozyklische Verbindung, dargestellt durch eine allgemeine Formel (G1).

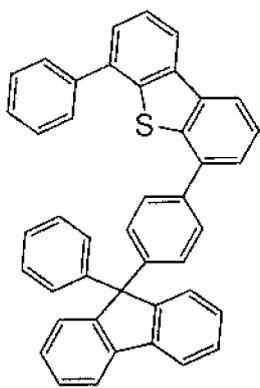


(G1)

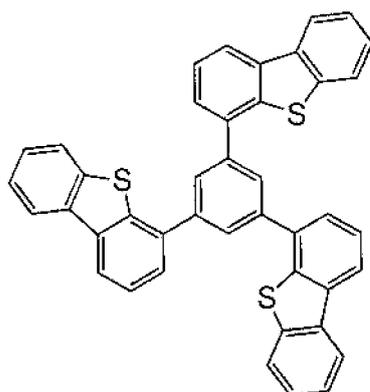
[0053] In der allgemeinen Formel (G1) stellt A Sauerstoff oder Schwefel dar; R¹ bis R⁷ stellen jeweils Wasserstoff, eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder eine Arylgruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen in einem Ring dar; R⁸ bis R¹² stellen jeweils Wasserstoff, eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Triphenylenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe dar. Es sollte festgehalten werden, dass wenigstens eines von R⁸ bis R¹² eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt.

[0054] Es ist besonders bevorzugt, dass R⁸ bis R¹² jeweils Wasserstoff, eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt. Es sollte festgehalten werden, dass wenigstens eines von R⁸ bis R¹² eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe darstellt.

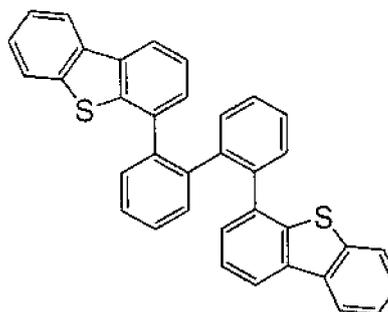
[0055] Beispiele organischer Verbindungen, die für das Verbundmaterial der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, werden durch die folgenden Strukturformeln (100) bis (103) und (106) bis (128) dargestellt.



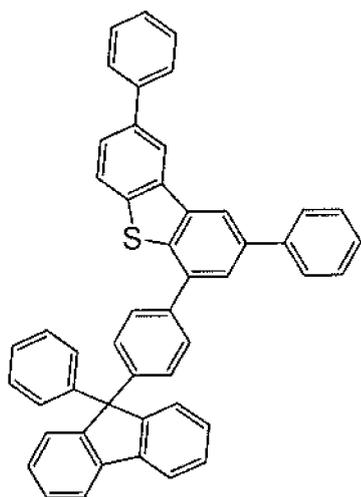
(100)



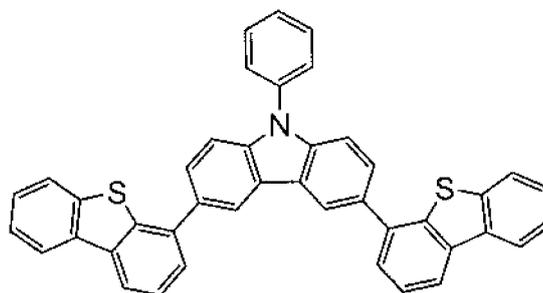
(101)



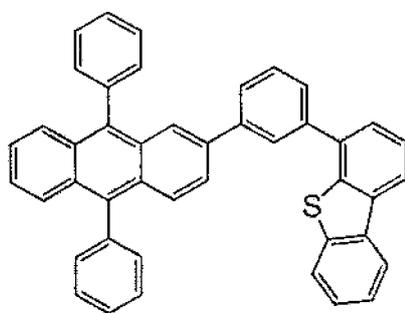
(102)



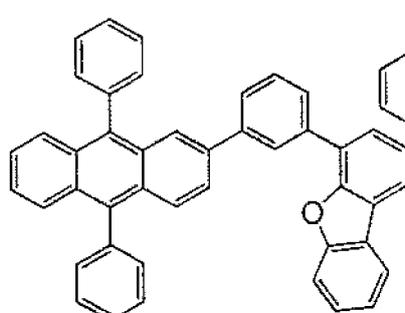
(103)



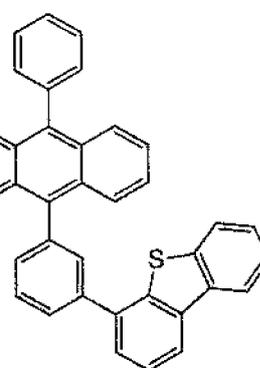
(105)



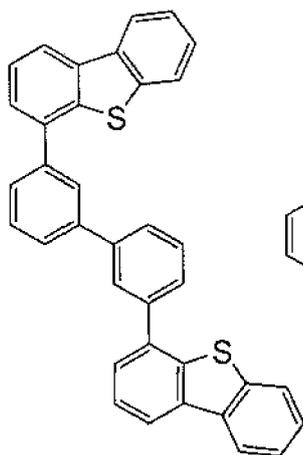
(106)



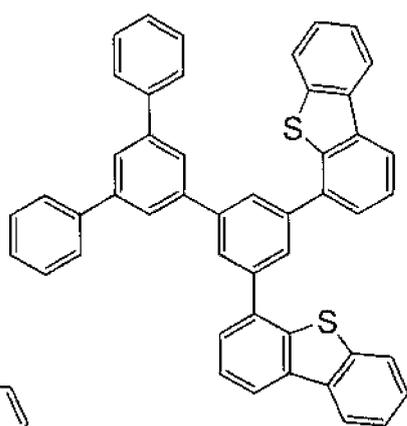
(107)



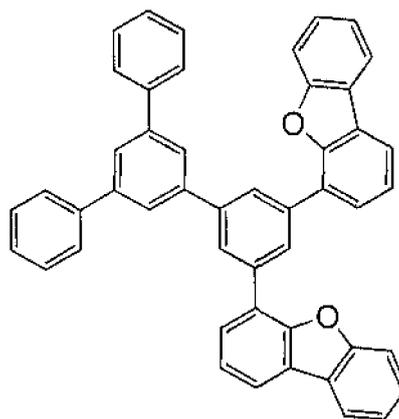
(108)



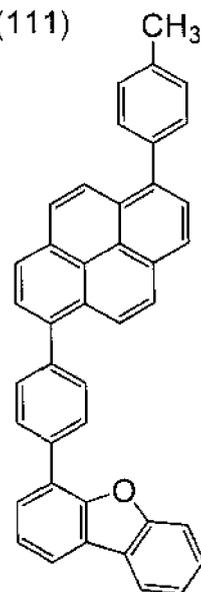
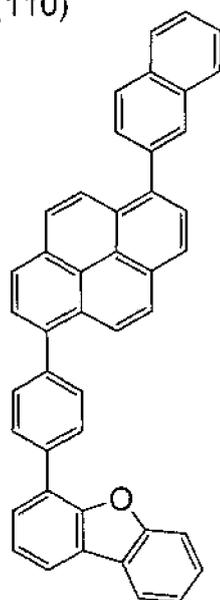
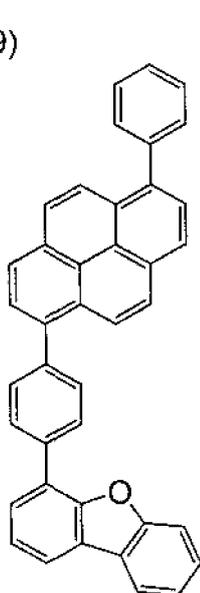
(109)



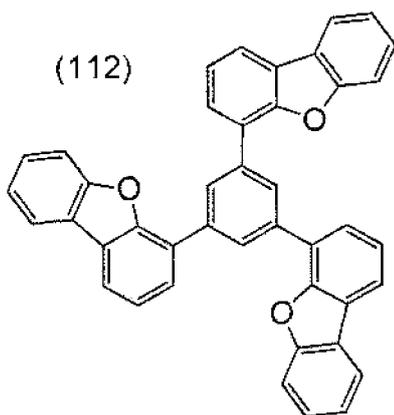
(110)



(111)



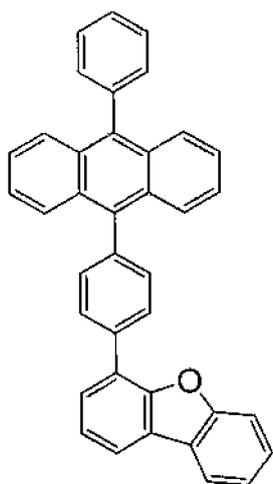
(112)



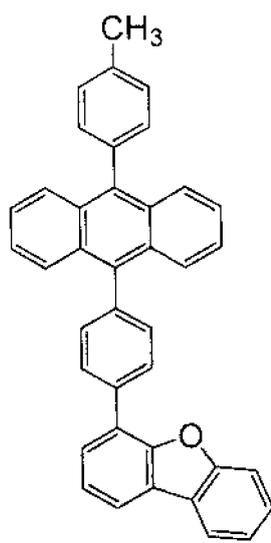
(115)

(113)

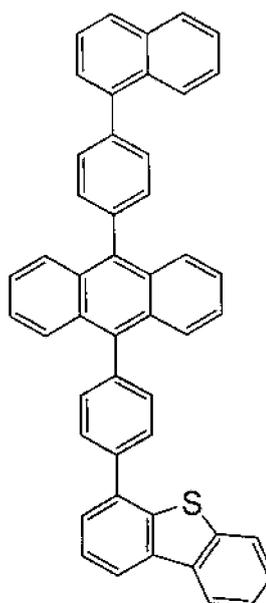
(114)



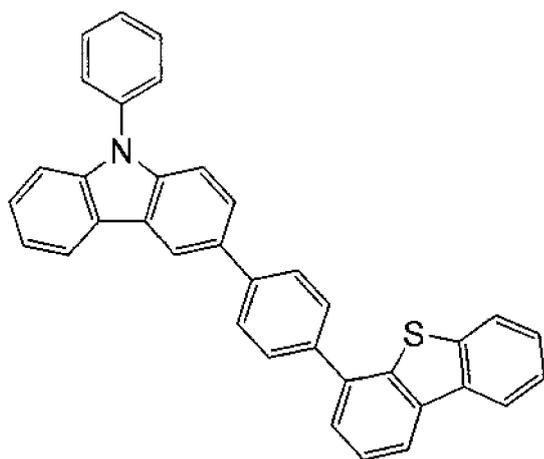
(116)



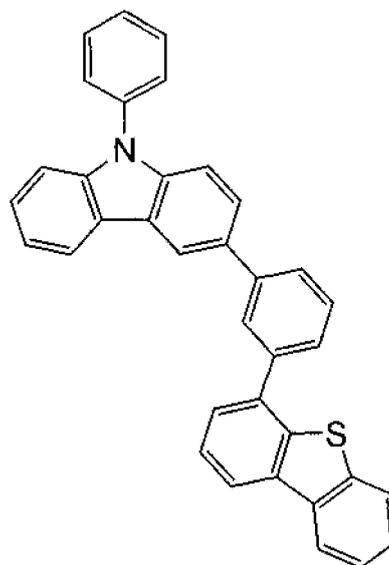
(117)



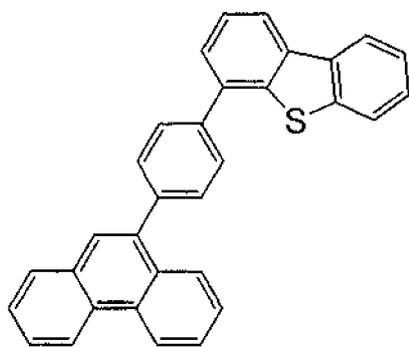
(118)



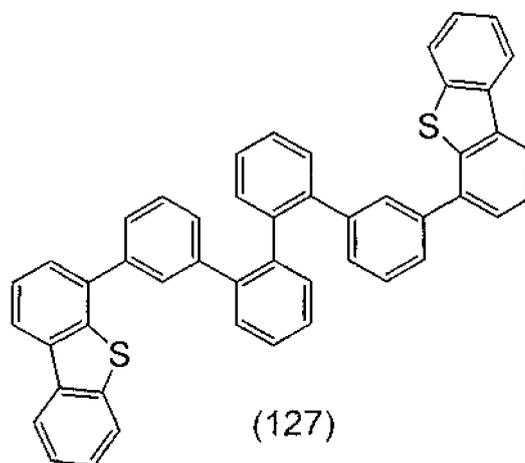
(124)



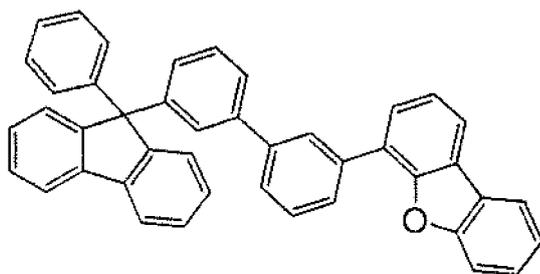
(125)



(126)



(127)



(128)

[0056] Nachfolgend wird eine anorganische Verbindung, die für das Verbundmaterial der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, beschrieben.

[0057] Eine anorganische Verbindung mit einer Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die heterozyklische Verbindung, die für das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist ausgewählt aus einem oder mehreren aus Titanoxid, Vanadiumoxid, Tantaloxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rutheniumoxid, Chromoxid, Zirkoniumoxid, Hafniumoxid oder Silberoxid. Unter diesen ist Molybdänoxid besonders einfach zu handhaben, da es einfach abgeschieden wird, eine niedrige hygroskopische Eigenschaft aufweist und stabil ist.

[0058] Ein Übergangsmetalloxid gilt nicht als eine sehr hohe Elektronenakzeptoreigenschaft aufweisend (gilt als ein niedriges Reaktionsvermögen aufweisend) im Vergleich mit einer starken Lewis-Säure, wie Eisen(III)chlorid. In dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird, wie oben beschrieben, das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung unterdrückt (oder Lichtabsorption tritt kaum auf). Es ist schwierig, hieraus zu beweisen, dass ein Übergangsmetalloxid als ein Elektronenakzeptor in einem allgemeinen Sinn der vorliegenden Erfindung dient. Auf der anderen Seite gibt es, wie in den folgenden Beispielen beschrieben, eine experimentelle Tatsache, dass das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine größere Menge an Strom leiten als die heterozyklische Verbindung allein könnte, wenn ein elektrisches Feld angelegt wird. Wenn daher ein Übergangsmetalloxid in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, wird angenommen, dass die Träger wenigstens unter Unterstützung eines angelegten elektrischen Feldes einfach erzeugt werden. Daher wird in dieser Beschreibung eine anorganische Verbindung (wie ein Übergangsmetalloxid, welches oben erwähnt wurde) in dem Verbundmaterial als eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweisend angesehen, solange Träger wenigstens unter Unterstützung eines angelegten elektrischen Feldes erzeugt werden.

[0059] Es ist bevorzugt, dass das HOMO-Niveau der heterozyklischen Verbindung, welche in dem oben beschriebenen Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist, gemessen durch Fotoelektronenspektroskopie, -5,7 eV entspricht oder geringer ist. Wie oben beschrieben zeigt die CV-Messung, dass das HOMO-Niveau von Dibenzothiophen oder Dibenzofuran -6 eV entspricht oder niedriger ist, was sehr niedrig ist. Daher kann das HOMO-Niveau einer heterozyklischen Verbindung alleine, welche ein Dibenzofurangerüst oder ein Dibenzothiophengerüst enthält, einfach so gering wie -5,7 eV oder niedriger gemacht werden.

[0060] In dem Fall, in dem die heterozyklische Verbindung ein niedriges HOMO-Niveau aufweist, kann man davon ausgehen, dass die heterozyklische Verbindung eine ausgezeichnete Lochinjektionseigenschaft in eine andere organische Verbindung aufweist, jedoch Schwierigkeiten aufweist, Löcher aus einem leitfähigen Material, verkörpert durch Al oder ITO (mit einer Austrittsarbeit von ungefähr 3 eV bis 5 eV), zu erhalten. Auf der anderen Seite ist es durch Bildung solch eines Verbundmaterials wie in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung möglich, das Problem einer Lochinjektionseigenschaft von einer Elektrode zu überwinden, während eine ausgezeichnete Lochinjektionseigenschaft in die andere organische Verbindung beibehalten wird. Solche Eigenschaften des Verbundmaterials tragen zu einer Verringerung der Antriebsspannung bei, wenn das Verbundmaterial für ein leuchtendes Element verwendet wird. Dessen hohe Lichttransmissionseigenschaft ermöglicht es, die Emissionseffizienz zu erhöhen. Des Weiteren kann das tiefe HOMO-Niveau Trägerakkumulationen verhindern; daher kann eine längere Lebensdauer erzielt werden.

[0061] Wie oben beschrieben ist ein Verbundmaterial der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Material mit einem niedrigen HOMO-Niveau und einer hohen Trägertransporteigenschaft. Zusätzlich ist das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Material mit einer ausgezeichneten Trägerinjektionseigenschaft in eine organische Verbindung. Des Weiteren ist das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Material, bei welchem Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung kaum auftritt.

[0062] Daher kann das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für ein lichtemittierendes Element oder ein Halbleiterelement, wie ein fotoelektrisches Umwandlungselement oder einen Transistor, verwendet werden.

[0063] Des Weiteren weist das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft und eine ausgezeichnete Trägerinjektionseigenschaft in eine organische Verbindung auf und kann daher die Betriebsspannung reduzieren, wenn es für ein lichtemittierendes Element oder dergleichen verwendet wird.

[0064] Das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist eine Lichttransmissionseigenschaft auf und kann daher hohe Emissionseffizienz realisieren, wenn es für ein lichtemittierendes Element oder dergleichen verwendet wird.

[0065] Das Verbundmaterial der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unterdrückt Ladungsakkumulation und kann daher ein Element mit einer langen Lebensdauer realisieren, wenn es für ein lichtemittierendes Element oder dergleichen verwendet wird.

[0066] Es sollte festgehalten werden, dass diese Ausführungsform in einer geeigneten Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen realisiert werden kann.

(Ausführungsform 2)

[0067] In dieser Ausführungsform wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die **Fig. 1A** bis **1C** beschrieben.

[0068] In einem lichtemittierenden Element dieser Ausführungsform ist eine EL-Schicht (eine Schicht enthaltend eine lichtemittierende Substanz) zwischen einem Elektrodenpaar angeordnet. Die EL-Schicht umfasst wenigstens eine Schicht enthaltend das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie in der Ausführungsform 1 beschrieben, und eine lichtemittierende Schicht. Die EL-Schicht kann zusätzlich eine weitere Schicht enthalten. Zum Beispiel kann die EL-Schicht eine Schicht enthalten, welche eine Substanz mit einer hohen Trägerinjektionseigenschaft enthält, oder eine Schicht, welche eine Substanz mit einer hohen Trägertransporteigenschaft enthält, so dass ein lichtemittierender Bereich in einem Bereich entfernt von den Elektroden gebildet wird, d.h., so dass sich die Träger in einem von den Elektroden entfernten Bereich rekombinieren. In dieser Beschreibung wird eine Schicht, welche eine Substanz mit einer hohen Trägerinjektions- oder einer hohen Trägertransporteigenschaft enthält, auch als eine funktionale Schicht bezeichnet, welche z.B. zur Injektion oder zum Transport von Trägern dient. Als eine funktionale Schicht kann eine Lochinjektionsschicht, eine Lochtransportschicht, eine Elektroneninjektionsschicht oder eine Elektronentransportschicht und dergleichen verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass in dieser Ausführungsform die das Verbundmaterial einer Ausführungsform enthaltende Schicht als eine Lochinjektionsschicht verwendet wird.

[0069] Es ist bevorzugt, dass eine oder mehrere Schichten (wie eine Lochtransportschicht) zwischen der Schicht, welche das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält, und der lichtemittierenden Schicht bereitgestellt wird. Demzufolge ist es möglich, Quenchen (eine Verringerung der Effizienz) bewirkt durch einen Übergang von Anregungsenergie erzeugt in der lichtemittierenden Schicht zu der Schicht, welche das Verbundmaterial enthält, bewirkt wird, und es ist möglich, ein effizienteres Element zu erhalten. In dem lichtemittierenden Element, welches in **Fig. 1A** dargestellt ist, wird eine EL-Schicht 102 zwischen der ersten Elektrode 101 und einer zweiten Elektrode 108 bereitgestellt. In der EL-Schicht 102 sind eine Lochinjektionsschicht 701, eine Lochtransportschicht 702, eine lichtemittierende Schicht 703, eine Elektronentransportschicht 704 und eine Elektroneninjektionsschicht 705 in dieser Reihenfolge auf der ersten Elektrode 101 gestapelt. Es sollte festgehalten werden, dass bei dem lichtemittierenden Element, welches in dieser Ausführungsform beschrieben ist, die erste Elektrode 101 als eine Anode dient und die zweite Elektrode 108 als eine Kathode dient.

[0070] Als ein Träger des lichtemittierenden Elementes (siehe ein Substrat 100 in **Fig. 1A**) kann z.B. ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Kunststoffsubstrat oder dergleichen verwendet werden. Des Weiteren kann ein flexibles Substrat verwendet werden. Das flexible Substrat ist ein Substrat, welches gebogen werden kann, wie ein Kunststoffsubstrat, z.B. hergestellt aus Polycarbonat, Polyacrylat oder Polyethersulfon. Ein Film (hergestellt aus Polypropylen, Polyester, Vinyl, Polyvinylfluorid, Vinylchlorid oder dergleichen), ein durch Verdampfung gebildeter anorganischer Film oder dergleichen kann auch verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass andere Materialien als diese verwendet werden können, so lange sie als ein Träger des lichtemittierenden Elementes dienen.

[0071] Für die erste Elektrode 101 kann jedes einer Vielzahl von Metallen, Legierungen, leitfähigen Verbindungen, deren Mischungen und dergleichen verwendet werden. Beispiele umfassen Indiumoxid-Zinnoxid (ITO:Indiumzinnoxid), Indiumoxid-Zinnoxid enthaltend Silizium oder Siliziumoxid, Indiumoxid-Zinkoxid (IZO: Indiumzinkoxid), Indiumoxid enthaltend Wolframoxid und Zinkoxid (IWZO) und dergleichen. Filme dieser leitfähigen Metalloxide werden normalerweise durch Sputtern gebildet, können jedoch auch unter Verwendung eines Sol-Gel-Verfahrens und dergleichen gebildet werden. Zum Beispiel kann ein IZO-Film durch ein Sputter-Verfahren unter Verwendung eines Targets, erhalten durch Zugabe von 1 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid zu Indiumoxid, gebildet werden. Des Weiteren kann ein IWZO-Film durch ein Sputter-Verfahren unter Verwendung eines Targets, erhalten durch Zugabe von 0,5 Gew.-% bis 5 Gew.-% Wolframoxid und 0,1 Gew.-% bis 1 Gew.-% Zinkoxid zu Indiumoxid, erhalten werden. Andere Beispiele sind Gold, Platin, Nickel, Wolfram, Chrom, Molybdän, Eisen, Kobalt, Kupfer, Palladium, Nitride von Metallmaterialien (z.B. Titanitrid) und dergleichen.

[0072] Als ein Material der ersten Elektrode 101 ist es bevorzugt, ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit (einer Austrittsarbeit von 4,0 eV oder mehr) zu verwenden. Es sollte festgehalten werden, dass in einem lichtemittierenden Element mit einer Struktur, bei welchem sich die erste Elektrode 101 und die Schicht, welche das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält, in Kontakt miteinander befinden, ein für die erste Elektrode 101 verwendetes Material nicht auf ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit beschränkt ist und ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit sein kann. Zum Beispiel kann auch Aluminium, Silber, eine Legierung enthaltend Aluminium (z.B. Al-Si) oder dergleichen verwendet werden.

[0073] Die Lochinjektionsschicht 701 ist eine Schicht, welche das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält.

[0074] Die heterozyklische Verbindung (siehe Ausführungsform 1), welche für das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, weist ein niedriges HOMO-Niveau und eine ausgezeichnete Lochinjektionseigenschaft in die Lochtransportschicht 702 und die lichtemittierende Schicht 703 auf. Auf der anderen Seite wird eine Injektionsbarriere zwischen der ersten Elektrode 101 und der heterozyklischen Verbindung erzeugt und Löcher werden nicht einfach von der ersten Elektrode 101 injiziert.

[0075] In dem lichtemittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird jedoch das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung (ein Material, enthaltend die heterozyklische Verbindung und eine anorganische Verbindung, welche eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die heterozyklische Verbindung aufweist) für die Lochinjektionsschicht 701 verwendet; daher kann die Injektionsbarriere zwischen der ersten Elektrode 101 und der Lochinjektionsschicht 701 reduziert werden. Daher ist es möglich, ein Element mit einer niedrigen Injektionsbarriere von der ersten Elektrode 101 zu der lichtemittierenden Schicht 703 und mit einer hohen Trägerinjektionseigenschaft zu realisieren, und es ist möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung bereitzustellen.

[0076] Des Weiteren weist das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Trägererzeugungseffizienz auf und eine hohe Trägertransporteigenschaft auf. Daher ist es unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz zu realisieren.

[0077] Zusätzlich wird bei der heterozyklischen Verbindung kein hoher Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts erzeugt. Des Weiteren weist die heterozyklische Verbindung ein geringes HOMO-Niveau auf und es ist unwahrscheinlich, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung mit der anorganischen Verbindung auftritt. Daher ist es unwahrscheinlich, dass in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts erzeugt wird und das Verbundmaterial weist eine hohe Lichttransmissionseigenschaft auf. Dies zeigt daher

auch, dass es unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung möglich ist, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz zu realisieren.

[0078] Das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann Ladungsakkumulation unterdrücken; daher kann ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereitgestellt werden.

[0079] Die Lochtransportschicht 702 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft enthält. Als ein Material der Lochtransportschicht 702 kann die heterozyklische Verbindung, welche für das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, eingesetzt werden. Andere Beispiele der Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft sind aromatische Aminverbindungen, wie 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB oder α -NPB), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4,4'-Bis[N-(9,9-dimethylfluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DFLDPBi) und 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB). Die hier genannten Substanzen sind hauptsächlich Substanzen, die eine Lochbeweglichkeit von 10^{-6} cm²/Vs oder mehr aufweisen. Es sollte festgehalten werden, dass neben diesen Substanzen, jede Substanz, die eine Eigenschaft aufweist, mehr Löcher als Elektronen zu transportieren, verwendet werden kann. Es sollte festgehalten werden, dass die eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft enthaltende Schicht nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt ist, und ein Stapel aus zwei oder mehr Schichten, enthaltend jede der zuvor genannten Substanzen, kann verwendet werden.

[0080] Für die Lochtransportschicht 702 kann ein Carbazolderivat wie 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA) oder 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9/7-carbazol (Abkürzung: PCzPA) oder ein Anthracenderivat wie 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA) oder 9,10-Diphenylanthracen (Abkürzung: DPAnth) verwendet werden.

[0081] Insbesondere weist die heterozyklische Verbindung in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein niedriges HOMO-Niveau auf; daher kann ein Material mit einem niedrigen HOMO-Niveau auch für die Lochtransportschicht verwendet werden. Bei solch einer Struktur ist es möglich, Ladungsakkumulation an der Grenzfläche zwischen der lichtemittierenden Schicht und der Lochtransportschicht zu vermeiden und es ist möglich, die Lebensdauer des lichtemittierenden Elementes zu verlängern. Insbesondere ist es bevorzugt, dass das HOMO-Niveau der Lochtransportschicht -5,6 eV entspricht oder geringer ist. Von diesem Standpunkt aus ist ein Carbazolderivat, ein Dibenzothiophenderivat, ein Dibenzofuranderivat, ein Anthracenderivat oder dergleichen als eine Verbindung bevorzugt, die für die Lochtransportschicht verwendet wird.

[0082] Es sollte festgehalten werden, dass für die Lochtransportschicht 702 auch eine hochmolekulare Verbindung, wie Poly(N-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK), Poly(4-vinyltriphenylamin) (Abkürzung: PVTPA), Poly[N-(4-{N'-[4-(4-diphenylamino)phenyl]phenyl-N'-phenylamino}phenyl)methacrylamid] (Abkürzung: PTPDMA) oder Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD) verwendet werden kann.

[0083] Die lichtemittierende Schicht 703 ist eine Schicht, welche eine lichtemittierende organische Verbindung enthält. Als die lichtemittierende organische Verbindung kann z.B. eine fluoreszierende Verbindung, welche Fluoreszenz emittiert, oder eine phosphoreszierende Verbindung, welche Phosphoreszenz emittiert, verwendet werden.

[0084] Beispiele einer Fluoreszenzverbindung, die für die lichtemittierende Schicht 703 verwendet werden kann, sind die folgenden lichtemittierenden Materialien, z.B.: Materialien, die blaues Licht emittieren, wie 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) und 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA); Materialien, die grünes Licht emittieren, wie 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), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)]-N-[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N-phenylanthracen-2-amin (Abkürzung: 2YGABPhA) und N,N,9-Triphenylanthracen-9-amin (Abkürzung: DPhAPhA); Materialien, die gelbes Licht emittieren, wie Rubren und 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT); und Materialien, die rotes Licht emittieren, wie N,N,N',N'-

Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD) und 7,14-Diphenyl-N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthen-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD).

[0085] Beispiele einer Phosphoreszenzverbindung, die für die lichtemittierende Schicht 703 verwendet werden können, sind die folgenden lichtemittierenden Materialien, z.B.: Materialien, die blaues Licht emittieren, wie Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Flr6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Flrpic), Bis{2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Ir(CF₃ppy)₂(pic)) und Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Flr(acac)); Materialien, die grünes Licht emittieren, wie Tris(2-phenylpyridinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: Ir(ppy)₃), Bis(2-phenylpyridinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(ppy)₂(acac)), Bis(1,2-diphenyl-1H-benzimidazolato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(pbi)₂(acac)), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)-acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bzq)₂(acac)) und Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(bzq)₃); Materialien, die gelbes Licht emittieren, wie Bis(2,4-diphenyl-1,3-oxazolato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(dpo)₂(acac)), Bis[2-(4'-(Perfluorphenyl)phenyl)pyridinato]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(p-PF-ph)₂(acac)), Bis(2-phenylbenzothiazolato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bt)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorophenyl)-5-methylpyrazinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Fdppr-Me)₂(acac)) und (Acetylacetonato)bis{2-(4-methoxyphenyl)-3,5-dimethylpyrazinato}iridium(III) (Abkürzung: Ir(dmmoppr)₂(acac)); Materialien, die oranges Licht emittieren, wie Tris(2-phenylchinolinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: Ir(pq)₃), Bis(2-phenylchinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(pq)₂(acac)), (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)); und Materialien, die rotes Licht emittieren, wie beispielsweise organometallische Komplexe, wie Bis[2-(2'-benzo[4,5-a]thienyl)pyridinato-N,C^{3'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(btp)₂(acac)), Bis(1-phenylisochinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Ir(piq)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorophenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Fdpq)₂(acac)), (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)₂(acac)), (Dipivaloylmethanato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)₂(dpm)) und (2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrin)platinum(II) (Abkürzung: PtOEP). Jeder der Seltenerdmetallkomplexe kann als Phosphoreszenzverbindung verwendet werden: Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: Tb(acac)₃(Phen)); Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: Eu(DBM)₃(Phen)); und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato](monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: Eu(TTA)₃(Phen)), da ihre Lichtemission aus einem Seltenerdmetallion (elektronischer Übergang zwischen verschiedenen Wertigkeiten) in einem solchen Seltenerdmetallkomplex herrührt.

[0086] Es sollte festgehalten werden, dass die lichtemittierende Schicht 703 eine Struktur aufweisen kann, bei welcher jede der oben beschriebenen lichtemittierenden organischen Verbindungen (ein Gastmaterial) in einer anderen Substanz (ein Wirtsmaterial) dispergiert ist. Eine Vielzahl von Substanzen kann als Wirtsmaterial verwendet werden und es ist bevorzugt eine Substanz zu verwenden, welche ein höheres Niveau des niedrigsten unbesetzten Orbitals eines Moleküls (LUMO-Niveau) aufweist als das einer lichtemittierenden Substanz und ein niedrigeres HOMO-Niveau aufweist als das der lichtemittierenden Substanz.

[0087] Spezifische Beispiele des Wirtsmaterials, die verwendet werden können, sind die folgenden Materialien: Tris(8-chinolinolato)aluminum(III) (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminum(III) (Abkürzung: Almq₃), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminum(III) (Abkürzung: BALq), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO), und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ); heterozyklische Verbindungen, wie 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzen (Abkürzung: OXD-7), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-Benzotriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), und Bathocuproin (BCP); kondensierte aromatische Verbindungen, wie 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 3,6-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: DPCzPA), 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 9,9'-Bianthryl (Abkürzung: BANT), 9,9'-(Stilben-3,3'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS), 9,9'-(Stilben-4,4'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS2), 3,3',3''-(Benzen-1,3,5-triyl)tripyren (Abkürzung: TPB3), 9,10-Diphenylanthracen (Abkürzung: DPAnth) und 6,12-Dimethoxy-5,11-diphenylchrysen; aromatische Aminverbindungen, wie N,N-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: Cza1PA), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: DPhPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), N,9-Diphenyl-N-[4-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPBA), N-(9,10-

Diphenyl-2-anthryl)-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), NPB (oder α -NPD), TPD, DFLDPBi und BSPB und dergleichen.

[0088] Eine Vielzahl von Arten von Wirtsmaterialien kann auch verwendet werden. Um z.B. Kristallisation zu unterdrücken kann des Weiteren eine Substanz wie Rubren, welche Kristallisation unterdrückt, zugegeben werden. Zusätzlich kann des Weiteren NPB, Alq oder dergleichen zugegeben werden, um wirksam Energie in das Gastmaterial zu übertragen.

[0089] Bei einer Struktur, bei welcher ein Gastmaterial in einem Wirtsmaterial dispergiert ist, kann Kristallisation der lichtemittierenden Schicht 703 unterdrückt werden. Zusätzlich kann auch Konzentrationsquenchen aufgrund hoher Konzentration des Gastmaterials unterdrückt werden.

[0090] Für die lichtemittierende Schicht 703 kann eine hochmolekulare Verbindung verwendet werden. Spezifische Beispiele von Materialien, welche blaues Licht emittieren, sind: Poly(9,9-dioctylfluoren-2,7-diyl) (Abkürzung: PFO), Poly[(9,9-dioctylfluoren-2,7-diyl)-co-(2,5-dimethoxybenzen-1,4-diyl)] (Abkürzung: PFDMOP), Poly[(9,9-dioctylfluoren-2,7-diyl)-co-[N,N'-di-(p-butylphenyl)-1,4-diaminobenzen]] (Abkürzung: TABPFH) und dergleichen. Spezifische Beispiele von Materialien, welche grünes Licht emittieren, sind: Poly(p-phenylenvinyl) (Abkürzung: PPV), Poly[(9,9-dihexylfluoren-2,7-diyl)-alt-co-(benzo[2,1,3]thiadiazol-4,7-diyl)] (Abkürzung: PFBT), Poly[(9,9-dioctyl-2,7-divinylfluorenylen)-alt-co-(2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylen)] und dergleichen. Spezifische Beispiele von Materialien, welche oranges bis rotes Licht emittieren, sind: Poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexoxy)-1,4-phenylenvinyl] (Abkürzung: MEH-PPV), Poly(3-butylthiophen-2,5-diyl) (Abkürzung: R4-PAT), Poly[(9,9-dihexyl-2,7-bis(1-cyanovinyl)fluorenylen)-alt-co-[2,5-bis(N,N'-diphenylamino)-1,4-phenylen]], Poly[[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-bis(1-cyanovinylphenylen)]-alt-co-[2,5-bis(N,N'-diphenylamino)-1,4-phenylen]] (Abkürzung: CN-PPV-DPD) und dergleichen.

[0091] Indem des Weiteren eine Vielzahl von lichtemittierenden Schichten bereitgestellt wird und indem die Emissionsfarben der lichtemittierenden Schichten unterschiedlich sind, kann von dem lichtemittierenden Element als Gesamtes eine Lichtemission einer gewünschten Farbe erhalten werden. Zum Beispiel sind die Emissionsfarben der ersten und zweiten lichtemittierenden Schichten in einem lichtemittierenden Element mit zwei lichtemittierenden Schichten komplementär, so dass das lichtemittierende Element als ein Gesamtes weißes Licht emittiert. Es sollte festgehalten werden, dass der Ausdruck „komplementär“ eine Farbbeziehung angibt, bei welcher eine achromatische Farbe erhalten wird, wenn Farben vermischt werden. Das heißt, die Emission von weißem Licht kann durch Mischung von Licht erhalten werden, emittiert von Substanzen, deren Emissionsfarben komplementäre Farben sind. Dies trifft des Weiteren auch auf ein lichtemittierendes Element mit drei oder mehr lichtemittierenden Schichten zu.

[0092] Die Elektronentransportschicht 704 ist eine Schicht, welche eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft enthält. Beispiele der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft sind Metallkomplexe mit einem Chinolingerüst oder einem Benzochinolingerüst, wie Tris(8-chinolinolato)aluminium (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium (Abkürzung: Almq₃), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium (Abkürzung: BeBq₂) und Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium (Abkürzung: BALq). Andere Beispiele sind Metallkomplexe, die einen Oxazol- oder Thiazolbasierten Liganden haben, wie Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzoxazolato]zink (Abkürzung: Zn(BOX)₂) und Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzothiazolato]zink (Abkürzung: Zn(BTZ)₂). Andere als Metallkomplexe, 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzen (Abkürzung: OXD-7), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP), und dergleichen können verwendet werden. Die hier beschriebenen Substanzen sind hauptsächlich Substanzen mit einer Elektronenbeweglichkeit von 10⁻⁶ cm²/Vs oder mehr. Des Weiteren ist die Elektronentransportschicht nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt, und kann ein Stapel von zwei oder mehr Schichten, enthaltend jede der obigen Substanzen sein.

[0093] Die Elektroneninjektionsschicht 705 ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Elektroneninjektionseigenschaft enthält. Beispiele der Substanz, welche für die Elektroneninjektionsschicht 705 verwendet werden können, sind Alkalimetalle, Erdalkalimetalle und Verbindungen dieser, wie Lithium, Cäsium, Calcium, Lithiumfluorid, Cäsiumfluorid, Calciumfluorid und Lithiumoxid, Seltenerdmetallverbindungen, wie Erbiumfluorid und die oben genannten Substanzen zum Bilden der Elektronentransportschicht 704.

[0094] Es sollte festgehalten werden, dass die Lochinjektionsschicht 701, die Lochtransportschicht 702, die lichtemittierende Schicht 703, die Elektronentransportschicht 704 und die Elektroneninjektionsschicht 705,

welche oben beschrieben sind, jeweils durch ein Verfahren hergestellt werden können, wie ein Verdampfungsverfahren (z.B. ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren oder ein Beschichtungsverfahren.

[0095] In einem lichtemittierenden Element, welches in **Fig. 2A** dargestellt ist, ist die EL-Schicht 102 zwischen einem Elektrodenpaar, der ersten Elektrode 101 und der zweiten Elektrode 108, auf dem Substrat 100 bereitgestellt. Die EL-Schicht 102 umfasst die Lochinjektionsschicht 701, die Lochtransportschicht 702, die lichtemittierende Schicht 703, die Elektronentransportschicht 704 und die Elektroneninjectionsschicht 705. Das lichtemittierende Element in **Fig. 2A** umfasst die zweite Elektrode 108, welche als eine Kathode dient, auf dem Substrat 100, die Elektroneninjectionsschicht 705, die Elektronentransportschicht 704, die lichtemittierende Schicht 703, die Lochtransportschicht 702 und die Lochinjektionsschicht 701, welche über der zweiten Elektrode 108 in dieser Reihenfolge gestapelt sind, und die erste Elektrode 101, welche als eine Anode dient, ist darüber bereitgestellt.

[0096] in dem des Weiteren die Emissionsfarben der EL-Schichten unterschiedlich gemacht wird, kann Licht einer gewünschten Farbe von dem lichtemittierenden Element als ein Gesamtes erhalten werden. Zum Beispiel sind die Emissionsfarben der ersten und zweiten EL-Schichten in einem lichtemittierenden Element mit zwei EL-Schichten komplementär, so dass das lichtemittierende Element so hergestellt werden kann, dass es als ein Gesamtes weißes Licht emittiert. Das gleiche betrifft auch ein lichtemittierendes Element mit drei oder mehr EL-Schichten.

[0097] Eine Vielzahl von EL-Schichten können zwischen der ersten Elektrode 101 und der zweiten Elektrode 108 gestapelt werden, wie in **Fig. 1B** dargestellt. In dem Fall wird eine Ladungserzeugungsschicht 803 vorzugsweise zwischen einer ersten EL-Schicht 800 und einer zweiten EL-Schicht 801, welche gestapelt sind, bereitgestellt. Die Ladungserzeugungsschicht 803 kann unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildet werden. Das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist zum Zeitpunkt der Spannungsanlegung eine hohe Ladungsträgererzeugungseffizienz und eine hohe Ladungstransporteigenschaft auf. Daher ist es unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung zu realisieren. Zusätzlich ist es möglich, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz zu realisieren.

[0098] Zusätzlich ist es bei der heterozyklischen Verbindung unwahrscheinlich, dass ein Absorptionspeak in dem sichtbaren Lichtspektrum erzeugt wird. Des Weiteren weist die heterozyklische Verbindung ein niedriges HOMO-Niveau auf und es ist unwahrscheinlich, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung mit der anorganischen Verbindung auftritt. Daher ist es unwahrscheinlich in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, dass ein Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts erzeugt wird, und das Verbundmaterial weist eine hohe Lichttransmissionseigenschaft auf. Dies zeigt daher auch, dass es unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, möglich ist, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz zu realisieren.

[0099] Des Weiteren kann die Ladungserzeugungsschicht 803 ein gestapelte Struktur aufweisen, enthaltend eine Schicht, enthaltend das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine Schicht, welche ein anderes Material enthält. In diesem Fall kann als die Schicht, welche ein anderes Material enthält, eine Schicht enthaltend eine Elektronendonator-Substanz und eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, eine Schicht gebildet aus einem transparentem leitfähigen Film oder dergleichen verwendet werden. Bei einem lichtemittierenden Element mit solch einer Struktur, treten kaum Probleme wie Energieübertragung und Quenchen auf und ein lichtemittierendes Element, welches sowohl hohe Emissionseffizienz als auch eine lange Lebensdauer aufweist, kann einfach aufgrund der Erweiterung der Auswahl an Materialien erhalten werden. Des Weiteren kann ein lichtemittierendes Element welches Phosphoreszenz von einer der EL-Schichten und Fluoreszenz von der anderen der EL-Schichten bereitstellt, kann einfach erhalten werden. Es sollte festgehalten werden, dass diese Struktur mit den oben beschriebenen Strukturen der EL-Schicht kombiniert werden kann.

[0100] Ähnlich kann auch ein lichtemittierendes Element, bei dem drei oder mehr EL-Schichten 802 gestapelt sind, wie in der **Fig. 2B** dargestellt, eingesetzt werden. Eine Vielzahl von EL-Schichten mit einer Ladungserzeugungsschicht, welche zwischen diesen angeordnet ist, wird zwischen einem Elektrodenpaar bereitgestellt, wie in dem lichtemittierendem Element gemäß dieser Ausführungsform, wodurch es möglich ist, ein Element mit einer langen Lebensdauer zu realisieren, welches Licht mit einer hohen Leuchtdichte emittieren kann, während die Stromdichte niedrig gehalten wird.

[0101] Wie in **Fig. 1C** dargestellt, kann die EL-Schicht die Lochinjektionsschicht 701, die Lochtransportschicht 702, die lichtemittierende Schicht 703, die Elektronentransportschicht 704, eine Elektroneninjektionspufferschicht 706, Elektronenrelaisschicht (electron relay layer) 707 und eine Verbundmaterialschiicht 708, welche sich in Kontakt mit der zweiten Elektrode 108 befindet, zwischen der ersten Elektrode 101 und der zweiten Elektrode 108 umfassen.

[0102] Es ist bevorzugt, die Verbundmaterialschiicht 708, welche sich in Kontakt mit der zweiten Elektrode 108 befindet, bereitzustellen, da in diesem Fall an der EL-Schicht 102 bewirkte Beschädigungen, insbesondere wenn die zweite Elektrode 108 durch ein Sputterverfahren gebildet wird, reduziert werden können. Die Verbundmaterialschiicht 708 kann unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildet werden.

[0103] In dem des Weiteren die Elektroneninjektionspufferschicht 706 bereitgestellt wird, kann eine Injektionsbarriere zwischen der Verbundmaterialschiicht 708 und der Elektronentransportschicht 704 verringert werden; daher können die in der Verbundmaterialschiicht 708 erzeugten Elektronen einfach in die Elektronentransportschicht 704 injiziert werden.

[0104] Eine Substanz mit einer hohen Elektroneninjektionseigenschaft, wie ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall, eine Verbindung des obigen Metalls (z.B. eine Alkalimetallverbindung (z.B. ein Oxid, wie Lithiumoxid, ein Halogenid und ein Carbonat, wie Lithiumcarbonat oder Cäsiumcarbonat), eine Erdalkalimetallverbindung (z.B. ein Oxid, ein Halogenid und ein Carbonat), oder eine Seltenerdmetallverbindung (z.B. ein Oxid, ein Halogenid und ein Carbonat) können für die Elektroneninjektionspufferschicht 706 verwendet werden.

[0105] Des Weiteren wird in dem Fall, in dem die Elektroneninjektionspufferschicht 706 eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft und eine Donorsubstanz umfasst, die Donorsubstanz vorzugsweise zugegeben, so dass das Massenverhältnis der Donorsubstanz zu der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft in dem Bereich von 0,001:1 bis 0,1:1 liegt. Es sollte festgehalten werden, dass als die Donorsubstanz, eine organische Verbindung, wie Tetrathianaphthacen (Abkürzung: TTN), Nickelocen oder Decamethylnickelocen, wie auch ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall, eine Verbindung des obigen Metalls (z.B. eine Alkalimetallverbindung (einschließlich eines Oxids von Lithiumoxid oder dergleichen, ein Halogenid und ein Carbonat, wie Lithiumcarbonat oder Cäsiumcarbonat), eine Erdalkalimetallverbindung (einschließlich eines Oxids, eines Halogenids und eines Carbonats) und eine Seltenerdmetallverbindung (einschließlich eines Oxids, eines Halogenids und eines Carbonats) verwendet werden kann. Es sollte festgehalten werden, dass als die Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, ein Material verwendet werden kann, welches dem Material der Elektronentransportschicht 704, welche oben beschrieben wurde, ähnlich ist.

[0106] Des Weiteren ist es bevorzugt, dass die Elektronenrelaisschicht 707 zwischen der Elektroneninjektionspufferschicht 706 und der Verbundmaterialschiicht 708 gebildet wird. Die Elektronenrelaisschicht 707 wird nicht notwendigerweise bereitgestellt; in dem jedoch die Elektronenrelaisschicht 707 mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft bereitgestellt wird, können Elektronen schnell zu der Elektroneninjektionspufferschicht 706 transportiert werden.

[0107] Die Struktur, bei welcher die Elektronenrelaisschicht 707 zwischen der Verbundmaterialschiicht 708 und der Elektroneninjektionsschicht 706 angeordnet ist, ist eine Struktur, bei welcher die Akzeptorsubstanz, welche in der Verbundmaterialschiicht 708 enthalten ist, und die Donorsubstanz, welche in der Elektroneninjektionspufferschicht 706 enthalten ist, weniger dazu neigen, miteinander zu interagieren, daher stören sich ihre Funktionen kaum gegenseitig. Daher kann eine Erhöhung der Betriebsspannung unterdrückt werden.

[0108] Die Elektronenrelaisschicht 707 enthält eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft und wird gebildet, so dass das LUMO-Niveau der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft zwischen dem LUMO-Niveau der Akzeptorsubstanz, welche in der Verbundmaterialschiicht 708 enthalten ist, und dem LUMO-Niveau der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, welche in der Elektronentransportschicht 704 enthalten ist, angeordnet ist. In dem Fall, in dem die Elektronenrelaisschicht 707 eine Donatorsubstanz enthält, wird das Donatorniveau der Donatorsubstanz so gesteuert, dass es zwischen dem LUMO-Niveau der Akzeptorsubstanz, welche in der Verbundmaterialschiicht 708 enthalten ist, und dem LUMO-Niveau der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, welche in der Elektronentransportschicht 704 enthalten ist, angeordnet ist. Ein spezifischer Wert des Energieniveaus, des LUMO-Niveaus der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, welche in der Elektronenrelaisschicht

707 enthalten ist, entspricht vorzugsweise -5,0 eV oder mehr, noch bevorzugter -5,0 eV oder mehr und -3,0 eV oder weniger.

[0109] Als die Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, welche in der Elektronenrelaischicht 707 enthalten ist, kann ein auf Phthalocyanin basierendes Material oder ein Metallkomplex mit einer Metallsauerstoffbindung und ein aromatischer Ligand vorzugsweise verwendet werden.

[0110] Als das auf Phthalocyanin basierende Material, welches in der Elektronenrelaischicht 707 enthalten ist, kann vorzugsweise z.B. jedes aus CuPc, einem Phthalocyaninzinn(II)-Komplex (SnPc), einem Phthalocyaninzinnkomplex (ZNPC), Kobalt(II)-phthalocyanin, β -Form (CoPc), Phthalocyaninstahl (FePc) und Vanadyl-2,9,16,23-tetraphenoxy-29H,31H-phthalocyanin (PhO-VOPc), verwendet werden.

[0111] Als der Metallkomplex mit einer Metallsauerstoffbindung und einem aromatischen Liganden, welcher in der Elektronenrelaischicht 707 enthalten ist, wird ein Metallkomplex mit einer Metallsauerstoffdoppelbindung vorzugsweise verwendet. Die Metallsauerstoffdoppelbindung weist eine Akzeptoreigenschaft auf (eine Eigenschaft einfach Elektronen aufzunehmen); daher können Elektronen einfacher Übertragen werden (abgegeben und aufgenommen). Des Weiteren wird der Metallkomplex, mit einer Metallsauerstoffdoppelbindung als stabil betrachtet. Daher ermöglicht die Verwendung des Metallkomplexes mit der Metallsauerstoffdoppelbindung, dass das lichtemittierende Element bei niedriger Spannung stabiler betrieben werden kann.

[0112] Als Metallkomplex mit einer Metallsauerstoffbindung und einem aromatischen Liganden ist ein auf Phthalocyanin basierendes Material bevorzugt. Insbesondere ist jedes aus Vanadylphthalocyanin (VOPc), einem Phthalocyaninzinn(IV)-oxidkomplex (SnOPc) und einem Phthalocyanintitanoxidkomplex (TiOPc) bevorzugt, da eine Metallsauerstoffdoppelbindung dazu neigt, auf ein anderes Molekül in Bezug auf eine Molekularstruktur zu wirken und die Akzeptoreigenschaft ist hoch.

[0113] Es sollte festgehalten werden, dass als die oben beschriebenen auf Phthalocyanin basierenden Materialien ein auf Phthalocyanin basierendes Material mit einer Phenoxygruppe bevorzugt ist. Insbesondere ist ein Phthalocyaninderivat mit einer Phenoxygruppe, wie PhO-VOPc bevorzugt. Das Phthalocyaninderivat mit einer Phenoxygruppe ist in einem Lösungsmittel löslich; daher weist das Phthalocyaninderivat einen Vorteil auf, während der Bildung eines lichtemittierenden Elementes einfach in der Handhabung zu sein, und einen Vorteil, die Wartung der Vorrichtung, welche zur Filmbildung verwendet wird, zu vereinfachen.

[0114] Die Elektronenrelaischicht 707 kann des Weiteren eine Donorsubstanz enthalten. Als die Donorsubstanz kann eine organische Verbindung wie Tetrathianaphthacen (Abkürzung: TTN), Nickelocen, oder Decamethylnickelocen verwendet werden, wie auch ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall und eine Verbindung des obigen Metalls (z.B. eine Alkalimetallverbindung (enthaltend ein Oxid, wie Lithiumoxid, ein Halogenid und ein Carbonat, wie Lithiumcarbonat oder Cäsiumcarbonat), eine Erdalkalimetallverbindung (einschließlich eines Oxids, eines Halogenids und eines Carbonats) und eine Seltenerdmetallverbindung (einschließlich eines Oxids, eines Halogenids und eines Carbonats)). Wenn solch eine Donorsubstanz in der Elektronenrelaischicht 707 enthalten ist, können Elektronen einfach übertragen werden und das lichtemittierende Element kann bei niedrigerer Spannung betrieben werden.

[0115] In dem Fall, in dem eine Donorsubstanz in der Elektronenrelaischicht 707 enthalten ist, kann neben der oben beschriebenen Materialien als die Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, eine Substanz mit einem höheren LUMO-Niveau als das Akzeptorniveau der Akzeptorsubstanz, welche in der Verbundmaterialschiicht 708 enthalten ist, verwendet werden. Insbesondere ist es bevorzugt, eine Substanz mit einem LUMO-Niveau zu verwenden, entsprechend -5,0 eV oder mehr, vorzugsweise -5,0 eV oder mehr und -3,0 eV oder weniger. Als Beispiele solch einer Substanz werden ein Perylenderivat, eine Stickstoff enthaltende kondensierte aromatische Verbindung und dergleichen angegeben. Es sollte festgehalten werden, dass eine stickstoffhaltige kondensierte aromatische Verbindung aufgrund deren Stabilität vorzugsweise für die Elektronenrelaischicht 707 verwendet wird.

[0116] Spezifische Beispiele des Perylenderivats sind 3,4,9,10-Perylentetracarboxylicdianhydrid (Abkürzung: PTCD A), 3,4,9,10-Perylentetracarboxylic-bis-benzimidazol (Abkürzung: PTCBI), N,N'-Dioctyl-3,4,9,10-perylentetracarboxylicdiimid (Abkürzung: PTCDI-C8H), N,N'-Dihexyl-3,4,9,10-perylentetracarboxylicdiimid (Abkürzung: Hex PTC) und dergleichen.

[0117] Spezifische Beispiel der stickstoffhaltigen kondensierten aromatischen Verbindung sind Pirazino[2,3-f][1,10]phenanthrolin-2,3-dicarbonitril (Abkürzung: PPDN), 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaazatri-

phenylen (Abkürzung: HAT(CN)₆), 2,3-Diphenylpyrido[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 2PYPR), 2,3-Bis(4-fluorphenyl)pyrido[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: F2PYPR) und dergleichen.

[0118] Außerdem können 7,7,8,8-Tetracyanochinodimethan (Abkürzung: TCNQ), 1,4,5,8-Naphthalintetracarboxylicdianhydrid (Abkürzung: NTCDA), Perfluorpentacen, Kupferhexadecafluorophthalocyanin (Abkürzung: F₁₆CuPc), N,N'-Bis(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluorooctyl)-1,4,5,8-naphthalintetracarboxylicdiimid (Abkürzung: NTCDI-C8F), 3',4'-Dibutyl-5,5"-bis(dicyanomethylen)-5,5"-dihydro-2,2':5',2"-terthiophen (Abkürzung: DCMT), Methanofulleren (z.B. [6,6]-Phenyl-C₆₁-butylsäuremethylester) oder dergleichen verwendet werden.

[0119] Es sollte festgehalten werden, dass in dem Fall, in dem eine Donorsubstanz in der Elektronenrelaisschicht 707 enthalten ist, die Elektronenrelaisschicht 707 durch ein Verfahren, wie eine Co-Verdampfung der Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft und der Donorsubstanz, gebildet werden kann.

[0120] Die Lochinjektionsschicht 701, die Lochtransportschicht 702, die lichtemittierende Schicht 703 und die Elektronentransportschicht 704 können jeweils unter Verwendung eines der oben beschriebenen Materialien gebildet werden.

[0121] Es sollte festgehalten werden, dass diese Ausführungsform in geeigneter Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen realisiert werden kann.

(Ausführungsform 3)

[0122] In dieser Ausführungsform wird eine lichtemittierende Vorrichtung enthaltend ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die **Fig. 3A** und **3B** beschrieben. Es sollte festgehalten werden, dass die **Fig. 3A** eine Draufsicht ist, welche eine lichtemittierende Vorrichtung darstellt, und **Fig. 3B** ist ein Querschnitt entlang der Linien A-B und C-D aus **Fig. 3A**.

[0123] In **Fig. 3A** bezeichnet das Bezugszeichen 401 eine Treiber-Schaltung (eine Treiber-Schaltung der Source-Seite), Bezugszeichen 402 bezeichnet einen Pixelbereich, und Bezugszeichen 403 bezeichnet eine Treiber-Schaltung (eine Treiber-Schaltung der Gate-Seite), welche jeweils durch gepunktete Linien angegeben sind. Das Bezugszeichen 404 bezeichnet ein Abdichtungssubstrat, das Bezugszeichen 405 bezeichnet ein Dichtungsmaterial und ein Bereich, welcher von dem Abdichtungsmaterial 405 eingeschlossen ist, ist ein Raum 407.

[0124] Es sollte festgehalten werden, dass eine Verdrahtung 408 eine Verdrahtung zur Übertragung von Signalen ist, welche der Treiber-Schaltung 401 der Source-Seite und der Treiber-Schaltung 403 der Gate-Seite zugeführt werden, und empfängt ein Videosignal, ein Uhrsignal, ein Startsignal, ein Resetsignal und dergleichen von einer flexiblen gedruckten Schaltung (FPC) 409, welche als externes Inputterminal dient. Obwohl hier nur das FPC dargestellt ist, kann auch eine Leiterplatte (PWB) an dem FPC befestigt sein. Die lichtemittierende Vorrichtung in dieser Beschreibung umfasst nicht nur eine lichtemittierende Vorrichtung selbst, sondern auch eine lichtemittierende Vorrichtung, an welcher ein FPC oder PWB befestigt ist.

[0125] Nachfolgend wird ein Querschnitt in Bezug auf **Fig. 3B** beschrieben. Der Treiber-Schaltungsbereich und der Pixelbereich werden auf einem Elementsubstrat 401 gebildet. Hier sind die Treiber-Schaltung 401 der Source-Seite, welche der Treiber-Schaltungsbereich ist, und ein Pixel in dem Pixelbereich 402 dargestellt.

[0126] Es sollte festgehalten werden, dass als die Treiber-Schaltung 401 der Source-Seite, eine CMOS-Schaltung, welche einen n-Kanal TFT 423 und einen p-Kanal TFT 424 umfasst, gebildet wird. Die Treiber-Schaltung kann jede einer Vielzahl von Schaltungen sein, gebildet mit TFTs, wie einer CMOS-Schaltung, einer PMOS-Schaltung oder einer NMOS-Schaltung. Obwohl in dieser Ausführungsform ein Typ mit integrierter Treiber, bei welchem eine Treiber-Schaltung auf dem Substrat gebildet wird, beschrieben wird, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Art beschränkt und die Treiber-Schaltung kann außerhalb des Substrates gebildet werden.

[0127] Der Pixelbereich 402 umfasst eine Vielzahl von Pixeln mit einem Schalt-TFT 411, einem Stromsteuerungs-TFT 412 und einer ersten Elektrode 413, welche elektrisch mit einem Drain des Stromsteuerungs-TFT 412 verbunden ist. Es sollte festgehalten werden, dass ein Isolator 414 gebildet ist, um einen Endbereich der ersten Elektrode 413 zu bedecken. Hier ist der Isolator 414 unter Verwendung eines fotoempfindlichen Acrylharzfilms vom positiven Typ gebildet.

[0128] Um die Bedeckung zu verbessern, ist der Isolator so bereitgestellt, dass entweder ein oberer Endbereich oder ein unterer Endbereich des Isolators 414 eine gebogene Oberfläche mit einer Krümmung aufweist. Wenn z.B. das positive fotoempfindliche Acryl als ein Material für den Isolator 414 verwendet wird, ist es bevorzugt, dass nur ein oberer Endbereich des Isolators 414 eine gebogene Oberfläche mit einem Krümmungsradius (0,2 μm bis 3 μm) aufweist. Für den Isolator 414 ist es auch möglich, entweder einen negativen Typ zu verwenden, welcher in einem Ätzmittel durch Lichtbestrahlung unlöslich wird, oder einen positiven Typ, welcher in einem Ätzmittel durch Lichtbestrahlung löslich wird.

[0129] Eine EL-Schicht 416 und eine zweite Elektrode 417 sind auf der ersten Elektrode 413 gebildet. Hierbei wird als ein Material zur Bildung der ersten Elektrode 413, welche als die Anode dient, vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit verwendet. Zum Beispiel ist es möglich, eine einzelne Schicht eines ITO-Films, eines Indiumzinnoxidfilms, enthaltend Silizium, ein Indiumoxidfilm, umfassend 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid, einen Titannitritfilm, einen Chromfilm, einen Wolframfilm, einen Zn-Film, einen Pt-Film oder dergleichen, eine gestapelte Schicht aus einem Titannitritfilm und einem Film, welcher der hauptsächlich Aluminium umfasst, eine Dreischichtstruktur aus einem Titannitritfilm, einem Film, welcher hauptsächlich Aluminium enthält, und einem Titannitritfilm oder dergleichen zu verwenden. Es sollte festgehalten werden, dass wenn eine gestapelte Schichtstruktur eingesetzt wird, der Widerstand einer Verdrahtung gering ist und ein ausgezeichneter ohmscher Kontakt erzielt wird.

[0130] Zusätzlich wird die EL-Schicht 413 durch jedes der Vielzahl von Verfahren gebildet, wie einem Verdampfungsverfahren unter Verwendung einer Verdampfungsmaske, ein Tropfenaustragverfahren, wie ein Tintenstrahlverfahren, ein Druckverfahren und ein Aufschleuderverfahren. Die EL-Schicht 416 umfasst das Verbundmaterial, welches in Ausführungsform 1 beschrieben ist. Des Weiteren kann ein anderes Material, welches in der EL-Schicht 416 enthalten ist, ein niedermolekulares Material sein, ein Oligomer, ein Dendri-mer, ein hochmolekulares Material oder dergleichen.

[0131] Als ein Material, welches für die zweite Elektrode 417 verwendet wird, welche auf der EL-Schicht 416 gebildet wird und als Kathode dient, ist es bevorzugt, ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeitfunktion zu verwenden (z.B. Al, Mg, Li, Ca oder eine Legierung oder eine Verbindung dieser wie Mg-Ag, Mg-In, oder Al-Li). Damit das in der EL-Schicht 416 erzeugte Licht durch die zweite Elektrode 417 übertragen wird, wird vorzugsweise ein Stapel eines metallischen dünnen Films mit einer reduzierten Dicke und ein transparenter leitfähiger Film (z.B. ITO, Indiumoxid enthaltend 2 Gew.-% bis 20 Gew.-% Zinkoxid, Indiumoxid-Zinnoxid, enthaltend Silizium oder Siliziumoxid, oder Zinkoxid) für die zweite Elektrode 417 verwendet.

[0132] Des Weiteren ist das Dichtungssubstrat 404 über das Dichtmaterial 405 an dem Elementsubstrat 410 befestigt, so dass ein lichtemittierendes Element 418 in dem Raum 407, welcher von dem Elementsubstrat 410, dem Dichtungssubstrat 404 und dem Dichtungsmaterial 405 eingeschlossen wird, bereitgestellt wird. Der Raum 407 ist mit einem Füllstoff angefüllt, und kann mit einem inerten Gas (wie Stickstoff oder Argon) oder dem Dichtungsmaterial 405 angefüllt sein.

[0133] Es sollte festgehalten werden, dass ein auf Epoxid basierendes Harz vorzugsweise als das Dichtungsmaterial 405 verwendet wird. Solch ein Material erlaubt vorzugsweise, dass so wenig Feuchtigkeit und Sauerstoff wie möglich eindringen. Als ein Material, welches für das Dichtungssubstrat 404 verwendet wird, kann ein Kunststoffsubstrat, welches aus fieberglasverstärkten Kunststoffen (FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester, Acryl oder dergleichen gebildet ist, neben einem Glassubstrat oder einem Quarzsubstrat verwendet werden.

[0134] Wie oben beschrieben, kann die lichtemittierende Aktiv-Matrix-Vorrichtung, welche das lichtemittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält, erhalten werden.

[0135] Des Weiteren kann ein lichtemittierendes Element der vorliegenden Erfindung für eine lichtemittierende Passiv-Matrix-Vorrichtung, wie auch die obige lichtemittierende Aktiv-Matrix-Vorrichtung verwendet werden. **Fig. 4A** und **4B** zeigen eine perspektivische Ansicht und einen Querschnitt einer lichtemittierenden Passiv-Matrix-Vorrichtung, enthaltend ein lichtemittierendes Element der vorliegenden Erfindung. Es sollte festgehalten werden, dass **Fig. 4A** eine perspektivische Ansicht der lichtemittierenden Vorrichtung darstellt und **Fig. 4B** ein Querschnitt entlang der Linie X-Y in **Fig. 4A** ist.

[0136] In den **Fig. 4A** und **4B** ist eine EL-Schicht 504 zwischen einer ersten Elektrode 502 und einer zweiten Elektrode 503 auf einem Substrat 501 bereitgestellt. Ein Endbereich der ersten Elektrode 502 ist mit einer Isolations-schicht 505 bedeckt. Zusätzlich ist eine Zwischenschicht 506 (partition layer) auf der Isolations-

schicht 505 bereitgestellt. Die Seitenwände der Zwischenschicht 506 sind abgeschrägt, so dass sich ein Abstand zwischen den beiden Seitenwänden allmählich in Richtung der Oberfläche des Substrats verjüngt. In anderen Worten, ist ein Querschnitt entlang der Richtung der kurzen Seite der Zwischenschicht 506 trapezförmig und die Basis (die Seite, welche sich in Kontakt mit der Isolationsschicht 505 befindet) ist kürzer als die obere Seite (die Seite, welche sich nicht in Kontakt mit der Isolationsschicht 505 befindet). Wenn die Zwischenschicht 506 auf solch eine Weise bereitgestellt ist, kann ein Defekt eines lichtemittierenden Elementes aufgrund von Überlagerung oder dergleichen verhindert werden.

[0137] Daher kann die lichtemittierende Passiv-Matrix-Vorrichtung, enthaltend ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden.

[0138] Die lichtemittierenden Vorrichtungen, die in dieser Ausführungsform (die lichtemittierende Aktiv-Matrix-Vorrichtung und die lichtemittierende Passiv-Matrix-Vorrichtung) beschrieben sind, werden beide unter Verwendung eines lichtemittierenden Elementes einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geformt und demzufolge weisen die lichtemittierenden Vorrichtungen einen niedrigen Stromverbrauch auf.

[0139] Es sollte festgehalten werden, dass diese Ausführungsform in einer geeigneten Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen realisiert werden kann.

(Ausführungsform 4)

[0140] In dieser Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 5A bis 5E** und **Fig. 6** eine Beschreibung von Beispielen einer Vielzahl elektronischer Vorrichtungen und Beleuchtungsvorrichtungen angeführt, die unter Verwendung einer lichtemittierenden Vorrichtung vervollständigt werden, welche eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0141] Beispiele der elektronischen Vorrichtungen, in welchen die lichtemittierende Vorrichtung verwendet wird, sind Fernsehgeräte (auch als TV oder Fernsehempfänger bezeichnet), Monitore für Computer und dergleichen, Kameras, wie Digitalkameras, Digitalvideokameras, digitale Fotorahmen, Mobiltelefone (auch als schnurlose Telefone bezeichnet), portable Spielekonsolen, portable Informationsterminale, Tonwiedergabegeräte, große Spielgeräte, wie Flipper und dergleichen. Spezifische Beispiele dieser elektronischen Vorrichtungen und einer Beleuchtungsvorrichtung sind in **Fig. 5A bis 5E** dargestellt.

[0142] **Fig. 5A** zeigt ein Beispiel eines Fernsehers. Bei dem Fernseher 7100 ist ein Displaybereich 7103 in ein Gehäuse 7101 integriert. Das Display 7103 ist in der Lage Bilder wiederzugeben und eine lichtemittierende Vorrichtung kann für das Display 7103 verwendet werden. Zusätzlich wird das Gehäuse 7101 hier von einem Ständer 7105 getragen.

[0143] Der Fernseher 7100 kann durch einen Betriebsschalter des Gehäuses 7101 oder eine separate Fernsteuerung 7110 bedient werden. Durch die Bedienungstasten 7109 der Fernbedienung 7110 können Kanäle und die Lautstärke gesteuert werden und die auf dem Display 7103 wiedergegebenen Bilder können gesteuert werden. Des Weiteren kann die Fernsteuerung 7110 mit einem Display 7107 bereitgestellt werden, um die Datenausgabe von der Fernsteuerung 7110 darzustellen.

[0144] Es sollte festgehalten werden, dass der Fernseher 7100 mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen ausgestattet ist. Durch den Empfänger können allgemeine Fernsehprogramme empfangen werden. Wenn der Fernseher 7100 des Weiteren mit einem Kommunikationsnetzwerk verbunden ist, in dem er über das Modem verdrahtet ist oder eine drahtlose Verbindung aufweist, kann eine einseitige (von einem Transmitter zu einem Receiver) oder zweiseitige (zwischen einem Transmitter und einem Receiver, zwischen Receivern oder dergleichen) Datenkommunikation durchgeführt werden.

[0145] **Fig. 5B** zeigt einen Computer, umfassend einen Hauptkörper 7201, ein Gehäuse 7202, ein Display 7203, ein Keyboard 7204, einen externen Verbindungspunkt 7205, eine Zeigevorrichtung bzw. Touchpad 7206 und dergleichen. Der Computer wird unter Verwendung einer lichtemittierenden Vorrichtung für das Display 7203 hergestellt.

[0146] **Fig. 5C** zeigt eine portable Spielkonsole, umfassend zwei Gehäuse, ein Gehäuse 7301 und ein Gehäuse 7302, welche an einem Verbindungsbereich 7303 verbunden sind, so dass die portable Spielkonsole geöffnet oder geschlossen werden kann. Ein Display 7304 ist in das Gehäuse 7301 integriert und ein Display 7305 ist in das Gehäuse 7302 integriert. Zusätzlich umfasst die portable Spielkonsole, welche in

Fig. 5C dargestellt ist, einen Lautsprecherbereich 7306, ein Aufnahmemedieeinführbereich 7307, eine LED-Lampe 7308, eine Eingabeeinrichtung (eine Bedienungstaste 7309, ein Verbindungsterminal 7310, einen Sensor 7311 (ein Sensor mit einer Funktion Kraft, Verlagerung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehfrequenz, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemische Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrisches Feld, Strom, Spannung, elektrische Energie, Strahlung, Flussrate, Feuchtigkeit, Gradient, Oszillation, Geruch oder Infrarotstrahlen zu messen) und ein Mikrofon 7312), und dergleichen. Es ist nicht notwendig auszuführen, dass die Struktur der portablen Spielekonsole nicht auf die obige beschränkt ist, solange eine lichtemittierende Vorrichtung wenigstens für das Display 7304 oder das Display 7305 oder beide verwendet wird, und kann gegebenenfalls anderes Zubehör umfassen. Die portable Spielekonsole, welche in **Fig. 5C** dargestellt ist, weist eine Funktion auf, ein Programm oder in einem Speichermedium gespeicherte Daten zu lesen, um diese auf dem Display darzustellen, und eine Funktion Informationen mit einer anderen portablen Spielekonsole über eine drahtlose Verbindung gemeinsam zu nutzen. Die portable Spielekonsole, welche in **Fig. 5C** dargestellt ist, kann eine Vielzahl von Funktionen aufweisen, ohne auf die obigen beschränkt zu sein.

[0147] **Fig. 5D** zeigt ein Beispiel eines Mobiltelefons. Das Mobiltelefon 7400 ist mit einem Display 7402 ausgestattet, welches in einem Gehäuse 7401 integriert ist, mit Bedienungsknöpfen 7403, einem externen Verbindungsport 7404, einem Lautsprecher 7405, einem Mikrofon 7406 und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass das Mobiltelefon 7400 unter Verwendung einer lichtemittierenden Vorrichtung für das Display 7402 hergestellt wird.

[0148] Wenn das Display 7402 des Mobiltelefons 7400, welches in **Fig. 5D** dargestellt ist, mit einem Finger oder dergleichen berührt wird, können Daten in das Mobiltelefon 7400 eingegeben werden. Des Weiteren können Bedienungen, wie das Durchführen eines Anrufs oder das Erzeugen einer E-Mail, durch die Berührung des Displays 7402 mit einem Finger oder dergleichen durchgeführt werden.

[0149] Es gibt hauptsächlich drei Bildschirmmodi des Displays 7402. Der erste Modus ist ein Displaymodus, bei welchem hauptsächlich ein Bild dargestellt wird. Der zweite Modus ist ein Eingabemodus, welcher hauptsächlich zum Eingeben von Informationen, Zeichen dient. Der dritte Modus ist ein Display- und Inputmodus, wobei die beiden Modi des Displaymodus und des Inputmodus vermischt werden.

[0150] Zum Beispiel wird in dem Fall, dass ein Anruf durchgeführt wird oder eine E-Mail erzeugt wird, ein Zeicheneingabemodus zum Eingeben von Zeichen für das Display 7402 ausgewählt, so dass die auf einem Bildschirm dargestellten Zeichen eingegeben werden können. In diesem Fall ist es bevorzugt ein Keyboard oder Zahlen auf im Wesentlichen dem ganzen Bildschirm des Displays 7402 darzustellen.

[0151] Wenn eine Erfassungsvorrichtung, enthaltend einen Sensor zur Erfassung von Neigung, wie ein Gyroskop oder ein Beschleunigungssensor im Inneren des Mobiltelefons 7400 bereitgestellt wird, kann das Display auf dem Bildschirm des Displaybereichs 7402 automatisch geändert werden, in dem die Orientierung des Mobiltelefons 7400 bestimmt wird (ob das Mobiltelefon horizontal oder vertikal für ein Querformat oder ein Hochformat angeordnet ist).

[0152] Die Bildschirmmodi werden durch Berührung des Displays 7402 oder durch Bedienung der Bedienungsknöpfe 7403 des Gehäuses 7401 geändert. Alternativ können die Bildschirmmodi abhängig von der Art der Bilder, welche auf dem Display 7402 dargestellt werden, geändert werden. Wenn z.B. ein Signal für ein auf dem Display darzustellendes Bild die Daten bewegter Bilder sind, wird der Bildschirmmodus in den Displaymodus geändert. Wenn das Signal Textdaten sind, wird der Bildschirmmodus in den Eingabemodus geändert.

[0153] Wenn des Weiteren in dem Eingabemodus ein Signal, welches von einem optischen Sensor in dem Display 7402 erfasst wird, und die Eingabe durch Berührung des Displays 7402 nicht während eines bestimmten Zeitraums durchgeführt ist, kann der Bildschirmmodus so gesteuert werden, dass er von dem Eingabemodus in den Displaymodus geändert wird.

[0154] Das Display 7402 kann als Bildsensor dienen. Zum Beispiel wird das Bild eines Handabdrucks, Fingerabdrucks oder dergleichen durch Berührung des Displays 7402 mit der Hand oder dem Finger genommen, wodurch eine persönliche Identifikation durchgeführt werden kann. In dem des Weiteren eine Hintergrundbeleuchtung oder eine abtastende Lichtquelle, welche Licht im nahen Infrarotbereich emittiert, für das Display bereitgestellt wird, kann auch ein Bild der Fingernerven, der Handnerven oder dergleichen genommen werden.

[0155] Fig. 5E zeigt eine Schreibtischlampe, welche einen Beleuchtungsbereich 7501, einen Lampenschirm 7502, einen einstellbaren Arm 7503, einen Ständer 7504, eine Basis 7505 und einen Netzschalter 7506 umfasst. Die Schreibtischlampe wird unter Verwendung einer lichtemittierenden Vorrichtung für den Beleuchtungsbereich 7501 hergestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die „Beleuchtungsvorrichtung“ auch Deckenlampen, Wandlampen und dergleichen umfasst.

[0156] Fig. 6 zeigt ein Beispiel, bei welchem eine lichtemittierende Vorrichtung für eine Innenbeleuchtungsvorrichtung 811 verwendet wird. Da die lichtemittierende Vorrichtung eine große Fläche aufweisen kann, kann sie als eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer großen Fläche verwendet werden. Des Weiteren kann die lichtemittierende Vorrichtung als eine Beleuchtungsvorrichtung 812 vom Rollentyp verwendet werden. Wie in Fig. 6 dargestellt, kann auch eine Schreibtischlampe 813, welche unter Bezugnahme auf Fig. 5E beschrieben wurde, in einem Raum verwendet werden, welche mit der Innenbeleuchtungsvorrichtung 811 versehen ist.

[0157] Auf die oben beschriebene Weise können elektronische Vorrichtungen oder Beleuchtungsvorrichtungen durch Verwendung einer lichtemittierenden Vorrichtung erhalten werden. Der Einsatzbereich der lichtemittierenden Vorrichtung ist so breit, dass die lichtemittierende Vorrichtung in elektronischen Vorrichtungen einer Vielzahl von Gebieten eingesetzt werden kann.

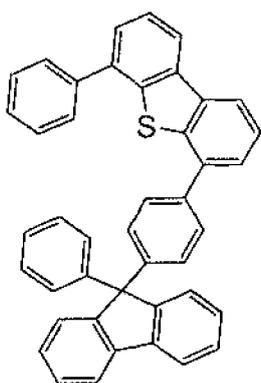
[0158] Es sollte festgehalten werden, dass die in dieser Ausführungsform beschriebene Struktur gegebenenfalls mit jeder der Strukturen kombiniert werden kann, welche in den Ausführungsformen 1 bis 3 beschrieben wurden.

[Beispiel 1]

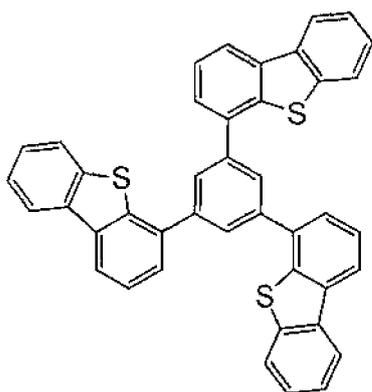
[0159] In diesem Beispiel werden spezifische Beispiele des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine heterozyklische Verbindung mit einem Dibenzothiophengerüst oder einem Dibenzofuranerüst und einer anorganischen Verbindung, welche eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die heterozyklische Verbindung aufweist. Tabelle 1 zeigt die im Referenzbeispiel 5 und in den Zusammensetzungsbeispielen 1 bis 9 dieses Beispiels verwendeten heterozyklischen Verbindungen und die HOMO-Niveaus der heterozyklischen Verbindungen (gemessen durch Fotoelektronenspektroskopie). Zusätzlich sind nachfolgend die Strukturformeln der heterozyklischen Verbindungen dargestellt.

[Tabelle 1]

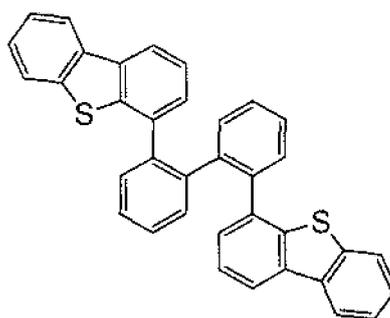
	Heterozyklische Verbindung	HOMO-Niveau
Zusammensetzungsbeispiel 1	DBTFLP-IV	-6,0
Zusammensetzungsbeispiel 2	DBT3P-II	-6,0
Zusammensetzungsbeispiel 3	oDBTBP-II	-5,9
Zusammensetzungsbeispiel 4	DBTFLP-III	-5,9
Referenzbeispiel 5	mDBTPTp-III	-5,9
Referenzbeispiel 6	DBT2PC-II	-5,7
Zusammensetzungsbeispiel 7	2mDBTPPA-I	-5,7
Zusammensetzungsbeispiel 8	2mDBFPPA-I	-5,7
Zusammensetzungsbeispiel 9	mDBTPA-II	-5,7



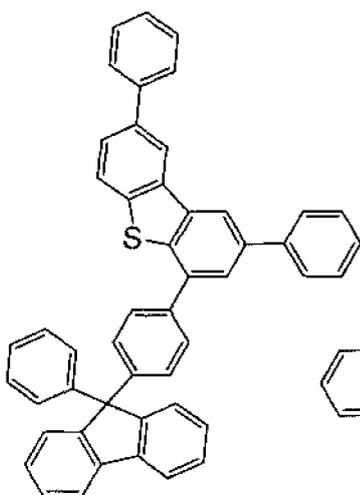
DBTFLP-IV



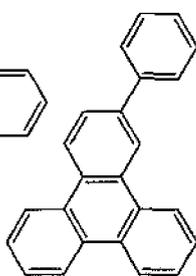
DBT3P-II



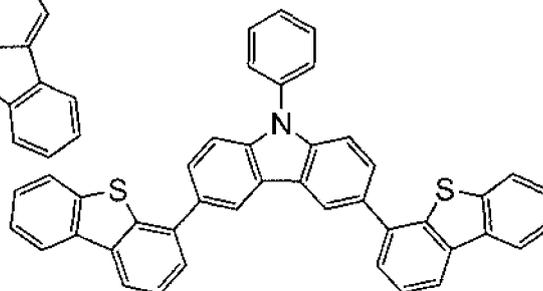
oDBTBP-II



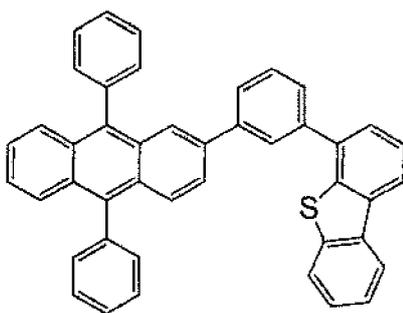
DBTFLP-III



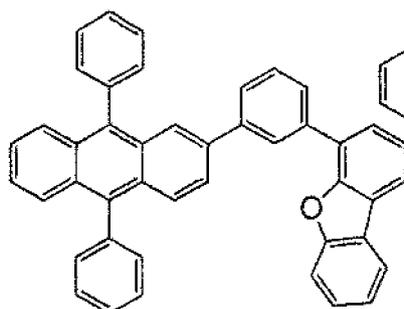
mDBTPTp-II



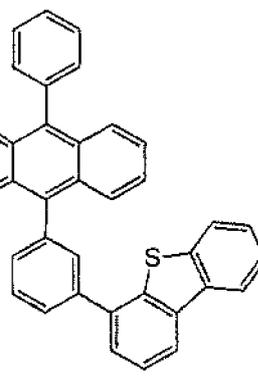
DBT2PC-II



2mDBTPPA-II



2mDBFPPA-II



mDBTPA-II

[0160] In jedem Zusammensetzungsbeispielen 1 bis 9 wurde Molybdänoxid als die anorganische Verbindung verwendet.

[0161] Ein Verfahren zur Herstellung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Verwendung des Zusammensetzungsbeispiels 1 als ein Beispiel beschrieben. Die Zusammensetzungsbeispiele 2 bis 9 sowie das Referenzbeispiel 5, welches nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, wurden auf eine ähnliche Weise wie das Zusammensetzungsbeispiel 1 hergestellt; daher wird die Beschreibung der Herstellung dieser Beispiele weggelassen.

(Zusammensetzungsbeispiel 1)

[0162] Zunächst wurde ein Glassubstrat auf einem Substrathalter im Inneren einer Vakuumverdampfungs-
vorrichtung fixiert. Anschließend wurde 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen
(Abkürzung: DBTFLP-IV) und Molybdän(VI)oxid separat in die jeweiligen Widerstandsheizungsverdampfungs-
quellen eingeführt, und in einem Vakuumzustand wurden Filme enthaltend DBTFLP-IV und Molybdän-
oxid durch ein Co-Verdampfungsverfahren gebildet. Zu diesem Zeitpunkt wurden DBTFLP-IV und Molybdän
(VI)oxid co-verdampft, so dass die Massenverhältnisse von DBTFLP-IV zu Molybdän(VI)oxid 4:2, 4:1 und
4:0,5 (= DBTFLP-IV:Molybdänoxid) betragen. Des Weiteren wurde die Dicke jedes Films auf 50 nm einge-
stellt.

[0163] Fig. 7A und 7B zeigen Ergebnisse der Messungen der Absorptionsspektren der so gebildeten Verbund-
filme aus DBTFLP-IV und Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 1). Zusätzlich ist zu Vergleichs-
zwecken auch ein Absorptionsspektrum eines Films, welcher nur aus DBTFLP-IV (50 nm dick) bestand, dar-
gestellt. Es sollte festgehalten werden, dass für die Zusammensetzungsbeispiele 2 bis 9 auch ein
Absorptionsspektrum eines Films, welcher nur aus der in jedem Zusammensetzungsbeispiel verwendeten
heterozyklischen Verbindung bestand, zu Vergleichszwecken dargestellt ist.

[0164] Ähnlich zeigen die Fig. 8A und 8B die Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbund-
filmen aus 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)-benzol (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdänoxid (Zusam-
mensetzungsbeispiel 2). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm eingestellt
wurde.

[0165] Fig. 9A und 9B zeigen die Ergebnisse der Messung von Absorptionsspektren von Verbundfilmen aus
4,4'-(Biphenyl-2,2'-diyl)-bis-dibenzothiophen (Abkürzung: oDBTBP-II) und Molybdänoxid (Zusammenset-
zungsbeispiel 3). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke eines Films aus oDBTBP-II und Molybdän
(IV)oxid mit einem Massenverhältnis von 4:1 (= oDBTBP-II:Molybdänoxid) 47 nm betrug. Die Dicke der ande-
ren Filme wurde auf 50 nm eingestellt.

[0166] Die Fig. 10A und 10B zeigen Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbundfilmen
aus 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III) und
Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 4). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf
50 nm eingestellt wurde.

[0167] Fig. 11A und 11B zeigen die Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbundfilmen
aus 4-[3-(Triphenylen-2-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: mDBTPTp-II) und Molybdänoxid (Referenz-
beispiel 5). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm eingestellt wurde.

[0168] Fig. 12A und 12B zeigen die Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbundfilmen
aus 3,6-Di-(dibenzothiophen-4-yl)-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: DBT2PC-II) und Molybdänoxid (Refe-
renzbeispiel 6). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm eingestellt wurde.

[0169] Fig. 13A und 13B zeigen die Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbundfilmen
aus 4-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: 2mDBTPPA-II) und Molybdänoxid
(Zusammensetzungsbeispiel 7). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm einge-
stellt wurde.

[0170] Fig. 14A und 14B zeigen die Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbundfilmen
aus 4-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]dibenzofuran (Abkürzung: 2mDBFPPA-II) und Molybdänoxid
(Zusammensetzungsbeispiel 8). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm einge-
stellt wurde.

[0171] Fig. 15A und 15B zeigen die Ergebnisse der Messung der Absorptionsspektren von Verbundfilmen
aus 4-[4-(9-Phenylantracen-10-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: mDBTPA-II) und Molybdänoxid
(Zusammensetzungsbeispiel 9). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm einge-
stellt wurde.

[0172] In jeder der Fig. 7A bis 15B stellt die horizontale Achse die Wellenlänge (nm) und die vertikale Achse
das Absorptionsvermögen bzw. Absorptionsgrad (keine Einheit) dar.

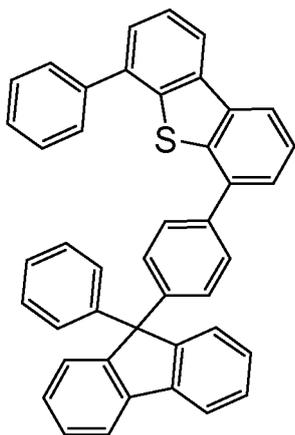
[0173] Fig. 7A bis 15B zeigen, dass die Verbundmaterialien einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche in den Zusammensetzungsbeispielen 1 bis 9 angegeben sind, Materialien sind, mit nahezu keinem signifikanten Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts und weisen eine hohe Lichttransmissionseigenschaft auf. Die Zusammensetzungsbeispiele 7 bis 9 weisen jeweils ein Anthracengerüst auf. Wenn das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine heterozyklische Verbindung umfasst, mit einem Anthracengerüst, einem Tetracengerüst, einem Perylengerüst oder dergleichen, und die Dicke dieser groß ist, wird ein leichter Absorptionspeak, welcher von dem Gerüst stammt, in dem Bereich des sichtbaren Lichts beobachtet. Auf der anderen Seite zeigt sich, dass die Zusammensetzungsbeispiele 1 bis 4 Materialien sind, ohne signifikantem Absorptionspeak in einem Bereich der Wellenlängen von 360 nm oder mehr und weisen eine besonders hohe Lichttransmissionseigenschaft auf.

[0174] Die Verbundmaterialien einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche in den Zusammensetzungsbeispielen 1 bis 9 angegeben ist, weisen auch nahezu keinen signifikanten Absorptionspeak in dem Infrarotbereich auf (einem Wellenlängenbereich von 700 nm oder mehr).

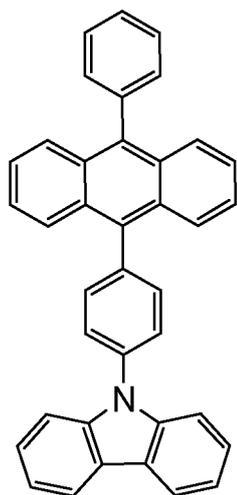
[0175] Das Absorptionsspektrum des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche die heterozyklische Verbindung und Molybdänoxid enthält, weist im Wesentlichen die gleiche Form, wie das Absorptionsspektrum der heterozyklischen Verbindung auf. Ein Film mit einer hohen Konzentration an Molybdänoxid (insbesondere der Film aus der heterozyklischen Verbindung und Molybdän mit einem Massenverhältnis von 4:2 für jedes Zusammensetzungsbeispiel) weist auch nahezu keinen signifikanten Absorptionspeak in einem Bereich von dem Bereich des sichtbaren Lichts bis zu dem Infrarotbereich auf. Dies zeigt, dass es unwahrscheinlich ist, dass in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt.

[Beispiel 2]

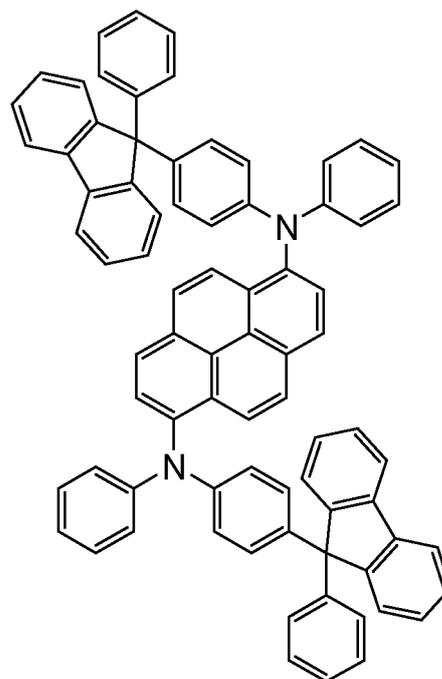
[0176] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 16A beschrieben. Die Strukturformeln der in diesem Beispiel verwendeten Materialien sind nachfolgend dargestellt.



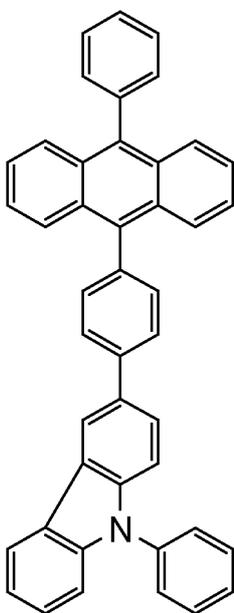
DBTFLP-IV



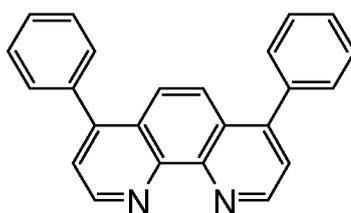
CzPA



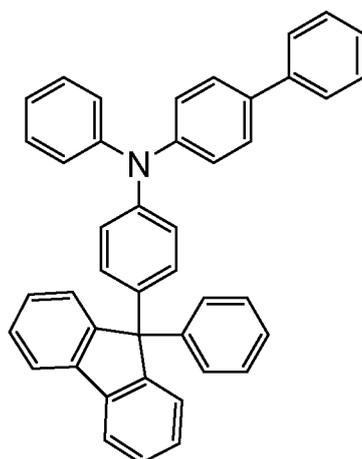
1,6FLPAPrn



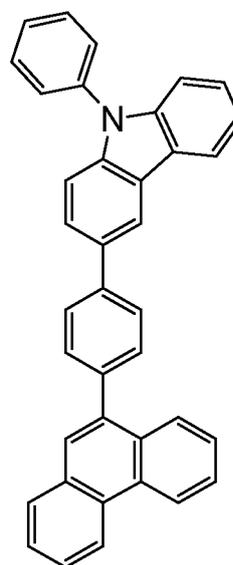
PCzPA



BPhen



BPAFLP



PCPPn

[0177] Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Elementes 1, des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3 dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 1)

[0178] Zunächst wurde ein Film aus Indiumzinnoxid enthaltend Siliziumoxid (ITSO) auf einem Glassubstrat 1100 durch ein Sputterverfahren gebildet, so dass eine erste Elektrode 1101, welche als eine Anode diente, gebildet wurde. Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke auf 110 nm eingestellt wurde und die Elektrodenfläche wurde auf 2 mm × 2 mm eingestellt wurde.

[0179] Nachfolgend wurde zur Vorbehandlung der Bildung des lichtemittierenden Elementes auf dem Substrat 1100 eine UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden nach dem Waschen einer Oberfläche des Substrats mit Wasser durchgeführt und Brennen bzw. Backen, welches bei 200 °C für eine Stunde durchgeführt wurde.

[0180] Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungsrichtung befördert, in welcher der Druck auf ungefähr 10^{-4} Pa reduziert wurde, und einem Vakuumbacken bei 170 °C für 30 Minuten in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungsrichtung unterworfen und anschließend wurde das Substrat 1100 für ungefähr 30 Minuten abgekühlt.

[0181] Anschließend wurde das Substrat 1100, welches mit der ersten Elektrode 1101 versehen war, auf einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungsrichtung fixiert, so dass eine Oberfläche, auf welcher die erste Elektrode 1101 bereitgestellt war, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungsrichtung wurde auf ungefähr 10^{-4} Pa reduziert. Anschließend wurden 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV) und Molybdän(VI)oxid co-verdampft, um eine Lochinjektionsschicht 1111 auf der ersten Elektrode 1101 zu formen. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von DBTFLP-IV zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= DBTFLP-IV:Molybdänoxid) eingestellt. Es sollte festgehalten werden, dass das Co-Verdampfungsverfahren ein Verdampfungsverfahren betrifft, bei welchem die Verdampfung von einer Vielzahl von Verdampfungsquellen in einer Behandlungskammer zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt wird.

[0182] Nachfolgend wurde auf der Lochinjektionsschicht 1111 ein Film aus 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn) mit einer Dicke von 10 nm gebildet, um eine Lochtransportschicht 1112 zu bilden.

[0183] Des Weiteren wurde 9-[4-(N-Carbazolyl)]phenyl-10-phenylantracen (Abkürzung: CzPA) und N,N'-Bis [4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylpyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6 FLPAPrn) co-verdampft, um eine lichtemittierende Schicht 1113 auf der Lochtransportschicht 1112 zu bilden. Hierbei wurde das Massenverhältnis von CzPA zu 1,6 FLPAPrn auf 1:0,05 (= CzPA:1,6 FLPAPrn) eingestellt. Zusätzlich wurde die Dicke der lichtemittierenden Schicht 1113 auf 30 nm eingestellt.

[0184] Des Weiteren wurde auf der lichtemittierenden Schicht 1113 ein Film aus CzPA mit einer Dicke von 10 nm gebildet, um eine erste Elektronentransportschicht 1114a zu bilden.

[0185] Anschließend wurde auf der ersten Elektronentransportschicht 1114a ein Film aus Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen) mit einer Dicke von 15 nm gebildet, um eine zweite Elektronentransportschicht 1114b zu bilden.

[0186] Des Weiteren wurde auf der zweiten Elektronentransportschicht 1114b ein Film aus Lithiumfluorid (LiF) durch Verdampfung mit einer Dicke von 1 nm gebildet, um eine Elektroneninjectionsschicht 1115 zu bilden.

[0187] Zuletzt wurde ein Aluminiumfilm mit einer Dicke von 200 nm durch Verdampfung als eine zweite Elektrode 1103 gebildet, welche als eine Kathode diente. So wurde das lichtemittierende Element 1 dieses Beispiels hergestellt.

[0188] Es sollte festgehalten werden, dass bei allen Verdampfungsritten, die Verdampfung durch ein Widerstandsheizverfahren durchgeführt wurde.

(Lichtemittierendes Vergleichselement 2)

[0189] Eine Lochinjektionsschicht 1111 des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 wurde durch Co-Verdampfung von 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA) und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenver-

hältnis von PCzPA zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= PCzPA:Molybdänoxid) eingestellt. Andere Bestandteile als die Lochinjektionsschicht 1111 wurden auf eine ähnliche Weise, wie die des lichtemittierenden Elementes 1, hergestellt.

(Lichtemittierendes Vergleichselement 3)

[0190] Eine Lochinjektionsschicht 1111 des lichtemittierenden Vergleichselementes 3 wurde durch Co-Verdampfung von 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP) und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von BPAFLP zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= BPAFLP:Molybdänoxid) eingestellt. Andere Bestandteile als die Lochinjektionsschicht 1111 wurden auf eine ähnliche Weise, wie die des lichtemittierenden Elementes 1, hergestellt.

[0191] Tabelle 2 zeigt die Elementstrukturen des lichtemittierenden Elementes 1, des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3, welche wie oben beschrieben erhalten wurden.

[Tabelle 2]

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	lichtemittierende Schicht
lichtemittierendes Element 1	ITSO 110 nm	DBTFLP-IV:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPPn 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm
lichtemittierendes Vergleichselement 2	ITSO 110 nm	PCzPA:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPPn 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm
lichtemittierendes Vergleichselement 3	ITSO 110 nm	BPAFLP:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPPn 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm
	erste Elektronentransportschicht	zweite Elektronentransportschicht	Elektroneninjectionsschicht	zweite Elektrode
lichtemittierendes Element 1	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm
lichtemittierendes Vergleichselement 2	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm
lichtemittierendes Vergleichselement 3	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0192] In einer Glove-Box, enthaltend eine Stickstoffatmosphäre, wurden diese lichtemittierenden Elemente abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu werden. Anschließend wurden die Betriebseigenschaften dieser lichtemittierenden Elemente gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0193] Es sollte festgehalten werden, dass die oben beschriebenen drei lichtemittierenden Elemente auf dem gleichen Substrat gebildet wurden. Zusätzlich wurden die ersten Elektroden und die Lochtransportschichten der oben beschriebenen drei lichtemittierenden Elemente zur gleichen Zeit gebildet, und das Dichten wurde zur gleichen Zeit durchgeführt.

[0194] Fig. 17 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 1, des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3. In Fig. 17 stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m²) dar. Fig. 18 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Charakteristik. In Fig. 18 stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt

Tabelle 3 die Spannung (V), die CIE Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) jedes lichtemittierenden Elementes bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 3]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 4	3,1	(0,15, 0,23)	12	7,9
lichtemittierendes Vergleichselement 2	3,0	(0,15, 0,22)	11	7,1
lichtemittierendes Vergleichselement 3	3,4	(0,15, 0,22)	8,4	5,7

[0195] Wie in Tabelle 3 dargestellt, betragen die CIE Farbwertanteile des lichtemittierenden Elementes (x, y) = (0,15, 0,23), die CIE Farbwertanteile des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 betragen (x, y) = (0,15, 0,22) und die CIE Farbwertanteile des lichtemittierenden Vergleichselementes 3 betragen (x, y) = (0,15, 0,22), jeweils bei einer Leuchtdichte von ungefähr 1000 cd/m². Diese Ergebnisse zeigen, dass die Emission von blauem Licht, die von 1,6FLPAPrn stammt, von dem lichtemittierenden Element 1, dem lichtemittierenden Vergleichselement 2 und dem lichtemittierenden Vergleichselement 3 erhalten wurden.

[0196] Wie aus **Fig. 17** deutlich wird, wies das lichtemittierende Element 1 bei der gleichen Spannung eine höhere Leuchtdichte auf, als das lichtemittierende Vergleichselement 3, und war mit der des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 vergleichbar. Zusätzlich wird aus **Fig. 18** und Tabelle 3 deutlich, dass das lichtemittierende Element 1 eine Stromausbeute und einen externen Quantenwirkungsgrad aufweist, welcher höher sind, als die des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3.

[0197] Nachfolgend wurden das lichtemittierende Element 1, das lichtemittierende Vergleichselement 2 und das lichtemittierende Vergleichselement 3 Zuverlässigkeitsuntersuchungen unterworfen. Die Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchungen sind in **Fig. 19** dargestellt. In **Fig. 19** stellt die vertikale Achse die normalisierte Leuchtdichte (%) mit einer anfänglichen Leuchtdichte von 100 % dar und die horizontale Achse stellt die Betriebsdauer (h) des Elementes dar.

[0198] In den Zuverlässigkeitsuntersuchungen wurden die lichtemittierenden Elemente dieses Beispiels unter Bedingungen betrieben, bei denen die anfängliche Leuchtdichte auf 5000 cd/m² eingestellt wurde und die Stromdichte konstant war.

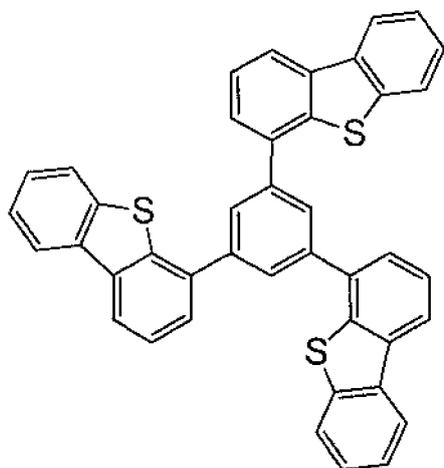
[0199] **Fig. 19** zeigt, dass das lichtemittierende Element 1 54 % der anfänglichen Leuchtdichte aufwies, nachdem 260 Stunden verstrichen waren. Auf der anderen Seite betrug die Leuchtdichte des lichtemittierenden Vergleichselementes nach 200 Stunden 50 % oder weniger der anfänglichen Leuchtdichte. Zusätzlich betrug die Leuchtdichte des lichtemittierenden Vergleichselementes 3 nach 62 Stunden 50 % oder weniger der anfänglichen Leuchtdichte.

[0200] Man fand heraus, dass das lichtemittierende Element 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine längere Lebensdauer aufweist, als das lichtemittierende Vergleichselement 2 und das lichtemittierende Vergleichselement 3.

[0201] Die obigen Ergebnisse legen nahe, dass ein Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes bereitgestellt werden kann. Diese Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht hergestellt werden kann.

[Beispiel 3]

[0202] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 16A** beschrieben. Eine Strukturformel eines in diesem Beispiel verwendeten Materials ist nachfolgend dargestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Strukturformeln der Materialien, welche bereits beschrieben wurden, weggelassen werden.



DBT3P-II

[0203] Ein Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Elementes 4 dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 4)

[0204] Eine Lochinjektionsschicht 1111 des lichtemittierenden Elementes 4 wurde durch Co-Verdampfung von 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)-benzol (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt, und das Massenverhältnis von DBT3P-II zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= DBT3P-II:Molybdänoxid) eingestellt. Andere Bestandteile als die Lochinjektionsschicht 1111 wurden auf eine ähnliche Weise hergestellt, wie die des lichtemittierenden Elementes 1, welches in Beispiel 2 beschrieben ist.

[0205] Tabelle 4 zeigt eine Elementstruktur des lichtemittierenden Elementes 4, welches, wie oben beschrieben, erhalten wurde.

[Tabelle 4]

	erste Elektrode	Lochinjektions- schicht	Lochtransports chicht	lichtemittierende Schicht
lichtemittierendes Element 4	ITSO 110 nm	DBT3P-II:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPPn 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm
	erste Elektronen- transp ortschicht	zweite Elektronen- transp ortschicht	Elektroneninjek- tionsschicht	zweite Elektrode
lichtemittierendes Element 4	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0206] In einer Glove-Box enthaltend eine Stickstoffatmosphäre wurde das lichtemittierende Element 4 abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu sein. Anschließend wurden die Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 4 gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0207] **Fig. 20** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 4. In **Fig. 20** stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte

(cd/m²) dar. **Fig. 21** zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Charakteristik. In **Fig. 21** stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt Tabelle 5 die Spannung (V), die CIE-Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) des lichtemittierenden Elementes 4 bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 5]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 4	3,0	(0,15, 0,22)	11	7,4

[0208] Wie in Tabelle 5 dargestellt, betragen die CIE-Farbwertanteile des lichtemittierenden Elementes 4 (x, y) = (0,15, 0,22) bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m². Diese Resultate zeigen, dass die Emission von blauem Licht, die von 1,6 FLPAPrn stammt, von dem lichtemittierenden Element 4 erhalten wurde.

[0209] Wie aus **Fig. 20**, **Fig. 21** und Tabelle 5 deutlich wird, zeigt das lichtemittierende Element 4 hohe Emissionseffizienz. Es wird auch deutlich, dass das lichtemittierende Element 4 ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung ist.

[0210] Nachfolgend wurde das lichtemittierende Element 4 einer Zuverlässigkeitsuntersuchung unterworfen. Die Resultate der Zuverlässigkeitsuntersuchung sind in **Fig. 22** dargestellt. In **Fig. 22** stellt die vertikale Achse die normalisierte Leuchtdichte (%) mit einer anfänglichen Leuchtdichte von 100 % dar und die horizontale Achse stellt die Betriebsdauer (h) des Elementes dar.

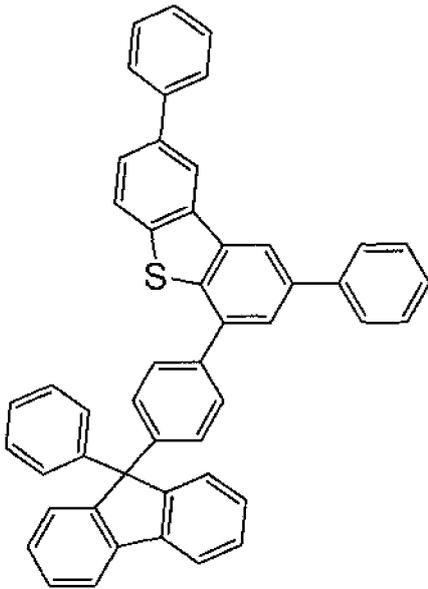
[0211] In der Zuverlässigkeitsuntersuchung wurde das lichtemittierende Element dieses Beispiels unter den Bedingungen betrieben, bei denen die anfängliche Leuchtdichte auf 5000 cd/m² eingestellt wurde und die Stromdichte konstant war.

[0212] **Fig. 22** zeigt, dass das lichtemittierende Element 4 55 % der anfänglichen Leuchtdichte aufwies, nachdem 310 Stunden verstrichen waren.

[0213] Die obigen Ergebnisse legen nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bereitgestellt werden kann.

[Beispiel 4]

[0214] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 16A** beschrieben. Eine Strukturformel eines Materials, welches in diesem Beispiel verwendet wird, ist nachfolgend dargestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Strukturformeln der Materialien, welche bereits dargestellt wurden, weggelassen werden.



DBTFLP-III

[0215] Ein Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Elementes 5 dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 5)

[0216] Eine Lochinjektionsschicht 1111 des lichtemittierenden Elementes 5 wurde durch Co-Verdampfung von 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III) und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von DBTFLP-III zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= DBTFLP-III:Molybdänoxid) eingestellt. Andere Bestandteile als die Lochinjektionsschicht 1111 wurden auf eine ähnliche Weise hergestellt, wie dies des lichtemittierenden Elementes 1, welches in Beispiel 2 beschrieben ist.

[0217] Tabelle 6 zeigt eine Elementstruktur des lichtemittierenden Elementes 5, welches wie oben beschrieben erhalten wurde.

[Tabelle 6]

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	lichtemittierende Schicht
lichtemittierendes Element 5	ITSO 110 nm	DBTFLP-III:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPPn 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm
	erste Elektronentransportschicht	zweite Elektronentransportschicht	Elektroneninjectionsschicht	zweite Elektrode
lichtemittierendes Element 5	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0218] In einer Glove-Box, enthaltend eine Stickstoffatmosphäre, wurde das lichtemittierende Element 5 abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu sein. Anschließend wurden die Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 5 gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0219] Fig. 23 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 5. In Fig. 23 stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte

(cd/m²) dar. **Fig. 24** zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Charakteristik. In **Fig. 24** stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt Tabelle 7 die Spannung (V), die CIE-Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) des lichtemittierenden Elementes 5 bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 7]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 5	3,0	(0,15, 0,23)	11	7,5

[0220] Wie in Tabelle 7 dargestellt, betragen die CIE-Farbwertanteile des lichtemittierenden Elementes 5 (x, y) = (0,15, 0,23) bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m². Diese Ergebnisse zeigen, dass die Emission von blauem Licht, die von 1,6 FLPAPrn stammt, von dem lichtemittierenden Element 5 erhalten wurde.

[0221] Wie aus **Fig. 23**, **Fig. 24** und Tabelle 7 deutlich wird, zeigt das lichtemittierende Element 5 eine hohe Emissionseffizienz. Es wird auch deutlich, dass das lichtemittierende Element 5 ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung ist.

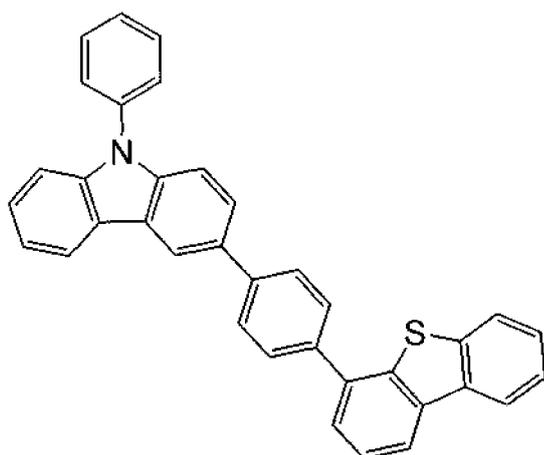
[0222] Die obigen Ergebnisse legen nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt werden kann.

[Beispiel 5]

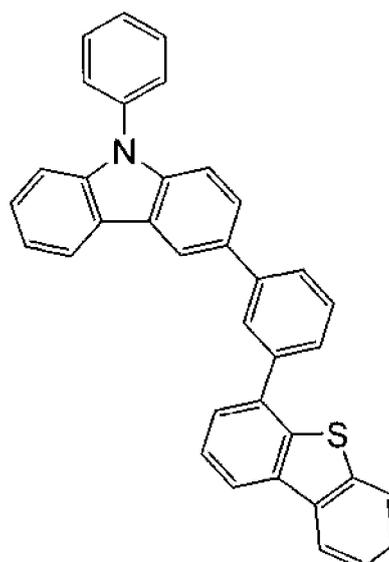
[0223] In diesem Beispiel werden spezifische Beispiele des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine heterozyklische Verbindung, mit einem Dibenzothiophengerüst und einem Dibenzofuranerüst, und eine anorganische Verbindung, welche eine Elektronenakzeptoreigenschaft in Bezug auf die heterozyklische Verbindung aufweist. Tabelle 8 zeigt die in den Zusammensetzungsbeispielen 10 bis 14 dieses Beispiels verwendeten heterozyklischen Verbindungen und die HOMO-Niveaus der heterozyklischen Verbindungen, welche in den Zusammensetzungsbeispielen 10 bis 13 verwendet wurden (gemessen durch Fotoelektronenspektroskopie). Zusätzlich sind die Strukturformeln der heterozyklischen Verbindungen, welche in diesem Beispiel verwendet wurden, nachfolgend dargestellt.

[Tabelle 8]

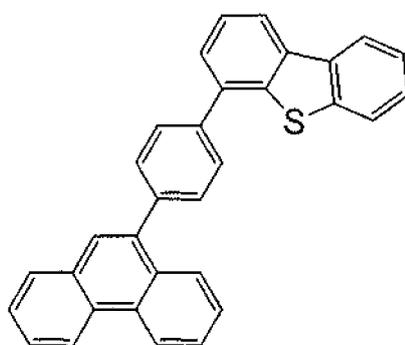
	Heterozyklische Verbindung	HOMO-Niveau
Zusammensetzungsbeispiel 10	DBTPPC-II	-5,7
Zusammensetzungsbeispiel 11	mDBTPPC-II	-5,6
Zusammensetzungsbeispiel 12	DBTPPn-II	-5,9
Zusammensetzungsbeispiel 13	mmDBFFLBi-II	-5,9
Zusammensetzungsbeispiel 14	mZ-DBT2-II	



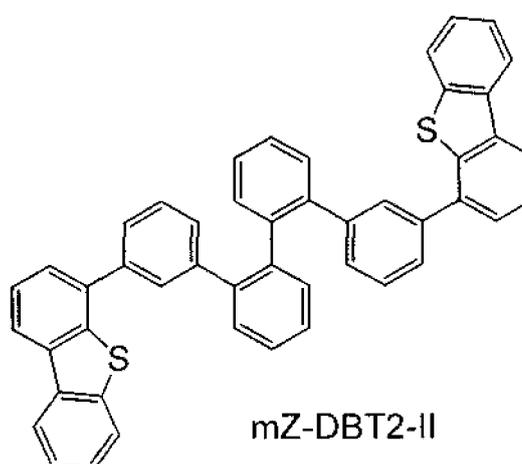
DBTPPC-II



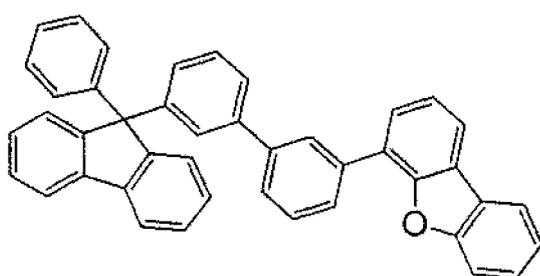
mDBTPPC-II



DBTPPn-II



mZ-DBT2-II



mmDBFFLBi-II

[0224] In jedem der Zusammensetzungsbeispiele 10 bis 14 wurde Molybdänoxid als die anorganische Verbindung verwendet.

[0225] Ein Verfahren zur Herstellung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Verwendung des Zusammensetzungsbeispiels 10, als ein Beispiel, beschrieben. Die Zusammensetzungsbeispiele 11 bis 14 wurden auf eine ähnliche Weise, wie das Zusammensetzungsbeispiel 10, hergestellt; daher wird deren Beschreibung weggelassen.

(Zusammensetzungsbeispiel 10)

[0226] Zunächst wurde ein Glassubstrat an einen Substrathalter im Inneren einer Vakuumverdampfungsrichtung fixiert. Anschließend wurden 3-[4-(Dibenzothiophen-4-yl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: DBTPPC-II) und Molybdän(VI)oxid separat in entsprechende Widerstandsheizungsverdampfungsquellen eingeführt, und im Vakuumzustand wurden Filme enthaltend DBTPPC-II und Molybdänoxid durch ein Co-Verdampfungsverfahren gebildet. Zu diesem Zeitpunkt wurden DBTPPC-II und Molybdän(VI)oxid co-verdampft, so dass die Massenverhältnisse von DBTPPC-II zu Molybdän(VI)oxid 4:2, 4:1 und 4:0,5 (= DBTPPC-II:Molybdänoxid) betragen. Des Weiteren wurde die Dicke jedes Films auf 50 nm eingestellt.

[0227] Die Fig. 25A und 25B zeigen die Ergebnisse der Messungen der Absorptionsspektren der so gebildeten Verbundfilme aus DBTPPC-II und Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 10). Zusätzlich ist zu Vergleichszwecken auch ein Absorptionsspektrum eines Films, welcher nur aus DBTPPC-II (50 nm dick) bestand, dargestellt. Es sollte festgehalten werden, dass für die Zusammensetzungsbeispiele 11, 12 und 14 auch ein Absorptionsspektrum eines Films, welcher nur aus der in jedem Zusammensetzungsbeispiel verwendeten heterozyklischen Verbindung bestand, zu Vergleichszwecken dargestellt ist.

[0228] Ähnlich zeigen die Fig. 26A und 26B die Ergebnisse der Messung von Absorptionsspektren von Verbundfilmen aus 3-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: mDBTPPC-II) und Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 11). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm eingestellt wurde.

[0229] Fig. 27A und 27B zeigen die Ergebnisse der Messungen eines Absorptionsspektrums eines Verbundfilms aus 4-[4-(9-Phenanthryl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTPPn-II) und Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 12). Es sollte festgehalten werden, dass der Verbundfilm, welcher in dem Zusammensetzungsbeispiel 12 angegeben ist, nur ein Film aus DBTPPn-II und Molybdän(VI)oxid mit einem Massenverhältnis von 4:2 (= DBTPPn-II:Molybdänoxid) ist. Die Dicke jedes Films, des Verbundfilms und des DBTPPn-II-Films, wurde auf 50 nm eingestellt.

[0230] Fig. 28A und 28B zeigen die Ergebnisse der Messungen eines Absorptionsspektrums eines Verbundfilms aus 4,4'-{(1,1':2',1"':2",1"")-Quaterphenyl-3,3"-yl}bisdibenzothiophen (Abkürzung: mZ-DBT2-II) und Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 13). Es sollte festgehalten werden, dass nur ein Film aus mZ-DBT2-II und Molybdänoxid mit einem Massenverhältnis von 4:2 (= mZ-DBT2-II:Molybdänoxid) für das Zusammensetzungsbeispiel 13 dargestellt ist (die Dicke: 50 nm).

[0231] Fig. 29A und 29B zeigen die Ergebnisse der Messungen der Absorptionsspektren von Verbundfilmen aus 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II) und Molybdänoxid (Zusammensetzungsbeispiel 14). Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke jedes Films auf 50 nm eingestellt wurde.

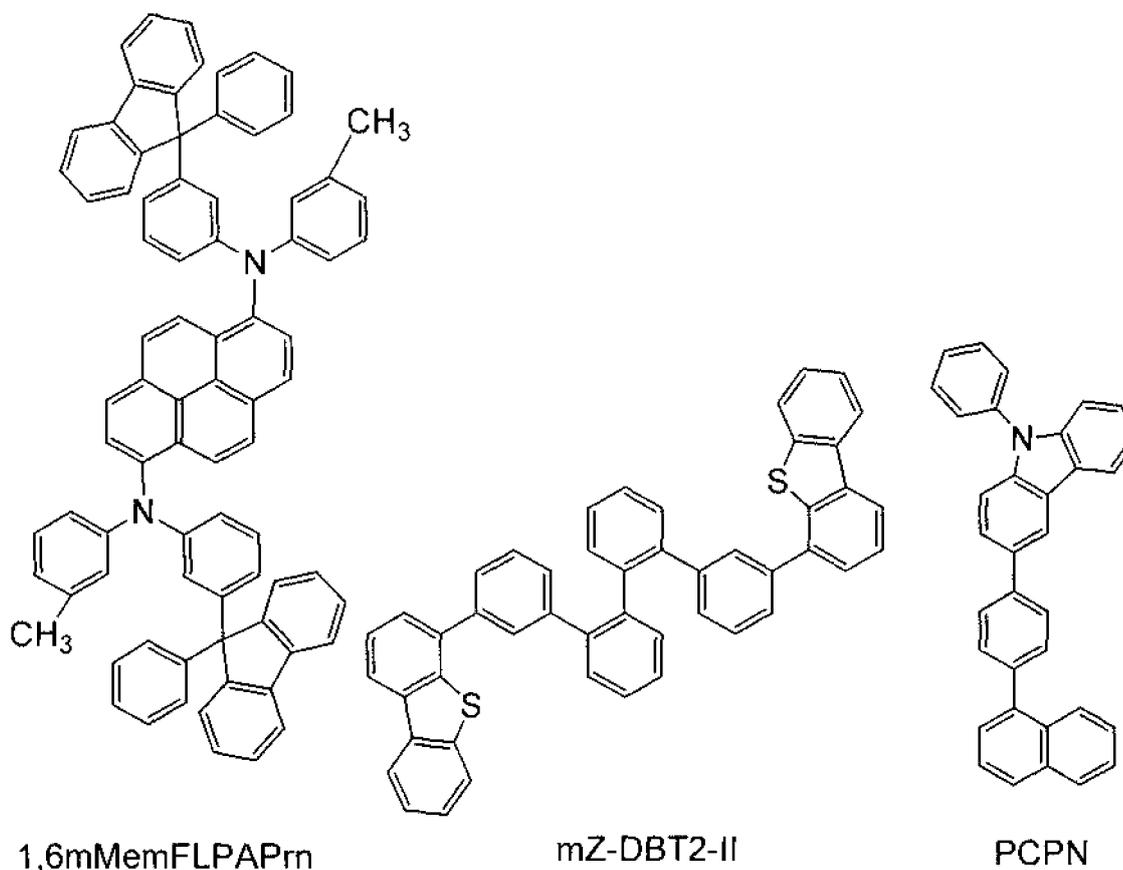
[0232] In jeder der Fig. 25A bis 29A stellt die horizontale Achse die Wellenlänge (nm) dar und die vertikale Achse stellt das Absorptionsvermögen (keine Einheit) dar.

[0233] Die Fig. 25A bis 29A zeigen, dass die Verbundmaterialien einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche in den Zusammensetzungsbeispielen 10 bis 14 angegeben sind, Materialien sind, die nahezu keinen signifikanten Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts aufweisen und eine hohe Lichttransmissionseigenschaft besitzen. Die Verbundmaterialien einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche in den Zusammensetzungsbeispielen 10 bis 14 angegeben sind, weisen auch nahezu keinen signifikanten Absorptionspeak in dem Infrarotbereich auf (einem Bereich der Wellenlängen von 700 nm und mehr).

[0234] Das Absorptionsspektrum des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, enthaltend die heterozyklische Verbindung und Molybdänoxid, weist im Wesentlichen die gleiche Form auf, wie das Absorptionsspektrum der heterozyklischen Verbindung. Ein Film mit einer hohen Konzentration an Molybdänoxid (insbesondere der Film der heterozyklischen Verbindung und Molybdänoxid mit einem Massenverhältnis von 4:2 von jedem Zusammensetzungsbeispiel) weist nahezu keinen signifikanten Peak in einem Bereich des sichtbaren Lichtbereichs bis zum Infrarotbereich auf. Dies zeigt, dass es bei dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unwahrscheinlich ist, dass Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt.

[Beispiel 6]

[0235] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 16A** beschrieben. Strukturformeln der in diesem Beispiel verwendeten Materialien sind nachfolgend dargestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Strukturformeln der Materialien, welche bereits dargestellt wurden, weggelassen werden.



[0236] Ein Verfahren zur Herstellung des lichtemittierendes Elementes 6 dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 6)

[0237] Zunächst wurde auf ähnliche Weise, wie bei dem in Beispiel 2 beschriebenen lichtemittierenden Element 1, ein Film aus ITSO auf einem Glassubstrat 1100 gebildet, um eine erste Elektrode 1101 zu bilden.

[0238] Nachfolgend wurde das mit der ersten Elektrode 1101 bereitgestellte Substrat 1100 an einen Substrathalter in der Vakuumverdampfungsapparatur befestigt, so dass eine Oberfläche, auf welcher die erste Elektrode 1101 bereitgestellt wurde, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungsapparatur wurde auf ungefähr 10^{-4} Pa reduziert. Anschließend wurden 4,4'-((1,1':2',1'':2'',1''')-Quaterphenyl-3,3'''-yl) bisdibenzothiophen (Abkürzung: mZ-DBT2-II) und Molybdän(VI)oxid co-verdampft, um eine Lochinjektionsschicht 1111 auf der ersten Elektrode 1101 zu bilden. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von mZ-DBT2-II zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= mZ-DBT2-II: Molybdänoxid) eingestellt.

[0239] Anschließend wurde auf der Lochinjektionsschicht 1111 ein Film aus 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN) mit einer Dicke von 10 nm gebildet, um eine Lochtransportschicht 1112 zu bilden.

[0240] Des Weiteren wurden CzPA und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyrrol-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6 mMemFLPAPrn) co-verdampft, um eine lichtemittierende Schicht 1113 auf der Lochtransportschicht 1112 zu bilden. Hier wurde das Massenverhältnis von CzPA zu 1,6 mMemFL-

PAPrn auf 1:0,04 (= CzPA:1,6 mMemFLPAPrn) eingestellt. Zusätzlich wurde die Dicke der lichtemittierenden Schicht 1113 auf 30 nm eingestellt.

[0241] Des Weiteren wurde auf der lichtemittierenden Schicht 1113 ein Film aus CzPA mit einer Dicke von 10 nm gebildet, um eine erste Elektronentransportschicht 1114a zu bilden.

[0242] Anschließend wurde auf der ersten Elektronentransportschicht 1114a ein BPhen-Film mit einer Dicke von 15 nm gebildet, um eine zweite Elektronentransportschicht 1114b zu bilden.

[0243] Des Weiteren wurde auf der zweiten Elektronentransportschicht 1114b ein LiF-Film mit einer Dicke von 1 nm durch Verdampfung gebildet, um eine Elektroneninjectionsschicht 1115 zu bilden.

[0244] Zuletzt wurde ein Aluminiumfilm durch Verdampfung mit einer Dicke von 200 nm als eine zweite Elektrode 1103 gebildet, welche als eine Kathode diente. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 6 dieses Beispiels hergestellt.

[0245] Es sollte festgehalten werden, dass bei allen Verdampfungsritten die Verdampfung durch ein Widerstandsheizverfahren durchgeführt wurde.

[0246] Tabelle 9 zeigt eine Elementstruktur des lichtemittierenden Elementes 6, welches, wie oben beschrieben, erhalten wurde.

[Tabelle 9]

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	lichtemittierende Schicht
lichtemittierendes Element 6	ITSO 110 nm	mZ-DBT2-II:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPN 10 nm	CzPA:1,6 mMemFLPAPrn (=1:0,04) 30 nm
	erste Elektronentransportschicht	zweite Elektronentransportschicht	Elektroneninjectionsschicht	zweite Elektrode
lichtemittierendes Element 6	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0247] In einer Glove-Box, enthaltend eine Stickstoffatmosphäre, wurde das lichtemittierende Element 6 abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu sein. Anschließend wurden die Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 6 gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0248] Fig. 30 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 6. In Fig. 30 stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m²) dar. Fig. 31 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Charakteristik. In Fig. 31 stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt die Tabelle 10 die Spannung (V), die CIE-Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) des lichtemittierenden Elementes 6 bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 10]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 6	3,1	(0,14, 0,16)	10	8,8

[0249] Wie in Tabelle 10 dargestellt, betragen die CIE-Farbwertanteile des lichtemittierenden Elementes 6 (x, y) = (0,14, 0,16) bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m². Diese Ergebnisse zeigen, dass die Emission von blauem Licht, die von 1,6 mMemFLPAPrn stammt, von dem lichtemittierenden Element 6 erhalten wurde.

[0250] Wie aus **Fig. 30**, **Fig. 31** und Tabelle 10 deutlich wird, zeigt das lichtemittierende Element 6 hohe Emissionseffizienz. Es wird auch deutlich, dass das lichtemittierende Element 6 ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung ist.

[0251] Nachfolgend wurde das lichtemittierende Element 6 einer Zuverlässigkeitsuntersuchung unterworfen. Die Resultate der Zuverlässigkeitsuntersuchung sind in **Fig. 32** dargestellt. In **Fig. 32** stellt die vertikale Achse die normalisierte Leuchtdichte (%) mit einer anfänglichen Leuchtdichte von 100 % dar und die horizontale Achse stellt die Betriebsdauer (h) des Elementes dar.

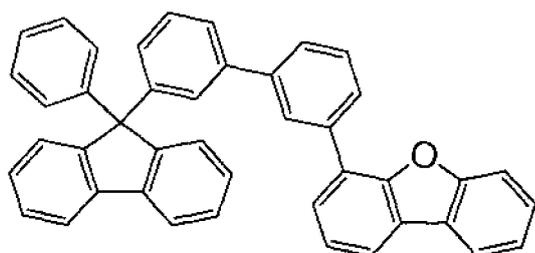
[0252] In der Zuverlässigkeitsuntersuchung wurde das lichtemittierende Element 6 unter den Bedingungen betrieben, bei denen die anfängliche Leuchtdichte auf 5000 cd/m² eingestellt wurde und die Stromdichte konstant war.

[0253] **Fig. 32** zeigt, dass das lichtemittierende Element 6 54 % der anfänglichen Leuchtdichte aufwies, nachdem 280 Stunden verstrichen waren.

[0254] Die obigen Ergebnisse legen nahe, dass ein Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes bereitgestellt werden kann. Diese Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht hergestellt werden kann.

[Beispiel 7]

[0255] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 16A** beschrieben. Eine Strukturformel eines in diesem Beispiel verwendeten Materials ist nachfolgend dargestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Strukturformeln der Materialien, welche bereits dargestellt wurden, weggelassen werden.



mmDBFFLBI-II

[0256] Ein Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Elementes 7 dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 7)

[0257] Eine Lochinjektionsschicht 1111 des lichtemittierenden Elementes 7 wurde durch Co-Verdampfung von 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II) und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von mmDBFFLBI-II zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= mmDBFFLBI-II:Molybdänoxid) eingestellt.

[0258] Eine Lochtransportschicht 1112 des lichtemittierenden Elementes 7 wurde durch Formen eines Films aus mmDBFFLBi-II mit einer Dicke von 10 nm gebildet. Andere Bestandteile als die Lochinjektionsschicht 1111 und die Lochtransportschicht 1112 wurden auf eine ähnliche Weise hergestellt, wie die des lichtemittierenden Elementes 6, welches in Beispiel 6 beschrieben ist.

[0259] Tabelle 11 zeigt eine Elementstruktur des lichtemittierenden Elementes 7, welches wie oben beschrieben erhalten wurde.

[Tabelle 11]

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	lichtemittierende Schicht
lichtemittierendes Element 7	ITSO 110 nm	mmDBFFLBi-II:MoOx (=4:2) 50 nm	mmDBFFLBi-II 10 nm	CzPA:1,6 mMemFL-PAPrn (=1:0,04) 30 nm
	erste Elektronentransportschicht	zweite Elektronentransportschicht	Elektroneninjectionsschicht	zweite Elektrode
lichtemittierendes Element 7	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0260] In einer Glove-Box, enthaltend eine Stickstoffatmosphäre, wurde das lichtemittierende Element 7 abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu sein. Anschließend wurden die Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 7 gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0261] Fig. 33 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 7. In Fig. 33 stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m²) dar. Fig. 34 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Charakteristik. In Fig. 34 stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt Tabelle 12 die Spannung (V), die CIE-Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) des lichtemittierenden Elementes 7 bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 12]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 7	3,1	(0,14, 0,16)	10	8,8

[0262] Wie in Tabelle 12 dargestellt, betragen die CIE-Farbwertanteile des lichtemittierenden Elementes 7 (x, y) = (0,14, 0,16) bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m². Diese Ergebnisse zeigen, dass die Emission von blauem Licht, die von 1,6 mMemFLPAPrn stammt, von dem lichtemittierenden Element 7 erhalten wurde.

[0263] Wie aus Fig. 32, Fig. 33 und Tabelle 12 deutlich wird, zeigt das lichtemittierende Element 7 hohe Emissionseffizienz. Es wird auch deutlich, dass das lichtemittierende Element 7 ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung ist.

[0264] Die obigen Ergebnisse legen nahe, dass ein Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes bereitgestellt werden kann.

[Beispiel 8]

[0265] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 16A** beschrieben. Die in diesem Beispiel verwendeten Materialien wurden in den obigen Beispielen verwendet, daher werden die chemischen Formeln dieser hier weggelassen.

[0266] Ein Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Elementes 8 dieses Beispiels wird nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 8)

[0267] Eine Lochinjektionsschicht 1111 des lichtemittierenden Elementes 8 wurde durch Co-verdampfung von mmDBFFLBi-II und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der Lochinjektionsschicht 1111 wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von mmDBFFLBi-II zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= mmDBFFLBi-II:Molybdänoxid) eingestellt.

[0268] Die Lochtransportschicht 1112 des lichtemittierenden Elementes 8 wurde durch Formen eines Films aus PCzPA mit einer Dicke von 10 nm gebildet. Andere Bestandteile als die Lochinjektionsschicht 1111 und die Lochtransportschicht 1112 wurden auf ähnliche Weise hergestellt, wie die des lichtemittierenden Elementes 6, welches in Beispiel 6 beschrieben ist.

[0269] Tabelle 13 zeigt eine Elementstruktur des lichtemittierenden Elementes 8, welches wie oben beschrieben, erhalten wurde.

[Tabelle 13]

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	lichtemittierende Schicht
lichtemittierendes Element 8	ITSO 110 nm	mmDBFFLBi-II:MoOx (=4:2) 50 nm	PCzPA 10 nm	CzPA:1,6 mMemFL-PAPrn (=1 :0,04) 30 nm
	erste Elektronentransportschicht	zweite Elektronentransportschicht	Elektroneninjectionsschicht	zweite Elektrode
lichtemittierendes Element 8	CzPA 10 nm	BPhen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0270] In einer Glove-Box, enthaltend eine Stickstoffatmosphäre, wurde das lichtemittierende Element 8 abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu sein. Nachfolgend wurden die Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 8 gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0271] **Fig. 35** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 8. In **Fig. 35** stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m²) dar. **Fig. 36** zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeuteeigenschaften. In **Fig. 36** stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt die Tabelle 14 die Spannung (V), die CIE-Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) des lichtemittierenden Elementes 8 bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 14]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 8	3,2	(0,14, 0,18)	8,8	6,8

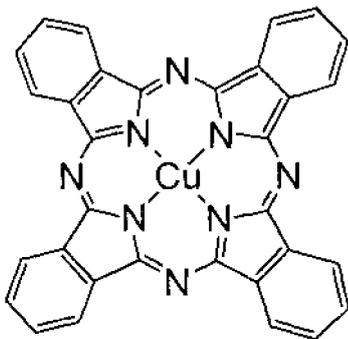
[0272] Wie in Tabelle 14 dargestellt, betragen die CIE-Farbwertanteile des lichtemittierenden Elementes 8 (x, y) = (0,14, 0,18) bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m². Diese Ergebnisse zeigen, dass die Emission von blauem Licht, die von 1,6 mMemFLPAPrn stammt, von dem lichtemittierenden Element 8 erhalten wurde.

[0273] Wie aus **Fig. 34, Fig. 35** und Tabelle 14 deutlich wird, zeigt das lichtemittierende Element 8 hohe Emissionseffizienz. Es wird auch deutlich, dass das lichtemittierende Element 8 ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung ist.

[0274] Die obigen Ergebnisse legen nahe, dass ein Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht des lichtemittierenden Elementes bereitgestellt werden kann.

[Beispiel 9]

[0275] In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 16B** beschrieben. Eine Strukturformel eines in diesem Beispiel verwendeten Materials ist nachfolgend dargestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Strukturformeln der Materialien, welche in den obigen Beispielen verwendet wurden, hier weggelassen werden.



CuPc

[0276] Verfahren zur Herstellung des lichtemittierenden Elementes 9 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 10 dieses Beispiels werden nachfolgend beschrieben.

(Lichtemittierendes Element 9)

[0277] Zunächst wurde ein ITSO-Film auf einem Glassubstrat 1100 durch ein Sputterverfahren gebildet, so dass eine erste Elektrode 1101, welche als eine Anode diente, gebildet wurde. Es sollte festgehalten werden, dass die Dicke auf 110 nm eingestellt wurde und die Elektrodenfläche auf 2 mm × 2 mm eingestellt wurde.

[0278] Zur Vorbehandlung der Bildung des lichtemittierenden Elementes auf dem Substrat 1100 wurde eine UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden nach dem Waschen einer Oberfläche des Substrats mit Wasser durchgeführt und Brennen, welches bei 200 °C für eine Stunde durchgeführt wurde.

[0279] Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungsapparatur überführt, in welcher der Druck auf ungefähr 10⁻⁴ Pa reduziert wurde, und einem Vakuumbacken bei 170 °C für 30 Minuten in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungsapparatur unterworfen und anschließend wurde das Substrat 1100 für ungefähr 30 Minuten abgekühlt.

[0280] Nachfolgend wurde das Substrat 1100, welches mit der ersten Elektrode 1101 bereitgestellt wurde, auf einem Substrathalter in der Vakuumverdampfungsapparatur fixiert, so dass eine Oberfläche, auf welcher die erste Elektrode 1101 bereitgestellt wurde, nach unten gerichtet war. Der Druck in der Vakuumverdampfungsapparatur wurde auf ungefähr 10⁻⁴ Pa reduziert. Anschließend wurden DBT3P-II und Molybdän

(VI)oxid co-verdampft, um eine erste Lochinjektionsschicht 1111 auf der ersten Elektrode 1101 zu bilden. Die Dicke der ersten Lochinjektionsschicht 1111a wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von DBT3P-II zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= DBT3P-II:Molybdänoxid) eingestellt.

[0281] Nachfolgend wurde auf der ersten Lochinjektionsschicht 1111a ein Film aus PCPN mit einer Dicke von 10 nm gebildet, um eine erste Lochtransportschicht 1112a zu bilden.

[0282] Nachfolgend wurden CzPA und 1,6 FLPAPrn co-verdampft, um eine erste lichtemittierende Schicht 1113a auf der ersten Lochtransportschicht 1112a zu bilden. Hierbei wurde das Massenverhältnis von CzPA zu 1,6 FLPAPrn auf 1:0,05 (= CzPA:1,6 FLPAPrn) eingestellt. Die Dicke der ersten lichtemittierenden Schicht 1113a wurde auf 30 nm eingestellt.

[0283] Anschließend wurde auf der ersten lichtemittierenden Schicht 1113a ein CzPA-Film mit einer Dicke von 10 nm geformt und ein BPhen-Film wurde mit einer Dicke von 15 nm gebildet, um eine erste Elektronentransportschicht 1114a zu bilden.

[0284] Des Weiteren wurde auf der ersten Elektronentransportschicht 1114a ein Film aus Lithiumoxid (Li_2O) durch Verdampfung mit einer Dicke von 0,1 nm gebildet, um eine erste Lochinjektionsschicht 1115a zu bilden.

[0285] Anschließend wurde auf der ersten Elektroneninjektionsschicht 1115a ein Film aus Kupferphthalocyanin (Abkürzung: CuPc) durch Verdampfung mit einer Dicke von 2 nm gebildet, um eine Elektronenrelaischicht 1116 zu bilden.

[0286] Anschließend wurde auf der Elektronenrelaischicht 1116 DBT3P-II und Molybdän(VI)oxid co-verdampft, um eine zweite Lochinjektionsschicht 1111b zu bilden. Die Dicke der zweiten Lochinjektionsschicht 1111b wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von DBT3P-II zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= DBT3P-II:Molybdänoxid) eingestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die zweite Lochinjektionsschicht 1111b dieses Beispiels als die Ladungserzeugungsschicht dient, die in der obigen Ausführungsform beschrieben ist.

[0287] Anschließend wurde auf der zweiten Lochinjektionsschicht 1111b ein PCPN-Film mit einer Dicke von 10 nm gebildet, um eine zweite Lochtransportschicht 1112b zu bilden.

[0288] Des Weiteren wurden CzPA und 1,6 FLPAPrn co-verdampft, um eine zweite lichtemittierende Schicht 1113 b auf der zweiten Lochtransportschicht 1112b zu bilden. Hierbei wurde das Massenverhältnis von CzPA zu 1,6 FLPAPrn auf 1:0,05 (= CzPA:1,6 FLPAPrn) eingestellt. Zusätzlich wurde die Dicke der zweiten lichtemittierenden Schicht 1113b auf 30 nm eingestellt.

[0289] Des Weiteren wurde auf der zweiten lichtemittierenden Schicht 1113b ein Film aus CzPA mit einer Dicke von 10 nm gebildet und ein Film aus BPhen wurde mit einer Dicke von 15 nm gebildet, um eine zweite Elektronentransportschicht 1114b zu bilden.

[0290] Des Weiteren wurde auf der zweiten Elektronentransportschicht 1114b ein Film aus LiF mit einer Dicke von 1 nm gebildet, um eine zweite Elektroneninjektionsschicht 1115b zu bilden.

[0291] Schließlich wurde ein Aluminiumfilm durch Verdampfung mit einer Dicke von 200 nm als eine zweite Elektrode 1103 gebildet, welche als eine Kathode diente. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 9 dieses Beispiels hergestellt.

(Lichtemittierendes Vergleichselement 10)

[0292] Eine erste Lochinjektionsschicht 1111a des lichtemittierenden Vergleichselementes 10 wurde durch Co-Verdampfung von PCzPA und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der ersten Lochinjektionsschicht 1111a wurde auf 50 nm eingestellt und das Massenverhältnis von PCzPA zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= PCzPA:Molybdänoxid) eingestellt.

[0293] Eine zweite Lochinjektionsschicht 1111b des lichtemittierenden Vergleichselementes 10 wurde durch Co-Verdampfung von PCzPA und Molybdän(VI)oxid gebildet. Die Dicke der zweiten Lochinjektionsschicht 1111b wurde auf 60 nm eingestellt und das Massenverhältnis von PCzPA zu Molybdän(VI)oxid wurde auf 4:2 (= PCzPA:Molybdänoxid) eingestellt. Andere Bestandteile als die erste Lochinjektionsschicht 1111a und die

zweite Lochinjektionsschicht 1111b wurden auf eine ähnliche Weise hergestellt, wie die des lichtemittierenden Elementes 9.

[0294] Es sollte festgehalten werden, dass bei allen obigen Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandsheizverfahren durchgeführt wurde.

[0295] Tabelle 15 zeigt die Elementstrukturen des lichtemittierenden Elementes 9 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 10, welche wie oben beschrieben erhalten wurden. Es sollte festgehalten werden, dass für das lichtemittierende Element 9 die Substanz X in Tabelle 15 DBT3P-II ist und die Dicke Y 50 nm ist. Zusätzlich ist für das lichtemittierende Vergleichselement 10 die Substanz X in Tabelle 15 PCzPA und die Dicke Y beträgt 60 nm.

[Tabelle 15]

erste Elektrode						
ITSO 110 nm						
erste Lochinjektionsschicht	erste Lochtransport-schicht	erste lichtemittierende Schicht	erste Elektronentransportschicht		erste Elektroneninjectionsschicht	Elektronenrelaisschicht
Substanz X:MoOx (=4:2) 50 nm	PCPN 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm	CzPA 10 nm	Bphen 15 nm	Li ₂ O 0,1 nm	CuPc 2 nm
zweite Lochinjektionsschicht	zweite Lochtransport-schicht	zweite lichtemittierende Schicht	zweite Elektronentransportschicht		zweite Elektroneninjectionsschicht	zweite Elektrode
Substanz X:MoOx (=4:2) Dicke Y	PCPN 10 nm	CzPA:1,6 FLPAPrn (=1:0,05) 30 nm	CzPA 10 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200 nm

[0296] In einer Glove-Box, enthaltend eine Stickstoffatmosphäre, wurden diese lichtemittierenden Elemente abgedichtet, um so keiner Luft ausgesetzt zu sein. Nachfolgend wurden die Betriebseigenschaften dieser lichtemittierenden Elemente gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in der auf 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

[0297] Es sollte festgehalten werden, dass die zwei oben beschriebenen lichtemittierenden Elemente auf dem gleichen Substrat gebildet wurden. Zusätzlich wurden die ersten Elektroden, die ersten Lochtransport-schichten zu den Elektrodenrelaisschichten und die zweiten Lochtransport-schichten zu den zweiten Elektroden der zwei oben beschriebenen lichtemittierenden Elemente gleichzeitig gebildet und das Abdichten wurde zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt.

[0298] Fig. 37 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik des lichtemittierenden Elementes 9 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 10. In Fig. 37 stellt die horizontale Achse die Spannung (V) dar und die vertikale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m²) dar. Fig. 38 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Charakteristik. In Fig. 38 stellt die horizontale Achse die Leuchtdichte (cd/m²) dar und die vertikale Achse stellt die Stromausbeute (cd/A) dar. Des Weiteren zeigt die Tabelle 16 die Spannung (V), die CIE-Farbwertanteile (x, y), die Stromausbeute (cd/A), die Energieeffizienz (lm/W) und den externen Quantenwirkungsgrad (%) des lichtemittierenden Elementes 9 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 10 bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m².

[Tabelle 16]

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	Energieeffizienz (lm/W)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Element 9	6,0	(0,14, 0,20)	23	12	16

	Spannung (V)	CIE-Farbwertanteile (x, y)	Stromausbeute (cd/A)	Energieeffizienz (lm/W)	externer Quantenwirkungsgrad (%)
lichtemittierendes Vergleichselement 10	6,0	(0,14, 0,20)	21	11	15

[0299] Wie in Tabelle 16 dargestellt, betragen die CIE-Farbwertanteile jedes des lichtemittierenden Elementes 9 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 10 $(x, y) = (0,14, 0,20)$ bei einer Leuchtdichte von 1000 cd/m^2 .

[0300] Wie aus **Fig. 38** und Tabelle 16 deutlich wird, weist das lichtemittierende Element 9 eine höhere Stromausbeute, Energieeffizienz und externen Quantenwirkungsgrad auf, als die des lichtemittierenden Vergleichselementes 10.

[0301] Hier wurde ein Absorptionsspektrum des Verbundmaterials enthaltend PCzPA und Molybdänoxid, welches in dem lichtemittierenden Vergleichselement 10 verwendet wurde, gemessen und mit dem des Verbundmaterials, welches DBT3P-II und Molybdänoxid (**Fig. 8A** und **8b**) enthielt und in dem lichtemittierenden Element 9 verwendet wurde, verglichen.

[0302] **Fig. 39A** und **39B** zeigen die Absorptionsspektren der Filme, gebildet durch Co-Verdampfung von PCzPA und Molybdän(VI)oxid (mit Massenverhältnissen von 4:2, 4:1 und 4:0,5 (= PCzPA:Molybdänoxid)) mit einer Dicke von 50 nm. Es sollte festgehalten werden, dass in den **Fig. 39A** und **39B** die horizontale Achse die Wellenlänge (nm) darstellt und die vertikale Achse das Absorptionsvermögen (keine Einheit) darstellt.

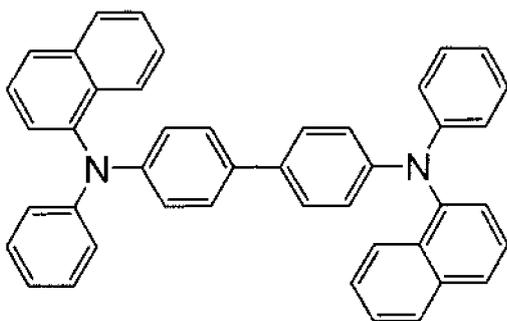
[0303] Wie in den **Fig. 39A** und **39B** dargestellt, weist das Verbundmaterial, enthaltend PCzPA und Molybdänoxid, einen Absorptionspeak in dem Bereich des sichtbaren Lichts auf. Auf der anderen Seite weist, wie in Beispiel 1 beschrieben, das Verbundmaterial, enthaltend DBT3P-II und Molybdänoxid, nahezu keinen signifikanten Peak in dem Bereich des sichtbaren Lichts auf (**Fig. 8A** und **8B**).

[0304] Dies zeigt, dass das Verbundmaterial, enthaltend DBT3P-II und Molybdänoxid, eine höhere Transmission in dem Bereich des sichtbaren Lichts aufweist als das Verbundmaterial, welches PCzPA und Molybdänoxid enthält, und daher weist das lichtemittierende Element 9 eine höhere Stromausbeute auf, als das lichtemittierende Vergleichselement 10.

[0305] Die oben Resultate legen nahe, dass ein Element mit einer hohen Emissionseffizienz unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht und eine Ladungserzeugungsschicht eines lichtemittierenden Tandemelementes realisiert werden kann. Die Ergebnisse legen auch nahe, dass ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Betriebsspannung unter Verwendung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als eine Lochinjektionsschicht und eine Ladungserzeugungsschicht eines lichtemittierenden Tandemelementes bereitgestellt werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wirksam als eine Ladungserzeugungsschicht eines lichtemittierenden Tandemelementes wirkt, unabhängig von der Tatsache, dass keine Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung beobachtet wird.

[Beispiel 10]

[0306] In diesem Beispiel werden die Ergebnisse der Bewertung des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durch ein Elektronenspinresonanz (ESR)-Verfahren beschrieben. In diesem Beispiel wird das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welches DBT3P-II und Molybdänoxid enthält, mit einem herkömmlichen Verbundmaterial verglichen, welches 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB) und Molybdänoxid enthält. Eine Strukturformel von NPB ist nachfolgend dargestellt.



NPB

(Vergleich der Absorptionsspektren der Verbundmaterialien)

[0307] Zunächst wurde ein Absorptionsspektrum des herkömmlichen Verbundmaterials, welches NPB und Molybdänoxid enthält, gemessen und mit dem des Verbundmaterials einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verglichen, welches DBT3P-II und Molybdänoxid enthält (**Fig. 8A** und **8B**).

[0308] Die **Fig. 40A** und **40B** zeigen die Absorptionsspektren von Filmen, welche durch Co-Verdampfung von NPD und Molybdän(VI)oxid (mit Massenverhältnissen von 4:2, 4:1 und 4:0,5 (= NPB:Molybdänoxid)) mit einer Dicke von 50 nm gebildet wurden. Es sollte festgehalten werden, dass in den **Fig. 40A** und **40B** die horizontale Achse die Wellenlänge (nm) darstellt und die vertikale Achse das Absorptionsvermögen (keine Einheit) darstellt.

[0309] Ein Vergleich zwischen den **Fig. 40A** und **40B** und den **Fig. 8A** und **8B** zeigt, dass eine signifikante Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Wechselwirkung bei ungefähr 500 nm und ungefähr 1300 nm auftritt, wenn NPB in dem Verbundmaterial verwendet wird (des Weiteren erhöht sich die Peakintensität, wenn sich die Konzentration des Molybdänoxids erhöht), wohingegen dieses Problem gelöst werden kann, wenn DBT3P-II verwendet wird. Es sollte festgehalten werden, dass das HOMO-Niveau von NPB (gemessen durch Fotoelektronenspektroskopie) -5,4 eV beträgt und das HOMO-Niveau von DBT3P-II -5,9 eV beträgt. Dies zeigt auch, dass NPB im Vergleich mit DBT3P-II eher zur Charge-Transfer-Wechselwirkung neigt.

[0310] Auf diese Weise kann die Wahrscheinlichkeit, dass eine Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt, aus einem Absorptionsspektrum erhalten werden; in diesem Beispiel wurden des Weiteren qualitative und quantitative Überprüfungen durch ESR-Messungen durchgeführt, um einen Unterschied zwischen dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und des herkömmlichen Verbundmaterials zu überprüfen. Die Details werden nachfolgend beschrieben.

(Proben für die ESR-Messung)

[0311] Die Proben 1 bis 6 und Vergleichsproben 1 bis 13 dieses Beispiels werden beschrieben.

[0312] Die Proben 1 bis 6 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind Verbundfilme, enthaltend ein Verbundmaterial aus DBT3P-II und Molybdänoxid. Die Vergleichsproben 1 bis 13 sind Verbundfilme, welche ein Verbundmaterial aus NPB und Molybdänoxid enthalten.

[0313] Jede Probe wurde durch Co-Verdampfung einer organischen Verbindung (DBT3P-II oder NPB) und Molybdän(VI)oxid auf einem Quarzsubstrat gebildet. Die Größe des Quarzsubstrats betrug 2,8 mm × 20 mm (für die Vergleichsproben 1 bis 3, 3,0 mm × 20 mm).

[0314] In einzelnen wurde das Quarzsubstrat an einem Halter in einer Vakuumverdampfungsanordnung befestigt, so dass eine Oberfläche, auf welcher das Verbundmaterial angeordnet werden sollte, nach unten zeigte. Der Druck in der Vakuumverdampfungsanordnung wurde auf 10^{-4} Pa reduziert. Anschließend wurden die organische Verbindung (DBT3P-II oder NPB) und Molybdän(VI)oxid co-verdampft, um einen Verbundfilm, enthaltend ein Verbundmaterial der organischen Verbindung (DBT3P-II oder NPB) und Molybdänoxid, auf dem Quarzsubstrat zu bilden. Die Dicke des Verbundfilms jeder Probe wurde auf 50 nm eingestellt.

[0315] Das Molverhältnis der organischen Verbindung zu Molybdän(VI)oxid jeder Probe wurde durch die Abscheidungsgeschwindigkeiten eingestellt. Tabelle 17 zeigt das Massenverhältnis und das Molverhältnis der organischen Verbindung zu Molybdän(VI)oxid für jede Probe. Es sollte festgehalten werden, dass vier Proben für jede Probe hergestellt wurden (acht Proben für das Vergleichsbeispiel 3) und der ESR-Messung in einem Zustand unterworfen wurden, in dem die vier Proben (die acht Proben in dem Fall der Vergleichsprobe 3) gestapelt waren. Tabelle 17 zeigt auch den g-Wert jeder Probe.

[Tabelle 17]

	organische Verbindung	Massenverhältnis	Molverhältnis	g-Wert
		(organische Verbindung:MoOx)		
Probe 1	DBT3P-II	4:0,2	1 :0,215	2,0054
Probe 2		4:0,5	1 :0,538	2,0054
Probe 3		4:1	1:1,07	2,0055
Probe 4		4:2	1 :2,15	2,0055
Probe 5		4:3	1 :3,23	2,0055
Probe 6		4:4	1 :4,30	2,0054
Vergleichsprobe 1	NPB	4:0,2	1 :0,205	2,0026
Vergleichsprobe 2		4:1	1:1,03	2,0025
Vergleichsprobe 3		4:1	1:1,03	2,0024
Vergleichsprobe 4		4:0,5	1 :0,512	2,0023
Vergleichsprobe 5		4:1	1:1,03	2,0021
Vergleichsprobe 6		4:2	1 ;2,05	2,0019
Vergleichsprobe 7		4:2	1 :2,05	2,0020
Vergleichsprobe 8		4:2	1 :2,05	2,0021
Vergleichsprobe 9		4:3	1 :3,04	2,0019
Vergleichsprobe 10		4:4	1 :4,10	2,0016
Vergleichsprobe 11		4:4	1 :4,10	2,0012
Vergleichsprobe 12		4:5	1 :5,13	2,0011
Vergleichsprobe 13		4:6	1 :6,15	2,0011

<ESR-Messung>

[0316] Die Messung wurde unter Verwendung eines Elektronenspinresonanzspektrometers (JES-FA200, hergestellt von JEOL Ltd.) unter den Bedingungen durchgeführt, bei denen die Resonanzfrequenz ungefähr 9,4 GHz betrug, die Modulationsfrequenz 100 kHz betrug, die Modulationsbreite 0,6 mT betrug, die Zeitkonstante 0,1 s betrug, die Sweepdauer 4 min betrug und die Messtemperatur Raumtemperatur war. Die Korrektur des Magnetfeldes wurde in Bezug auf die Positionen der dritten und vierten Mn²⁺-Signale durchgeführt. Die Intensität eines gemessenen Elektronenspinresonanz-(ESR)-spektrums reflektiert die Anzahl ungepaarter Elektronen und die Wahrscheinlichkeit, dass eine Charge-Transfer-Interaktion zwischen der organischen Verbindung und Molybdänoxid auftritt, kann indirekt durch Vergleich der Intensitäten der Spektren herausgefunden werden. Es sollte festgehalten werden, dass die g-Werte jeweils aus dem Peak des Bereichs von 2,001 bis 2,006 des ESR-Spektrums berechnet wurden und in der Nachbarschaft des g-Wertes eines freien Elektrons (2,0023) liegen.

<Ergebnisse der Messungen>

[0317] Fig. 41 zeigt die ESR-Spektren der Probe 6 und der Vergleichsprobe 11. In Fig. 41 stellt die horizontale Achse das Magnetfeld (Einheit: mT) dar und die vertikale Achse stellt die Intensität dar.

[0318] Wie aus **Fig. 41** deutlich wird, ist die Intensität der Probe 6 bei einem Magnetfeld von ungefähr 336 mT bis 340 mT deutlich niedriger als das der Vergleichsprobe 11. Je niedriger die Intensität ist, um so kleiner ist die Anzahl ungepaarter Elektronen, die durch Charge-Transfer-Wechselwirkungen in dem Verbundmaterial erzeugt werden. Das heißt, man kann sagen, dass Probe 6 weniger dazu neigt, dass Charge-Transfer-Wechselwirkungen in dem Verbundmaterial auftreten, im Vergleich mit der Vergleichsprobe 11.

[0319] Die Resultate zeigen, dass das Verbundmaterial, enthaltend DBT3P-II und Molybdänoxid, welches ein Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, weniger dazu neigt Charge-Transfer-Wechselwirkungen zu zeigen, im Vergleich mit dem Verbundmaterial, enthaltend NPB und Molybdänoxid, und kann das Auftreten von Lichtabsorption aufgrund von Charge-Transfer-Interaktion unterdrücken.

[0320] Die **Fig. 42A** und **42B** sind Kurven, welche die Beziehung zwischen dem Molverhältnis von Molybdän(VI)oxid zu der organischen Verbindung von jede Probe und dem Verhältnis (A/B) eines positiven Peakwertes (A) zu einem negativen Peakwert (B) des ESR-Spektrums von jeder Probe zeigen. Als ein Beispiel sind A und B der Vergleichsprobe 11 in **Fig. 41** dargestellt. In den **Fig. 42A** und **42B** stellt die horizontale Achse den Wert von X in dem Molverhältnis der organischen Verbindung zu Molybdän(VI)oxid (1:X (= organische Verbindung:Molybdänoxid)) von jeder Probe dar und die vertikale Achse stellt den Wert von A/B von jeder Probe dar.

[0321] **Fig. 42A** zeigt eine Kurve der Proben 1 bis 6, die jeweils DBT3T-II als die organische Verbindung enthalten und **Fig. 42B** zeigt eine Kurve der Vergleichsproben 1 bis 13, die jeweils NPB als die organische Verbindung enthalten.

[0322] Aus den **Fig. 42A** und **42B** wird deutlich, dass viele der Proben 1 bis 6 A/B-Werte um ungefähr 1,0 aufweisen, und viele der Vergleichsbeispiele 1 bis 13 A/B-Werte um ungefähr 1,1 bis 1,2 aufweisen. Dies bedeutet, dass die Form des ESR-Spektrums des Verbundmaterials, enthaltend DBT3P-II und Molybdänoxid, welches das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, um den positiven Peak und den negativen Peak herum symmetrisch ist, wohingegen die des Verbundmaterials, enthaltend NPB und Molybdänoxid, asymmetrisch ist.

[0323] Man kann annehmen, dass in dem Fall, in dem die Form des ESR-Spektrums um den positiven Peak und den negativen Peak herum symmetrisch ist, ungepaarte Elektronen in dem Verbundmaterial lokalisiert sind, wohingegen in dem Fall, in dem die Form asymmetrisch ist, ungepaarte Elektronen, wie in einem Halbleiter, delokalisiert sind.

[0324] Hier zeigt Tabelle 17, dass die g-Werte der Proben 1 bis 6 in dem Bereich von 2,005 bis 2,006 liegen und die g-Werte der Vergleichsproben 1 bis 13 in dem Bereich von 2,001 bis 2,003 liegen. Der g-Wert wird durch die Spin-Orbit-Interaktion eines Atoms in der Nähe eines ungepaarten Elektrons beeinflusst und wird daher groß, wenn sich ein schweres Atom in der Nähe befindet. Dies zeigt, dass bei den Proben 1 bis 6 ungepaarte Elektronen stark durch Schwefelatome (S) des DBT3P-II beeinflusst werden, wohingegen die ungepaarten Elektronen in den Vergleichsproben 1 bis 13 durch Stickstoffatome (N) oder Kohlenstoffatome (C) des NPB beeinflusst werden.

(Betrachtung)

[0325] Aus der Intensität und der Symmetrie der Peaks des ESR-Spektrums und dem oben erhaltenen g-Wert werden folgende Überlegungen getroffen.

[0326] Zunächst deutet die hohe Intensität des ESR-Spektrums des Verbundmaterials, enthaltend NPB, die Wahrscheinlichkeit an, dass Charge-Transfer-Wechselwirkungen auftreten. Bei den Vergleichsproben 1 bis 13 kann angenommen werden, dass Molybdänoxid Elektronen von dem NPB erhält, wodurch ungepaarte Elektronen hauptsächlich an Stickstoffatomen erzeugt werden und die ungepaarten Elektronen über den Stickstoffatomen oder benachbarten Kohlenstoffatomen delokalisiert sind. Dies liegt an einem relativ geringen g-Wert und einer asymmetrischen Form des ESR-Spektrum um den positiven Peak und den negativen Peak herum.

[0327] Auf dem Orbital, auf dem ungepaarte Elektronen existieren, fehlen Elektronen, d.h. Löcher werden erzeugt, und dies bedeutet, dass die Löcher auch delokalisiert sind. Daher kann abgeschätzt werden, dass es für die Löcher einfach ist, sich durch ein konjugiertes System zu bewegen, welches sich von einem Stick-

stoffatom zu einem Benzolring erstreckt und sich sogar zwischen den Molekülen zu bewegen (dies ist der Grund für eine ausgezeichnete Lochtransporteigenschaft eines aromatischen Amins). Das heißt, Löcher, die in dem NPB erzeugt werden, dienen als Träger, die direkt zu der Leitung beitragen.

[0328] Die obige Betrachtung legt nahe, dass NPB dazu neigt, Charge-Transfer-Wechselwirkungen durch Stickstoffatome aufzuweisen und in dem NPB aufgrund der Charge-Transfer-Wechselwirkung erzeugte Löcher tragen direkt zu den Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften bei.

[0329] Auf der anderen Seite legt die niedrige Intensität des ESR-Spektrums des Verbundmaterials, enthaltend DBT3P-II, nahe, dass fast keine Charge-Transfer-Wechselwirkungen auftreten. Man kann annehmen, dass in den Proben 1 bis 6 das Molybdänoxid Elektronen vom DBT3P-II erhält, wodurch eine sehr geringe Anzahl an ungepaarten Elektronen an den Schwefelatomen erzeugt werden, die ungepaarten Elektronen sind jedoch an den Schwefelatomen lokalisiert. Dies liegt an einem relativ großen g-Wert und einer symmetrischen Form des ESR-Spektrums um den positiven Peak und den negativen Peak herum.

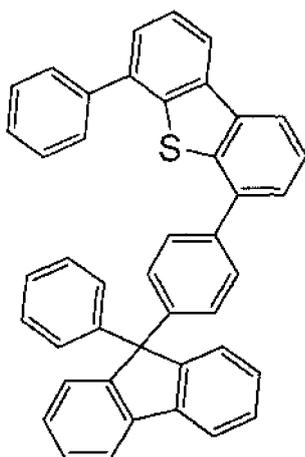
[0330] Auf dem Orbital, auf dem ungepaarte Elektronen existieren, fehlen Elektronen, d.h. Löcher werden erzeugt, und dies bedeutet, dass die Löcher auch lokalisiert sind. Daher verbleibt eine geringe Anzahl von Löchern, die an den Schwefelatomen erzeugt werden, auch an den Schwefelatomen und dienen wahrscheinlich nicht als Träger, die zur Leitung beitragen. Die obigen Betrachtungen legen nahe, dass es unwahrscheinlich ist, dass in DBT3P-II Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt, und auch wenn in dem DBT3P-II Löcher erzeugt werden, ist es unwahrscheinlich, dass diese als Träger dienen.

[0331] Das Verbundmaterial, enthaltend DBT3P-II, kann jedoch Löcher durch Anlegen von Spannung injizieren und/oder transportieren. Dies kann wie folgt erläutert werden. Das heißt, man kann annehmen, dass in solchen Verbundmaterialien, wie das der Proben 1 bis 6, durch das Anlegen von Spannung Molybdänoxid des Weiteren Elektronen von DBT3P-II entnimmt und ungepaarte Elektronen nicht an den Schwefelatomen sondern an Kohlenstoffatomen erzeugt werden (d.h. Löcher werden erzeugt). Die Löcher werden als delokalisiert betrachtet, aufgrund der π -Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen und bewegen sich durch ein konjugiertes System, welches sich über einen Dibenzothiophenring (oder einem Benzolring) erstreckt. Dies legt nahe, dass das Verbundmaterial, enthaltend DBT3P-II, ausgezeichnete Trägertransport- und/oder Trägerinjektionseigenschaften zeigen kann, unabhängig von der Tatsache, dass es unwahrscheinlich ist, dass Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt. Tatsächlich zeigt, wie in den obigen Beispielen beschrieben, ein lichtemittierendes Element, enthaltend das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, hohe Emissionseffizienz.

[0332] Wie oben beschrieben zeigt dieses Beispiel, dass es in dem Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unwahrscheinlich ist, dass Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt, und das Verbundmaterial kann das Auftreten von Lichtabsorption basierend auf Charge-Transfer-Wechselwirkung unterdrücken. Dieses Beispiel zeigt auch einen Mechanismus, durch welchen das Verbundmaterial einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgezeichnete Trägerinjektions- und/oder Trägertransporteigenschaften zeigt, unabhängig von der Tatsache, dass es unwahrscheinlich ist, dass Charge-Transfer-Wechselwirkung auftritt.

(Referenzbeispiel 1)

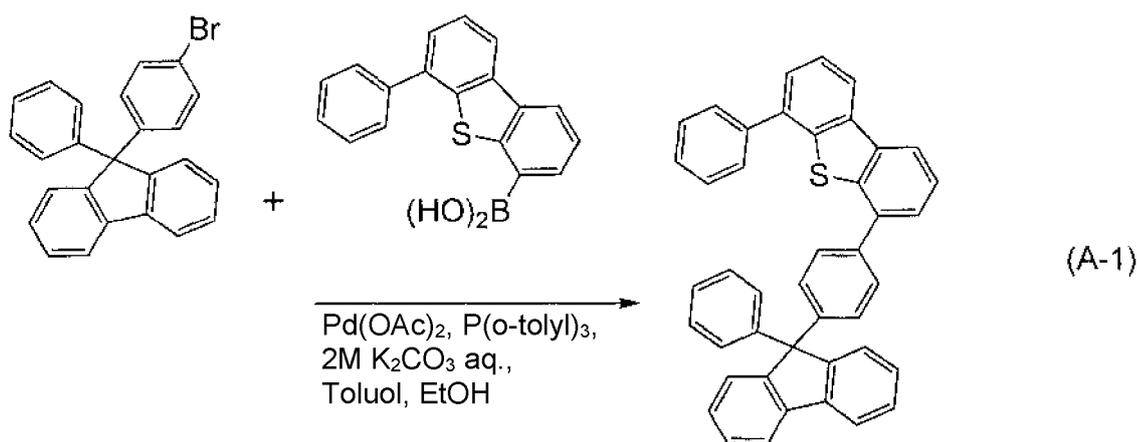
[0333] Ein Verfahren zur Synthese von 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben. Eine Struktur von DBTFLP-IV ist nachfolgend dargestellt.



DBTFLP-IV

[0334] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,6 g (4,0 mmol) 9-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-fluoren, 1,2 g (4,0 mmol) 4-Phenyl-dibenzothiophen-6-borsäure, 4,0 mg (20 μ mol) Palladium(II)acetat, 12 mg (40 μ mol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 30 ml Toluol, 3 ml Ethanol und 3 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung eingeführt. Diese Mischung wurde entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und anschließend durch Erhitzen und Rühren in einer Stickstoffatmosphäre bei 90 °C für 6 Stunden umgesetzt.

[0335] Nach der Reaktion wurden 150 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht wurde durch Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 540-00135), Aluminiumoxid (hergestellt von Merck & Co., Inc., neutral) und Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 531-16855) in dieser Reihenfolge filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Der erhaltene Rückstand wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (mit einem Laufmittel bzw. Fließmittel aus Toluol und Hexan in einem Verhältnis von 1:3). Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, und Aceton und Methanol wurden hinzugefügt. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 1,6 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 73 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem nachfolgenden (A-1) dargestellt.



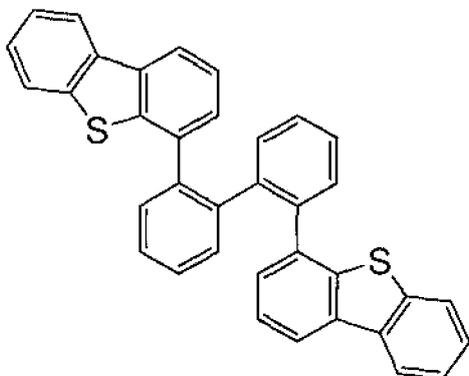
[0336] Die R_f-Werte der Substanz, die der Gegenstand der Synthese war, und von 9-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-fluoren betragen jeweils 0,40 und 0,48, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0337] Die Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als DBTFLP-IV identifiziert, welches der Gegenstand der Synthese war.

[0338] Die $^1\text{H-NMR}$ -Daten der erhaltenen Verbindung sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): 7,16-7,59 (m, 22H), 7,69-7,71 (m, 2H), 7,79 (d, $J = 7,5$ Hz, 2H), 8,14-8,18 (m, 2H).

(Referenzbeispiel 2)

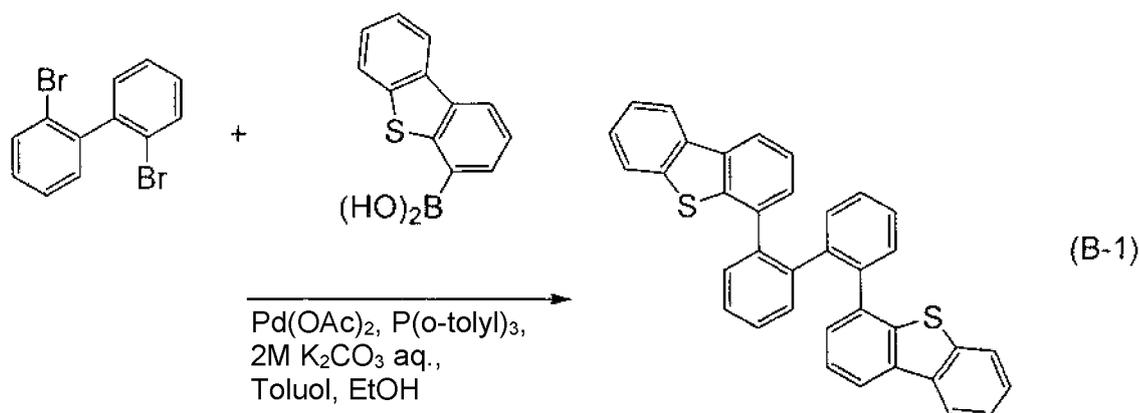
[0339] Ein Verfahren zur Synthese von 4,4'-(Biphenyl-2,2'-diyl)-bis-dibenzothiophen (Abkürzung: oDBTBP-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben. Eine Struktur von oDBTBP-II ist nachfolgend dargestellt.



oDBTBP-II

[0340] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,6 g (5,0 mmol) 2,2'-Dibrombiphenyl, 3,2 g (11 mmol) Dibenzothiophen-4-borsäure, 44 mg (0,2 mmol) Palladium(II)acetat, 120 mg (0,4 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 30 ml Toluol, 3 ml Ethanol und 20 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung eingeführt. Diese Mischung wurde entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und anschließend durch Erhitzen und Rühren in einer Stickstoffatmosphäre bei 90 °C für 10 Stunden umgesetzt.

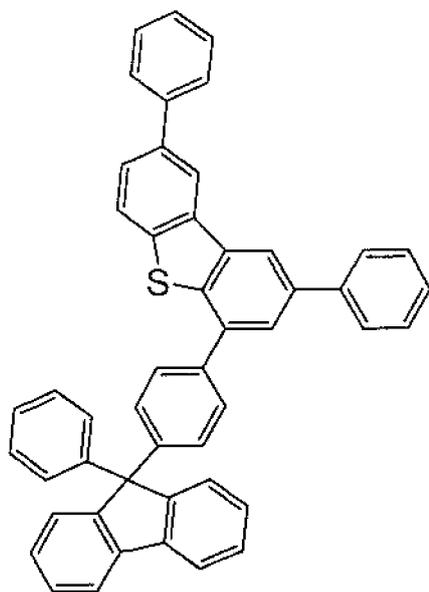
[0341] Nach der Reaktion wurden 150 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht wurde durch Florisil und Celite in dieser Reihenfolge filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Der erhaltene Rückstand wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (mit einem Laufmittel aus Toluol und Hexan in einem Verhältnis von 1:3). Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, und Methanol und Aceton wurden hinzugefügt. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 1,8 g eines weißen Pulvers aus oDBTBP-II mit einer Ausbeute von 69 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem folgenden (B-1) dargestellt.



[0342] Die R_f -Werte von oDBTBP-II und 2,2'-Dibrombiphenyl betragen jeweils 0,56 und 0,77, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

(Referenzbeispiel 3)

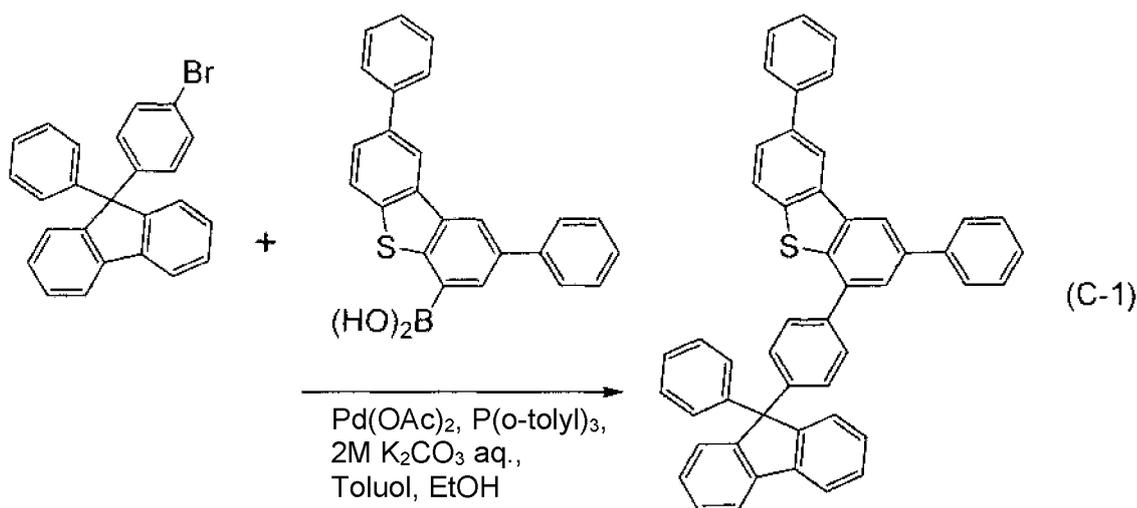
[0343] Ein Verfahren zur Synthese von 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-III), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben. Eine Struktur von DBTFLP-III ist nachfolgend dargestellt.



DBTFLP-III

[0344] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,6 g (4,0 mmol) 9-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-fluoren, 1,7 g (4,4 mmol) 2,8-Diphenyldibenzothiophen-4-borsäure, 11 mg (0,1 mmol) Palladium(II)acetat, 30 mg (0,1 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 30 ml Toluol, 3 ml Ethanol und 5 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung eingeführt. Diese Mischung wurde entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und anschließend durch Erhitzen und Rühren in einer Stickstoffatmosphäre bei 90 °C für 6,5 Stunden umgesetzt.

[0345] Nach der Reaktion wurden 150 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht wurde durch Florisil, Aluminiumoxid und Celite in dieser Reihenfolge filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Der erhaltene Rückstand wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (mit einem Laufmittel aus Toluol und Hexan in einem Verhältnis von 1:3). Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Aceton und Methanol wurden hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 2,3 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 90 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem nachfolgenden (C-1) dargestellt.



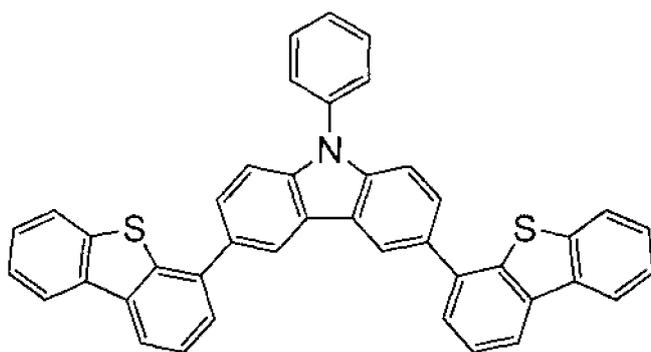
[0346] Die Rf-Werte der Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, und von 9-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-fluoren betragen jeweils 0,33 und 0,60, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0347] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als DBTFLP-III identifiziert, welches der Gegenstand der Synthese war.

[0348] Die $^1\text{H-NMR}$ -Werte der erhaltenen Verbindung sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): 7,23-7,52 (m, 20H), 7,65-7,76 (m, 8H), 7,81 (d, $J = 6,9$ Hz, 1H), 7,88 (d, $J = 8,1$ Hz, 1H), 8,40 (dd, $J = 11,7$ Hz, 1,5 Hz, 2H).

(Referenzbeispiel 4)

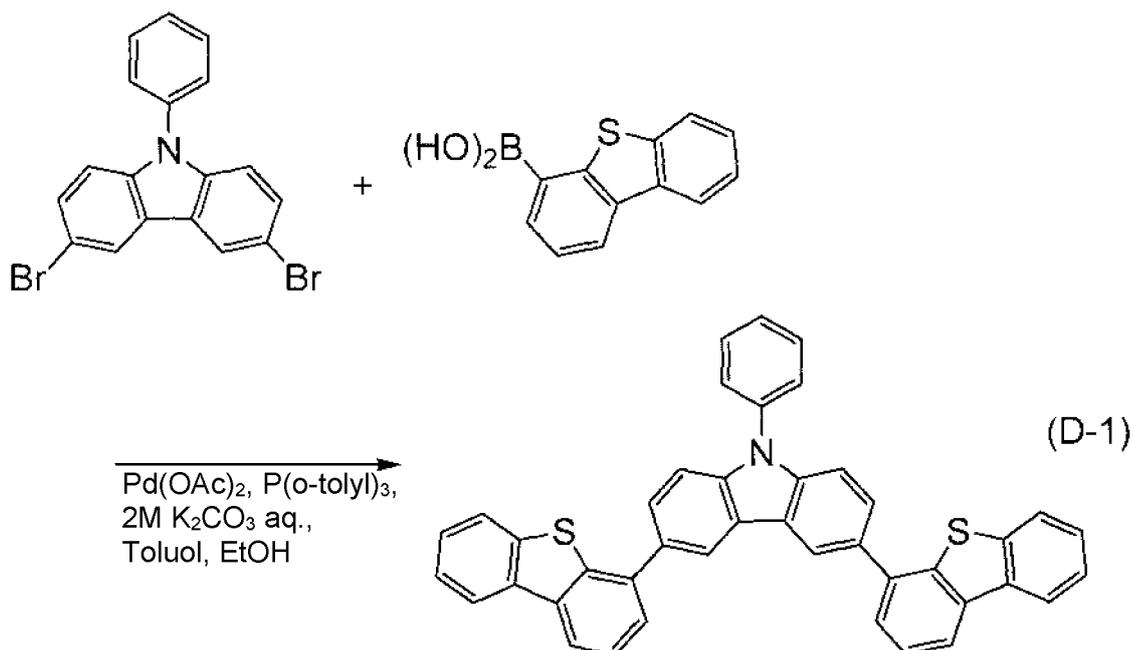
[0349] Ein Verfahren zur Synthese von 3,6-Di-(dibenzothiophen-4-yl)-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: DBT2PC-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben. Eine Struktur von DBT2PC-II ist nachfolgend dargestellt.



DBT2PC-II

[0350] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 2,0 g (5,0 mmol) 3,6-Dibrom-9-phenyl-9H-carbazol, 3,2 g (11 mmol) Dibenzothiophen-4-borsäure, 10 mg (0,1 mmol) Palladium(II)acetat, 30 mg (0,1 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 50 ml Toluol, 5 ml Ethanol und 7,5 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung eingeführt. Diese Mischung wurde entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und anschließend durch Erhitzen und Rühren in einer Stickstoffatmosphäre bei 90 °C für 6 Stunden umgesetzt. Nach der Reaktion wurde die Reaktionsmischungslösung auf Raumtemperatur abgekühlt und filtriert, um einen Rückstand zu erhalten, während sie mit Wasser, Ethanol, Toluol und Hexan in dieser Reihenfolge gewaschen wurde. Der erhaltene Rückstand wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (mit einem Laufmittel aus Toluol und Hexan in einem Verhältnis von 1:3). Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Aceton und

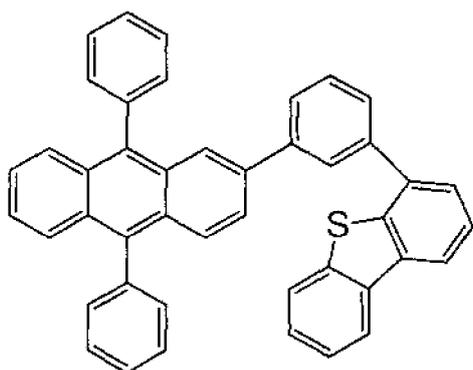
Ethanol wurden hinzugefügt. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 1,4 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 47 % zu erhalten. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem nachfolgenden (D-1) dargestellt.



[0351] Das erhaltene weiße Pulver wurde einer Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie unterworfen. Die Messdaten sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 7,44-7,70 (m, 15H), 7,82-7,86 (m, 4H), 8,15-8,22 (m, 4H), 8,57 (d, $J = 1,5$ Hz, 2H).

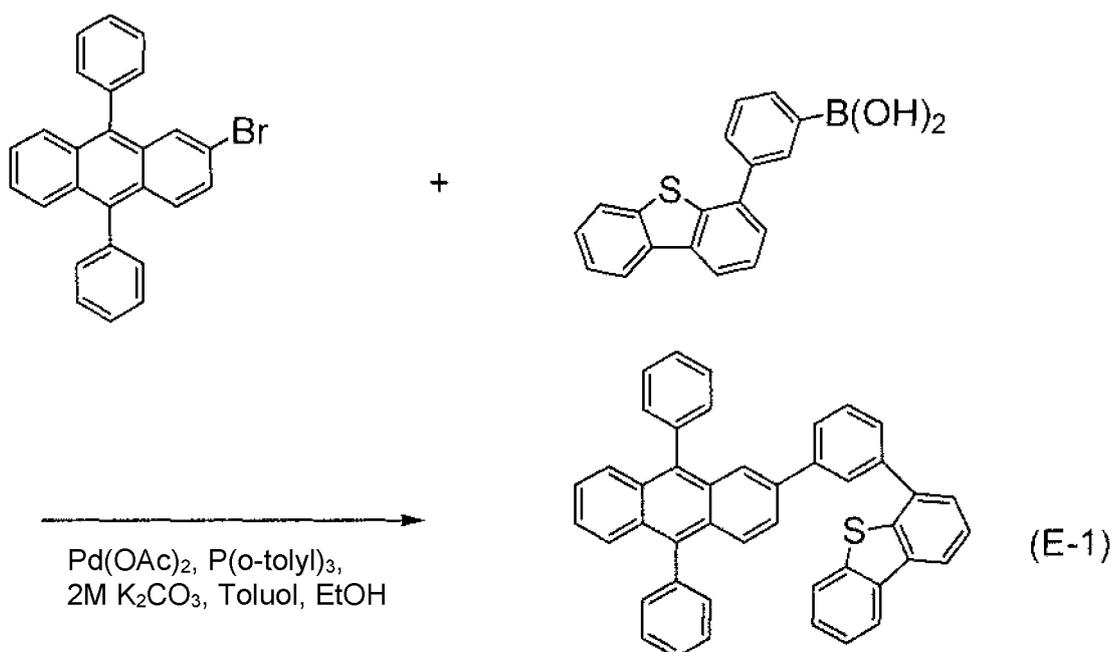
(Referenzbeispiel 5)

[0352] Ein Verfahren zur Synthese von 4-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: 2mDBTPPA-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben. Eine Struktur von 2mDBTPPA-II ist nachfolgend dargestellt.



2mDBTPPA-II

[0353] Das Verfahren zur Synthese von emDBTPPA-II ist durch das Syntheschema (E-1) dargestellt, und die detaillierte Reaktion der Synthese wird nachfolgend angeführt.



[0354] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,6 g (4,0 mmol) 2-Brom-9,10-diphenylantracen, 1,2 g (4,0 mmol) 3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenylborsäure und 0,30 g (1,0 mmol) Tri(orthotolyl)phosphin eingeführt. Die Luft in dem Behälter wurde durch Stickstoff ersetzt. Zu dieser Mischung wurden 25 ml Toluol, 5,0 ml Ethanol und 5,0 ml einer 2,0 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung zugegeben. Während der Druck reduziert wurde, wurde die Mischung durch Rühren entgast.

[0355] Anschließend wurden 45 mg (0,20 mmol) Palladium(II)acetat zu dieser Mischung zugegeben und die Mischung wurde in einem Stickstoffstrom bei 80 °C 5 Stunden gerührt. Anschließend wurde die wässrige Schicht der Mischung mit Toluol extrahiert und die Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Natriumchloridlösung gewaschen. Die organische Schicht wurde mit Magnesiumsulfat getrocknet. Anschließend wurde diese Mischung durch Schwerkraft filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Die erhaltene ölige Substanz wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Die Chromatographie wurde unter Verwendung eines gemischten Lösungsmittels aus Hexan und Toluol in einem Verhältnis von 5:1, als ein Laufmittel, durchgeführt. Der erhaltene Festkörper wurde mit einem gemischten Lösungsmittel aus Toluol und Hexan rekristallisiert, um 1,6 g eines gelben Pulvers mit einer Ausbeute von 70 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war.

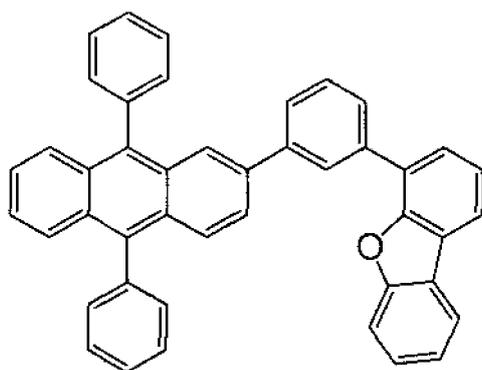
[0356] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden die 1,6 g des erhaltenen gelben Pulver-Feststoff gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Pulver-Feststoff auf 290 °C unter einem Druck von 3,0 Pa mit einer Argon-Flussrate von 4,0 ml/min erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 1,4 g eines gelben Feststoffes, welcher der Gegenstand der Synthese war, mit einer Ausbeute von 87 % erhalten.

[0357] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als 4-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: 2mDBTPPA-II) identifiziert, welches der Gegenstand der Synthese war.

[0358] Die ¹H-NMR-Werte der erhaltenen Substanz sind wie folgt: ¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz): δ = 7,33 (q, J₁ = 3,3 Hz, 2H), 7,46-7,73 (m, 20H), 7,80-7,87 (m, 2H), 7,99 (st, J₁ = 1,8 Hz, 1H), 8,03 (sd, J₁ = 1,5 Hz, 1H), 8,14-8,20 (m, 2H).

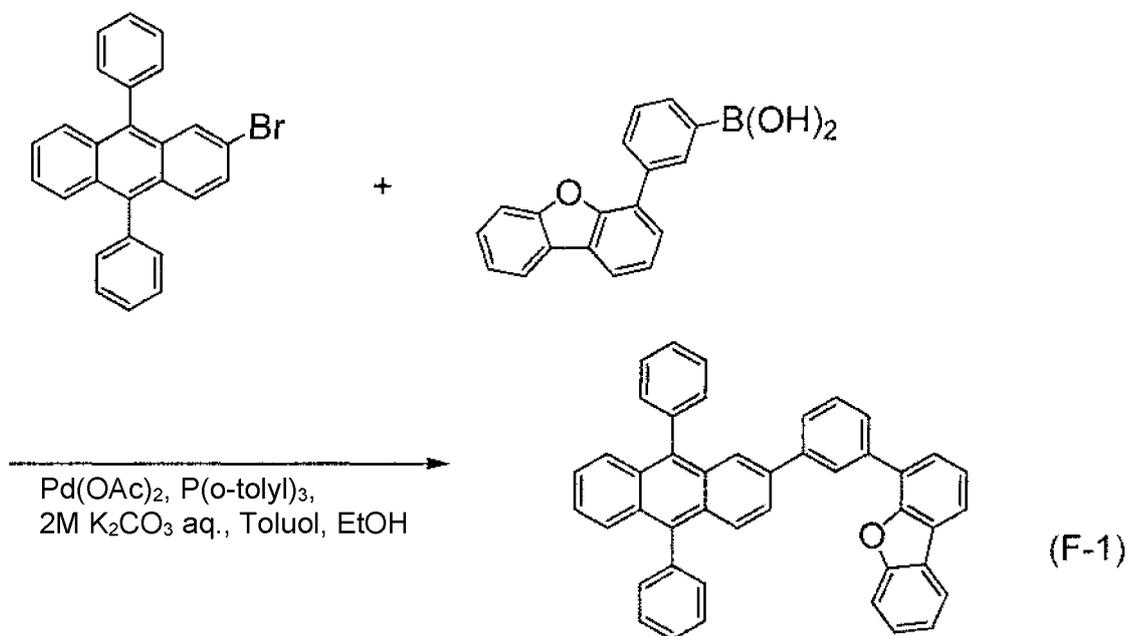
(Referenzbeispiel 6)

[0359] Ein Verfahren zur Synthese von 4-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]dibenzofuran (Abkürzung: 2mDBFPPA-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben. Eine Struktur von 2mDBFPPA-II ist nachfolgend dargestellt.



2mDBFPPA-II

[0360] Das Verfahren zur Synthese von 2mDBFPPA-II ist durch das Syntheschema (F-1) dargestellt, und die detaillierte Reaktion der Synthese wird nachfolgend beschrieben.



[0361] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,2 g (3,0 mmol) 2-Brom-9,10-diphenylanthracen, 0,87 g (3,0 mmol) 3-(Dibenzofuran-4-yl)phenylborsäure und 0,23 g (0,75 mmol) Tri(orthotolyl)phosphin eingeführt. Die Luft in dem Behälter wurde durch Stickstoff ersetzt. Zu dieser Mischung wurden 15 ml Toluol, 5,0 ml Ethanol und 3,0 ml einer 2,0 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung zugegeben. Während der Druck reduziert wurde, wurde die Mischung durch Rühren entgast.

[0362] Anschließend wurden 34 mg (0,15 mmol) Palladium(II)acetate zu der Mischung zugegeben und die Mischung wurde unter einem Stickstoffstrom bei 80 °C für 4 Stunden gerührt. Danach wurde die wässrige Schicht dieser Mischung mit Ethylacetat extrahiert und die Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit gesättigter wässriger Natriumchloridlösung gewaschen. Die organische Schicht wurde mit Magnesiumsulfat getrocknet. Anschließend wurde diese Mischung durch Schwerkraft filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und der erhaltene Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Die Chromatographie wurde unter Verwendung eines gemischten Lösungsmittels aus Hexan und Toluol in einem Verhältnis von 5:1, als ein Laufmittel, durchgeführt. Der erhaltene Feststoff wurde mit einem gemischten Lösungsmittel aus Toluol und Hexan rekristallisiert, um 1,4 g eines gelben Pulvers mit einer Ausbeute von 79 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war.

[0363] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden die 1,4 g des erhaltenen gelben Pulver-Feststoffes gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Pulver-Feststoff auf 270 °C unter einem Druck von

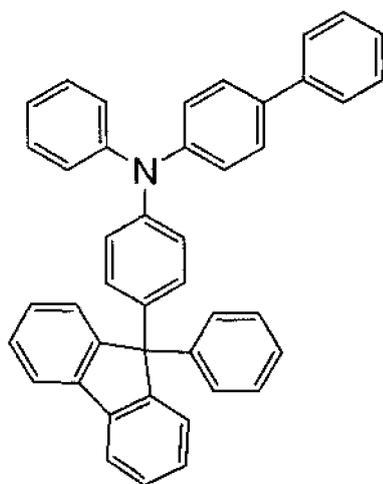
3,0 Pa mit einer Argon-Flussrate von 4,0 ml/min erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 1,1 g eines gelben Feststoffes, welches der Gegenstand der Synthese war, mit einer Ausbeute von 81 % erhalten.

[0364] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als 4-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]dibenzofuran (Abkürzung: 2mDBFPPA-II) identifiziert, welches der Gegenstand der Synthese war.

[0365] Die $^1\text{H-NMR}$ -Werte der erhaltenen Substanz sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): $\delta = 7,31-7,67$ (m, 19H), 7,69-7,73 (m, 3H), 7,80-7,86 (m, 2H), 7,95 (dd, $J_1 = 0,90$ Hz, $J_2 = 1,8$ Hz, 1H), 7,98-8,01 (m, 2H), 8,07 (s, 1H).

(Referenzbeispiel 7)

[0366] Ein Verfahren zur Synthese von 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird spezifisch beschrieben. Eine Struktur von BPAFLP ist nachfolgend dargestellt.



BPAFLP

<Schritt 1: Verfahren zur Synthese von 9-(4-Bromphenyl)-9-phenylfluoren>

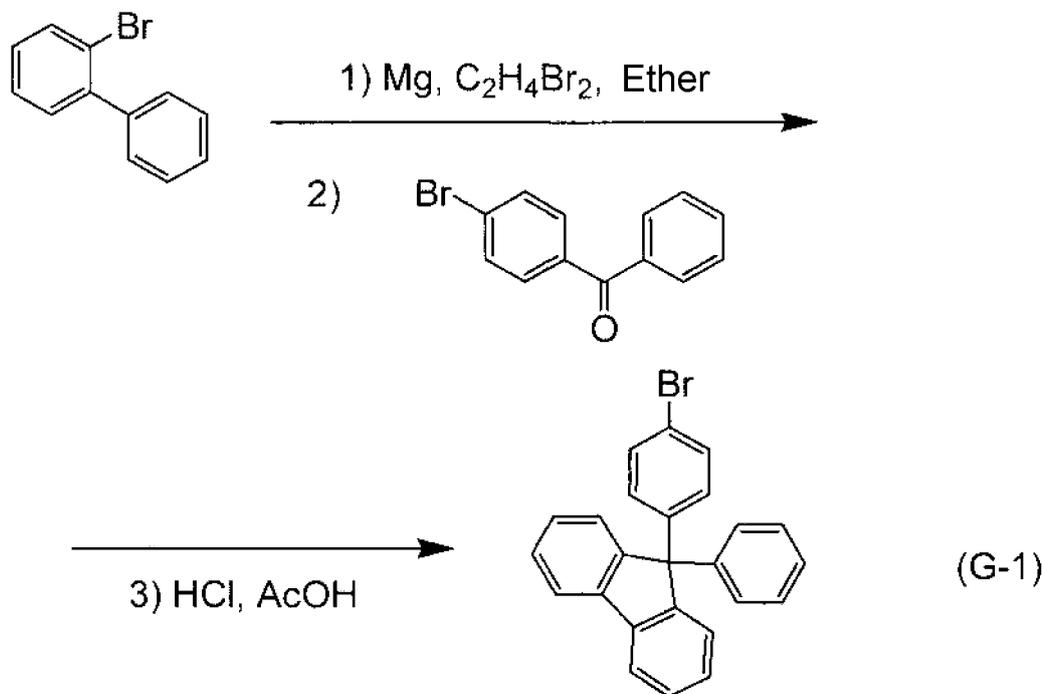
[0367] In einem 100 ml Dreihalskolben wurde 1,2 g (50 mmol) Magnesium durch Erhitzen und Rühren für 30 Minuten unter reduziertem Druck aktiviert. Das aktivierte Magnesium wurde auf Raumtemperatur abgekühlt und dem Behälter wurde eine Stickstoffatmosphäre zugeführt. Anschließend wurden einige Tropfen Dibromethan zugegeben, so dass Schaumbildung und Wärmeerzeugung bestätigt wurden. Nachdem 12 g (50 mmol) 2-Brombiphenyl, aufgelöst in 10 ml Diethylether, tropfenweise zu dieser Mischung zugegeben wurden, wurde die Mischung unter Reflux für 2,5 Stunden erwärmt und gerührt, so dass ein Grignard-Reagenz hergestellt wurde.

[0368] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 10 g (40 mmol) 4-Brombenzophenon und 100 ml Diethylether eingeführt. Nachdem das Grignard-Reagenz, welches zuvor synthetisiert wurde, langsam tropfenweise der Mischung zugegeben wurde, wurde die Mischung erwärmt und unter Reflux für 9 Stunden gerührt.

[0369] Nach der Reaktion wurde die Mischungslösung filtriert, um einen Rückstand zu erhalten. Der erhaltene Rückstand wurde in 150 ml Ethylacetat aufgelöst und 1N-Salzsäure wurde zu der Mischung zugegeben, bis diese sauer war, welche anschließend für 2 Stunden gerührt wurde. Die organische Schicht dieser Flüssigkeit wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat wurde hinzugefügt, um die Feuchtigkeit zu entfernen. Die Suspension wurde filtriert und das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine hochviskose Substanz zu erhalten.

[0370] In einen 500 ml Rückgewinnungskolben wurden diese hochviskose Substanz eingeführt, 50 ml Eisessig und 1,0 ml Salzsäure eingeführt. Die Mischung wurde unter Rühren und Erhitzen auf 130 °C für 1,5 Stunden in einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

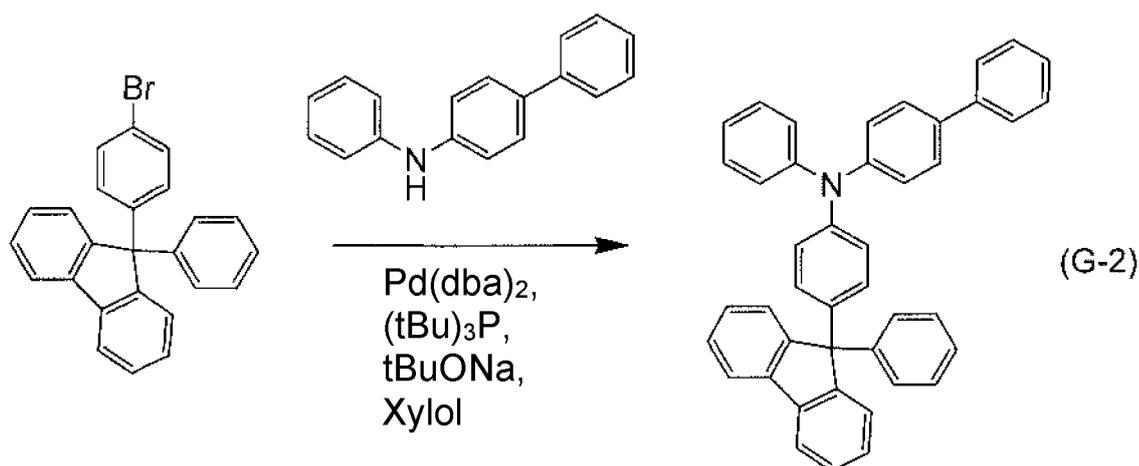
[0371] Nach der Reaktion wurde die Reaktionsmischungslösung filtriert, um einen Rückstand zu erhalten. Der erhaltene Rückstand wurde mit Wasser, einer wässrigen Natriumhydroxidlösung, Wasser und Methanol in dieser Reihenfolge gewaschen. Anschließend wurde die Mischung getrocknet, so dass die Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, als 11 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 69 % erhalten wurde. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in der folgenden (G-1) dargestellt.



<Schritt 2: Herstellung der Synthese von 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP)>

[0372] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 3,2 g (8,0 mmol) 9-(4-Bromphenyl)-9-phenylfluoren, 2,0 g (8,0 mmol) 4-Phenyl-diphenylamin, 1,0 g (10 mmol) Natrium-tert-butoxid und 23 mg (0,04 mmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) eingeführt und die Luft in dem Behälter wurde durch Stickstoff ersetzt. Anschließend wurden 20 ml dehydriertes Xylol zu der Mischung zugegeben. Danach wurde die Mischung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, 0,2 ml (0,1 mmol) Tri(tert-butyl)phosphin (eine 10 gew.-%ige Hexanlösung) wurde zu der Mischung zugegeben. Die Mischung wurde unter Rühren und Erhitzen auf 110 °C in einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0373] Nach der Reaktion wurden 200 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die Suspension wurde durch Florisil und Celite gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und die resultierende Substanz wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt (mit einem Laufmittel aus Toluol und Hexan in einem Verhältnis von 1:4). Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Aceton und Methanol wurden hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, so dass die Substanz, welche Gegenstand der Synthese war, als 4,1 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 92 % erhalten wurde. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem nachfolgenden (G-2) dargestellt.



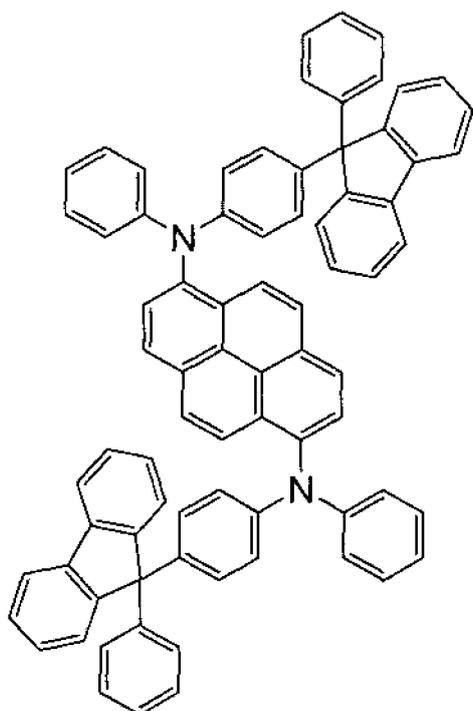
[0374] Die Rf-Werte der Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, von 9-(4-Bromphenyl)-9-phenylfluoren und von 4-Phenyl-diphenylamin betragen jeweils 0,41, 0,51 und 0,27, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0375] Die in Schritt 2, wie oben beschrieben, erhaltene Verbindung wurde einer Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie unterworfen. Die Messwerte sind nachfolgend dargestellt. Die Messergebnisse zeigen, dass die erhaltene Verbindung BPAFLP (Abkürzung) war, welches ein Fluorderivat ist.

[0376] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 6,63-7,02 (m, 3H), 7,06-7,11 (m, 6H), 7,19-7,45 (m, 18H), 7,53-7,55 (m, 2H), 7,75 (d, $J = 6,9$ Hz, 2H).

(Referenzbeispiel 8)

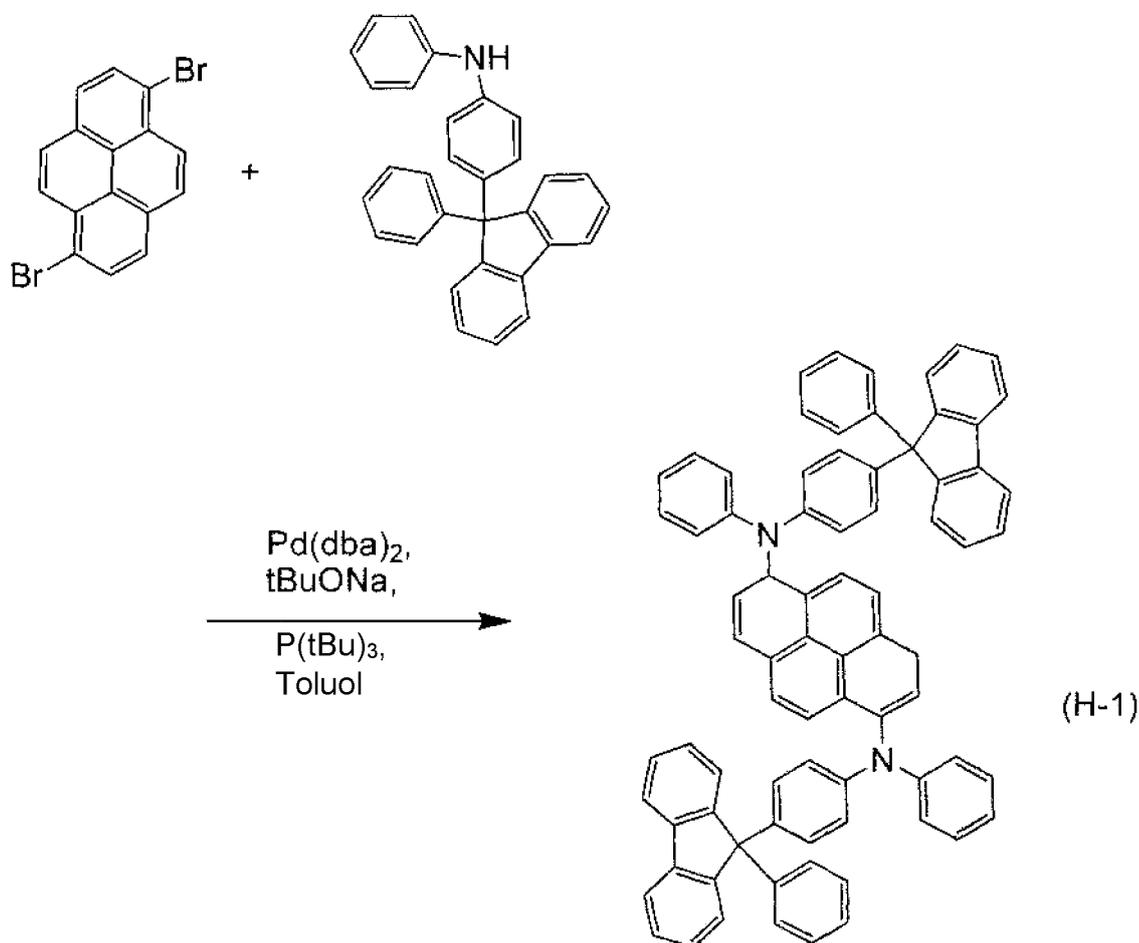
[0377] Ein Verfahren zur Synthese von N,N'-Bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylpyrrol-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6 FLPAPrn), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird spezifisch beschrieben. Eine Struktur von 1,6 FLPAPrn ist nachfolgend dargestellt.



1,6 FLPAPrn

[0378] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 3,0 g (8,3 mmol) 1,6-Dibrompyrol und 6,8 g (17 mmol) 4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)diphenylamin (Abkürzung: FLPA) eingeführt. Die Luft in dem Behälter wurde durch Stickstoff ersetzt. Zu dieser Mischung wurden 100 ml Toluol, 0,10 ml 10 Gew.-%ige Hexanlösung von Tri(tert-butyl)phosphin und 2,4 g (25 mmol) Natrium-tert-butoxid zugegeben. Die Mischung wurde entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Die Mischung wurde auf 80 °C erhitzt und nach der Bestätigung, dass sich das Material aufgelöst hatte, wurden 48 mg (0,083 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium (0) zugegeben. Die Mischung wurde bei 80 °C für 1,5 Stunden gerührt. Nach dem Rühren wurde der ausgefallte gelbe Feststoff durch Saugfiltration ohne Abkühlen der Mischung gesammelt. Der erhaltene Feststoff wurde in 3 l Toluol suspendiert und auf 110 °C erhitzt. Die Suspension wurde durch Aluminiumoxid, Celite und Florisil gefiltert, während die Temperatur der Suspension auf 110 °C gehalten wurde. Des Weiteren wurde die Suspension mit 200 ml Toluol verarbeitet, welches auf 110 °C erhitzt wurde. Das resultierende Filtrat wurde auf ungefähr 300 ml konzentriert, welches anschließend rekristallisiert wurde. Entsprechend wurden 5,7 g der Substanz, welche Gegenstand der Synthese war, mit einer Ausbeute von 67 % erhalten.

[0379] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 3,56 g des erhaltenen gelben Feststoffes gereinigt. Unter einem Druck von 5,0 Pa mit einer Argon-Flussrate von 5,0 ml/min wurde die Sublimationsreinigung bei 353 °C durchgeführt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 2,54 g eines gelben Feststoffes, welcher Gegenstand der Synthese war, mit einer Ausbeute von 71 % erhalten. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem nachfolgenden (H-1) dargestellt.

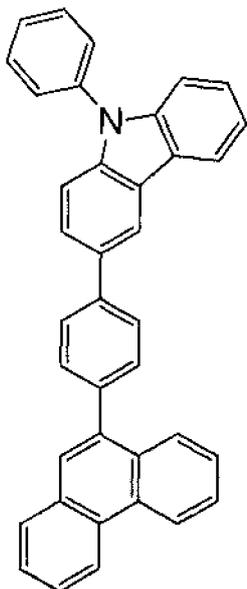


[0380] Die in dem Synthesebeispiel erhaltene Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie und Massenspektroskopie als N,N'-Bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylpyrol-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6 FLPAPrn) identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0381] Die $^1\text{H-NMR}$ -Werte, der in dem obigen Synthesebeispiel erhaltenen Verbindung, sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): $\delta = 6,88\text{-}6,91$ (m, 6H), $7,00\text{-}7,03$ (m, 8H), $7,13\text{-}7,40$ (m, 26H), $7,73\text{-}7,80$ (m, 6H), $7,87$ (d, $J = 9,0$ Hz, 2H), $8,06\text{-}8,09$ (m, 4H).

(Referenzbeispiel 9)

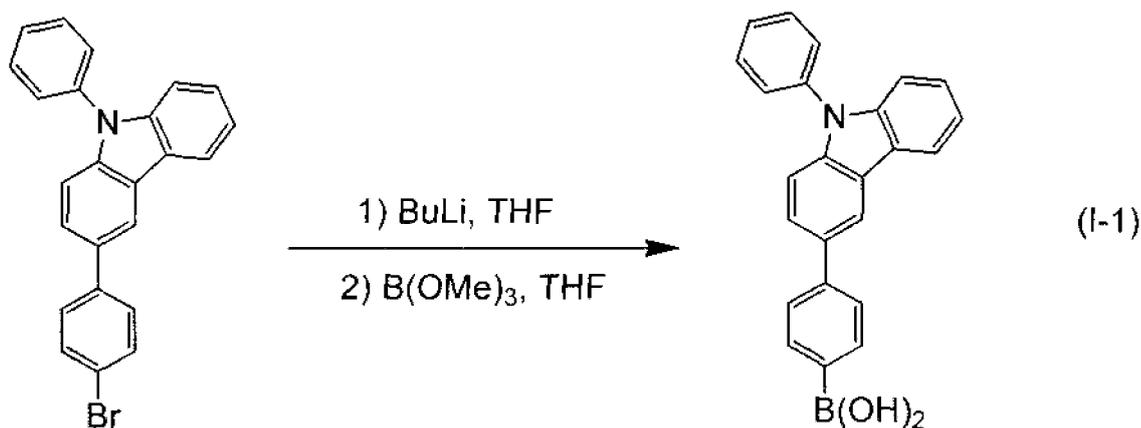
[0382] Ein Verfahren zur Synthese von 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn) wird spezifisch beschrieben. Eine Struktur von PCPPn ist nachfolgend dargestellt.



PCPPn

<Schritt 1: Verfahren zur Synthese von 4-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenylborsäure>

[0383] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 8,0 g (20 mmol) 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol eingeführt, die Atmosphäre in dem Behälter wurde durch Stickstoff ersetzt, 100 ml dehydriertes Tetrahydrofuran (Abkürzung: THF) wurden zugegeben und die Temperatur wurde auf -78 °C verringert. Zu dieser Mischung wurden 15 ml (24 mmol) einer 1,65 mol/l n-Butyllithiumhexanlösung getropft, und die Mischungslösung mit der zugegebenen n-Butyllithiumhexanlösung wurde für 2 Stunden gerührt. Zu dieser Mischung wurde 3,4 ml (30 mmol) Trimethylborat zugegeben und die Mischung wurde bei -78 °C 2 Stunden gerührt und bei Raumtemperatur für 18 Stunden. Nach der Reaktion wurde eine 1M verdünnte Salzsäure zu dieser Reaktionslösung zugegeben, bis die Lösung sauer wurde, und die Lösung mit der zugegebenen verdünnten Salzsäure wurde für 7 Stunden gerührt. Die Lösung wurde einer Extraktion mit Ethylacetat unterworfen und die erhaltene organische Schicht wurde mit einer gesättigten wässrigen Natriumchloridlösung gewaschen. Nach dem Waschen wurde Magnesiumsulfat zu der organischen Schicht zugegeben, um Feuchtigkeit zu adsorbieren. Diese Suspension wurde filtriert und das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und Hexan wurde hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 6,4 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 88 % zu erzielen, welches der Gegenstand der Synthese war. Ein Reaktionsschema des oben beschriebenen Schritts 1 ist in dem folgenden (I-1) dargestellt.

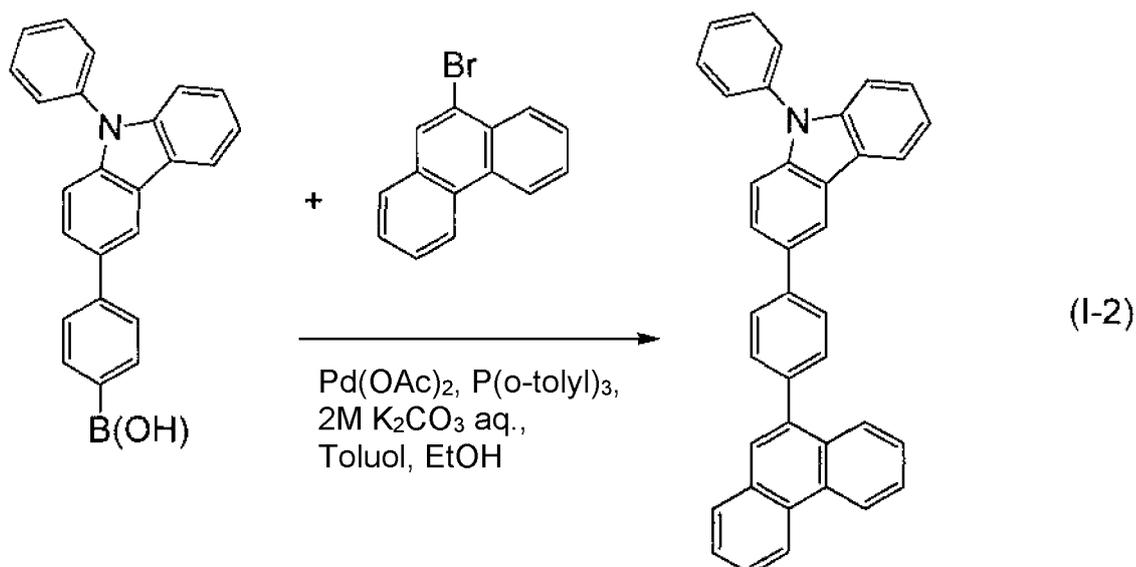


[0384] Die Rf-Werte der Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, und von 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol betragen jeweils 0 (Ursprung) und 0,53, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem 1:10-Verhältnis). Zusätzlich betragen die Rf-Werte des Gegenstands der Synthese und von 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol jeweils 0,72 und 0,93, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) unter Verwendung von Ethylacetat als ein Laufmittel.

<Schritt 2: Verfahren zur Synthese von 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn)>

[0385] In einem 200 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung aus 1,5 g (5,0 mmol) 9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl-phenyl-4-borsäure, 3,2 g (11 mmol) 9-Bromphenanthren, 11 mg (0,1 mmol) Palladium(II)acetat, 30 mg (0,1 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 30 ml Toluol, 3 ml Ethanol und 5 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde und durch Rühren und Erhitzen auf 90 °C für 6 Stunden unter einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0386] Nach der Reaktion wurden 200 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht der Mischungslösung wurde durch Florisil, Aluminiumoxid und Celite gefiltert. Das erhaltene Filtrat wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat hinzugefügt, so dass die Feuchtigkeit adsorbiert wurde. Diese Suspension wurde filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und durch Kieselgel-Säulenchromatografie gereinigt. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Hexan (Toluol:Hexan = 1:4) als ein Laufmittel für die Chromatografie verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Aceton und Methanol wurden hinzugefügt. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, so dass die Substanz, welche Gegenstand der Synthese war, als 2,2 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 75 % erhalten wurde. Ein Reaktionsschema des Schritts 2 ist in dem folgenden (I-2) dargestellt.

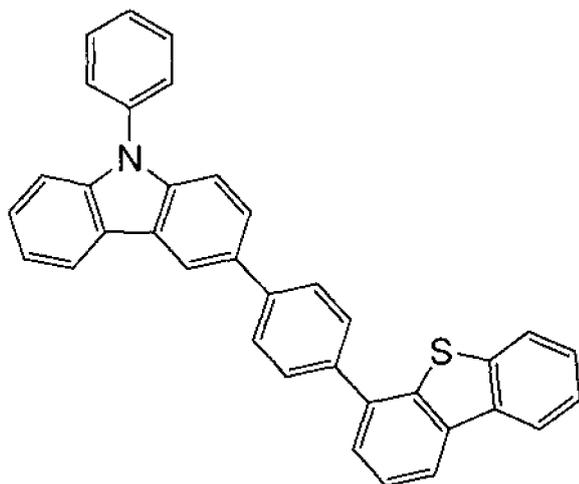


[0387] Die Rf-Werte der Substanz, welche Gegenstand der Synthese war, und von 9-Bromphenanthren betragen jeweils 0,33 und 0,70, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0388] Die erhaltene Verbindung wurde einer Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie unterworfen. Die Messdaten sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 7,30-7,35 (m, 11H), 7,43-7,78 (m, 16H), 7,86-7,93 (m, 3H), 8,01 (dd, $J = 0,9$ Hz, 7,8 Hz, 1H), 8,23 (d, $J = 7,8$ Hz, 1H), 8,47 (d, $J = 1,5$ Hz, 1H), 8,74 (d, $J = 8,1$ Hz, 1H), 8,80 (d, $J = 7,8$ Hz, 1H).

(Referenzbeispiel 10)

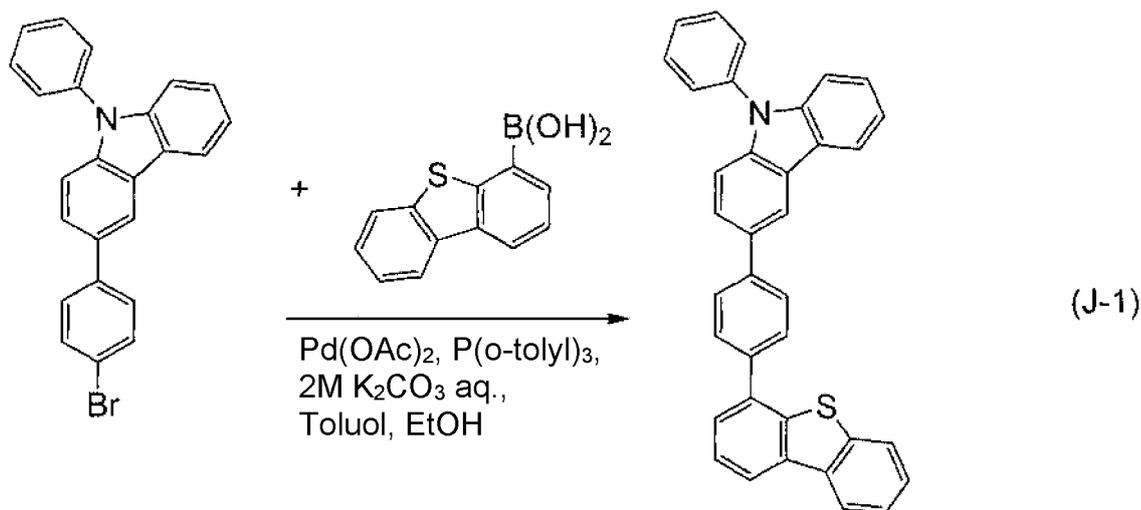
[0389] Ein Verfahren zur Synthese von 3-[4-(Dibenzothiophen-4-yl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: DBTPPC-II) wird spezifisch beschrieben. Eine Struktur von DBTPPC-II ist nachfolgend dargestellt.



DBTPPC-II

[0390] In einem 100 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung 2,4 g (6,0 mmol) 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol, 1,7 g (6,0 mmol) Dienthiophen-4-borsäure, 13 mg (0,1 mmol) Palladium(II)acetat, 36 mg (0,1 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 20 ml Toluol, 3 ml Ethanol und 5 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde und unter Rühren und Erhitzen auf 90 °C für 4 Stunden unter Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0391] Nach der Reaktion wurden 200 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben, und die organische Schicht der Mischungslösung wurde durch Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 540-00135), Aluminiumoxid (hergestellt von Merck & Co., Inc., neutral) und Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 531-16855) filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat wurde hinzugefügt, so dass die Feuchtigkeit adsorbiert wurde. Diese Suspension wurde filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Hexan (Toluol:Hexan = 1:4) wurde als ein Laufmittel für die Chromatografie verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Aceton und Methanol wurden hinzugefügt. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, so dass 2,3 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 77 % erhalten wurden. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem folgenden (J-1) dargestellt.



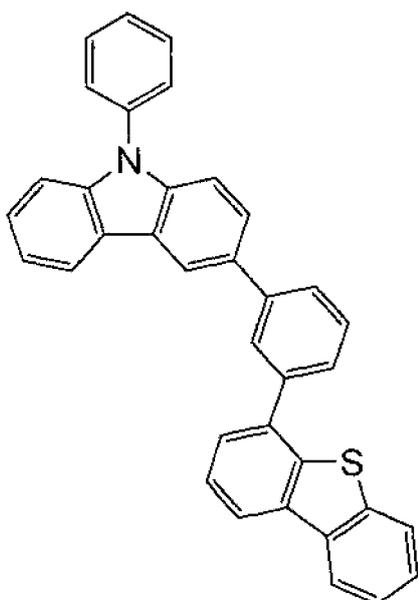
[0392] Die Rf-Werte des weißen Pulvers, erhalten durch die obige Reaktion, und von 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol betragen jeweils 0,40 und 0,60, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0393] Das durch die obige Reaktion erhaltene weiße Pulver wurde einer Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie unterworfen. Die Messdaten sind nachfolgend dargestellt. Aus den Messdaten wurde das durch die obige Reaktion erhaltene weiße Pulver als DBTPPC-II identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0394] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 7,30-7,36 (m, 1H), 7,44-7,52 (m, 6H), 7,55-7,67 (m, 6H), 7,75 (dd, $J = 8,7$ Hz, 1,5 Hz, 1H), 7,85-7,88 (m, 5H), 8,16-8,24 (m, 3H), 8,46 (d, $J = 1,5$ Hz, 1H).

(Referenzbeispiel 11)

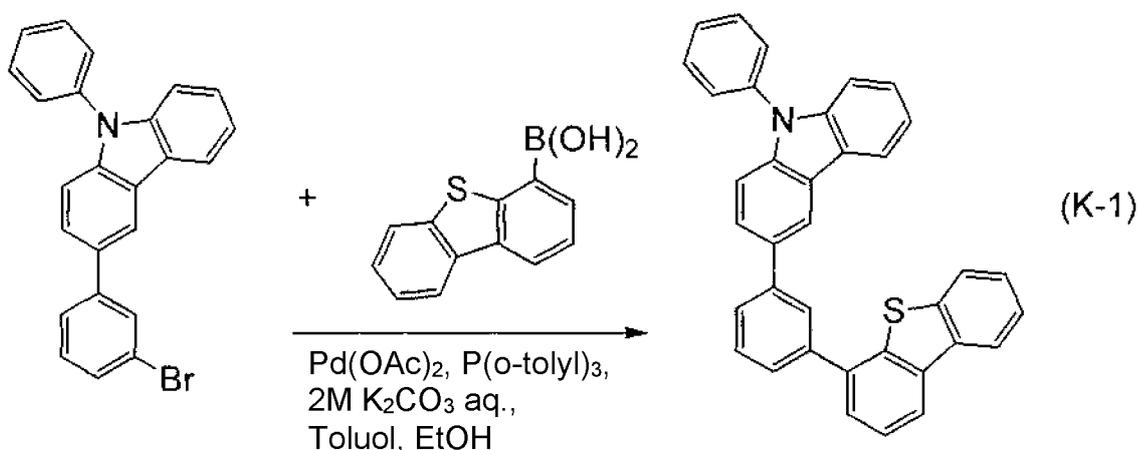
[0395] Ein Verfahren zur Synthese von 3-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: mDBTPPC-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird spezifisch beschrieben. Ein Struktur von mDBTPPC-II ist nachfolgend dargestellt.



mDBTPPC-II

[0396] In einem 100 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung aus 2,4 g (6,0 mmol) 3-(3-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol, 1,7 g (6,0 mmol) Dienzothiophen-4-borsäure, 13 mg (0,1 mmol) Palladium(II)acetat, 36 mg (0,1 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 20 ml Toluol, 3 ml Ethanol und 5 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde und unter Rühren und Erhitzen auf 90 °C für 6 Stunden unter einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0397] Nach der Reaktion wurden 200 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben, und die organische Schicht der Mischungslösung wurde durch Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 540-00135), Aluminiumoxid (hergestellt von Merck & Co., Inc., neutral) und Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 531-16855) filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat wurde hinzugegeben, so dass die Feuchtigkeit adsorbiert wurde. Diese Suspension wurde filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Hexan (Toluol:Hexan = 1:4) wurde als ein Laufmittel für die Chromatografie verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Aceton und Hexan wurden hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, so dass 2,6 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 87 % erhalten wurden. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem folgenden (K-1) dargestellt.



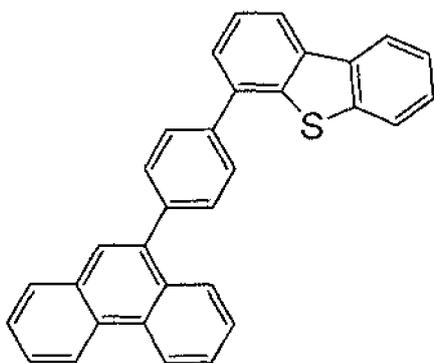
[0398] Die Rf-Werte des weißen Pulvers, welches durch die obige Reaktion erhalten wurde, und von 3-(3-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol betragen jeweils 0,38 und 0,54, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0399] Das durch die obige Reaktion erhaltene weiße Pulver wurde einer Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie unterworfen. Die Messdaten sind nachfolgend dargestellt. Aus den Messdaten wurde das durch die obige Reaktion erhaltene weiße Pulver als mDBTPPC-II identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0400] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 7,27-7,33 (m, 1H), 7,41-7,51 (m, 6H), 7,58-7,65 (m, 7H), 7,70-7,86 (m, 4H), 8,12 (t, $J = 1,5$ Hz, 1H), 8,17-8,22 (m, 3H), 8,44 (d, $J = 1,8$ Hz, 1H).

(Referenzbeispiel 12)

[0401] Ein Verfahren zur Synthese von 4-[4-(9-Phenanthryl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTPPn-II) wird spezifisch beschrieben. Eine Struktur von DBTPPn-II wird nachfolgend dargestellt.

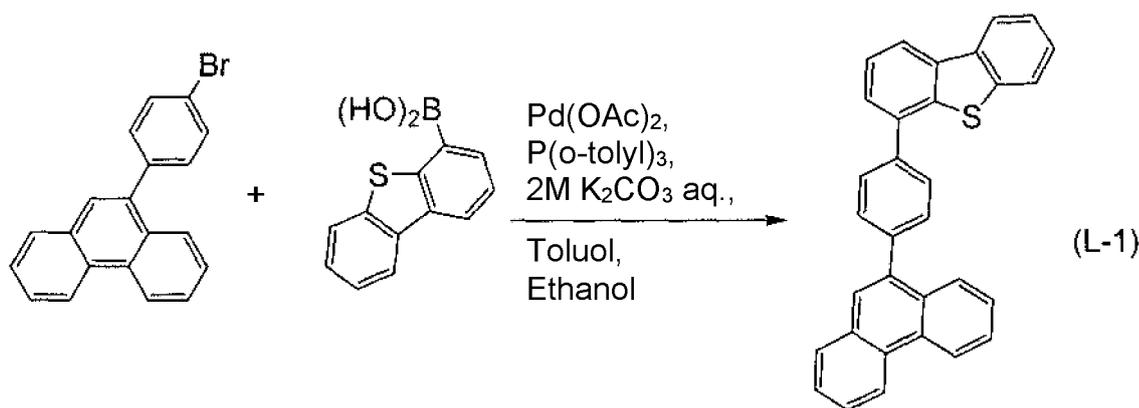


DBTPPn-II

[0402] In einen 50 ml Dreihalskolben wurden 1,2 g (3,6 mmol) 9-(4-Bromphenyl)phenanthren, 0,8 g (3,5 mmol) Dibenzothiophen-4-borsäure und 53 mg (0,2 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin eingeführt. Die Luft in dem Behälter wurde durch Stickstoff ersetzt. Zu dieser Mischung wurden 3,5 ml einer 2,0 M wässrigen Kaliumcarbonatlösung, 13 ml Toluol und 4,0 ml Ethanol zugegeben. Die Mischung wurde entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Anschließend wurden 8,0 mg (36 μmol) Palladium(II)acetat zu dieser Mischung zugegeben und die Mischung wurde unter einem Stickstoffstrom bei 80 °C für 7 Stunden gerührt. Nachdem eine vorbestimmte Zeit verstrichen war, wurde eine organische Substanz von der wässrigen Schicht der erhaltenen Mischung durch Toluol extrahiert.

[0403] Die Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden kombiniert und mit einer gesättigten wässrigen Natriumchloridlösung gewaschen und mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde durch Schwerkraftfiltration getrennt und das Filtrat wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Diese ölige Substanz wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Die Säulenchromatografie wurde unter Verwendung eines Laufmittels aus Hexan und Toluol in einem Verhältnis von 20:1 durchgeführt. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert, um eine ölige Substanz zu erhalten. Diese ölige Substanz wurde mit einem gemischten Lösungsmittel aus Toluol und Hexan rekristallisiert, so dass die Mischung, welche Gegenstand der Synthese war, als 0,8 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 53 % erhalten wurde.

[0404] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,8 g des erhaltenen weißen Pulvers gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde das weiße Pulver auf 240 °C unter einem reduzierten Druck von 2,4 Pa mit einer Argon-Flussrate von 5 ml/min erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,7 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 88 % erhalten. Das oben beschriebene Syntheseverfahren ist in dem folgenden (L-1) dargestellt.

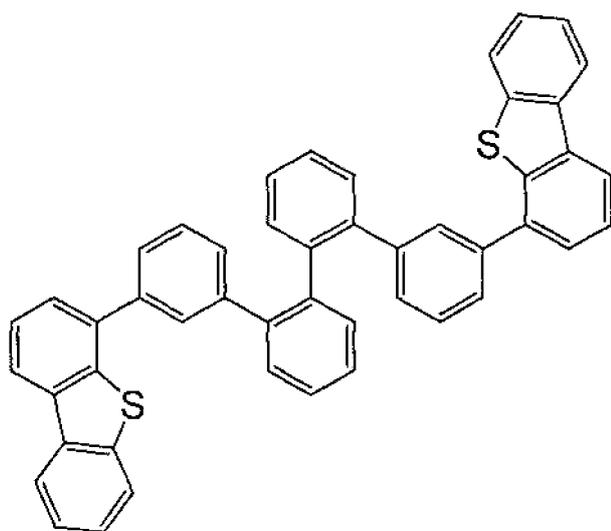


[0405] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als 4-[4-(9-Phenanthryl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBTPPn-II) identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0406] Die $^1\text{H-NMR}$ -Werte der erhaltenen Verbindung sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 7,46-7,53 (m, 2H), 7,58-7,73 (m, 8H), 7,80 (s, 1H), 7,87-7,96 (m, 4H), 8,07 (d, $J = 8,1$ Hz, 1H), 8,18-8,24 (m, 2H), 8,76 (d, $J = 8,1$ Hz, 1H), 8,82 (d, $J = 7,8$ Hz, 1H).

(Referenzbeispiel 13)

[0407] Ein Verfahren zur Synthese von 4,4'-{(1,1':2'',1'':2''',1''':2'''')-Quaterphenyl-3,3''-yl}bisdibenzothiophen (Abkürzung: mZ-DBT2-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben.

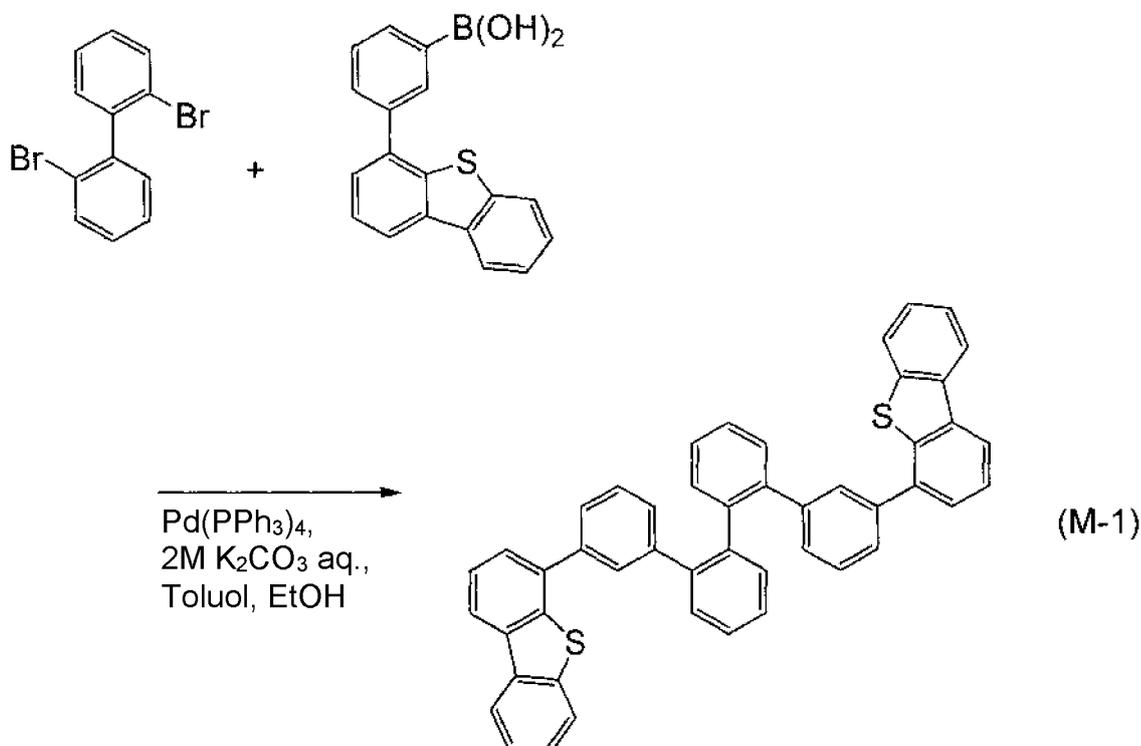


mZ-DBT2-II

[0408] In einem 200 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung aus 1,0 g (3,2 mmol) 2,2'-Dibrombiphenyl, 2,1 g (6,7 mmol) 3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenylborsäure, 47 mg (40 μmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium (0), 20 ml Toluol, 2 ml Ethanol, 7 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde und anschließend unter Rühren und Erhitzen bei 85 °C für 6 Stunden und anschließend unter Rühren und Erhitzen auf 100 °C für 6 Stunden unter Stickstoffatmosphäre umgesetzt. Des Weiteren wurden 47 mg (40 μmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) zu der Mischung zugegeben und die Mischung wurde unter Rühren und Erhitzen auf 100 °C für 2 Stunden unter einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0409] Nach der Reaktion wurden 300 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht der Mischungslösung wurde durch Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 540-00135), Aluminiumoxid (hergestellt von Merck & Co., Inc., neutral) und Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 531-16855) filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde

mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat wurde hinzugegeben, so dass die Feuchtigkeit adsorbiert wurde. Diese Suspension wurde filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Hexan (Toluol:Hexan = 1:5) als ein Laufmittel für die Chromatografie verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Hexan wurde hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, so dass die Substanz, welche Gegenstand der Synthese war, als 2,2 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 51 % erhalten wurde. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem folgenden (M-1) dargestellt.



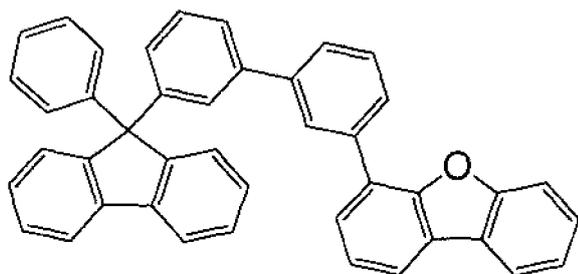
[0410] Die Rf-Wert der Substanz, welche Gegenstand der Synthese war, betrug 0,25, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0411] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als mZ-DBT2-II identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0412] Die $^1\text{H-NMR}$ -Werte der erhaltenen Verbindung sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 6,73 (td, $J = 0,98 \text{ Hz}$, $1,95 \text{ Hz}$, $7,4 \text{ Hz}$, 2H), 7,01-7,06 (m, 4H), 7,34-7,39 (m, 4H), 7,41-7,47 (m, 11H), 7,53-7,59 (m, 3H), 7,69-7,72 (m, 2H), 7,98 (dd, $J = 1,5 \text{ Hz}$, $6,8 \text{ Hz}$, 2H), 8,08-8,11 (m, 2H).

(Referenzbeispiel 14)

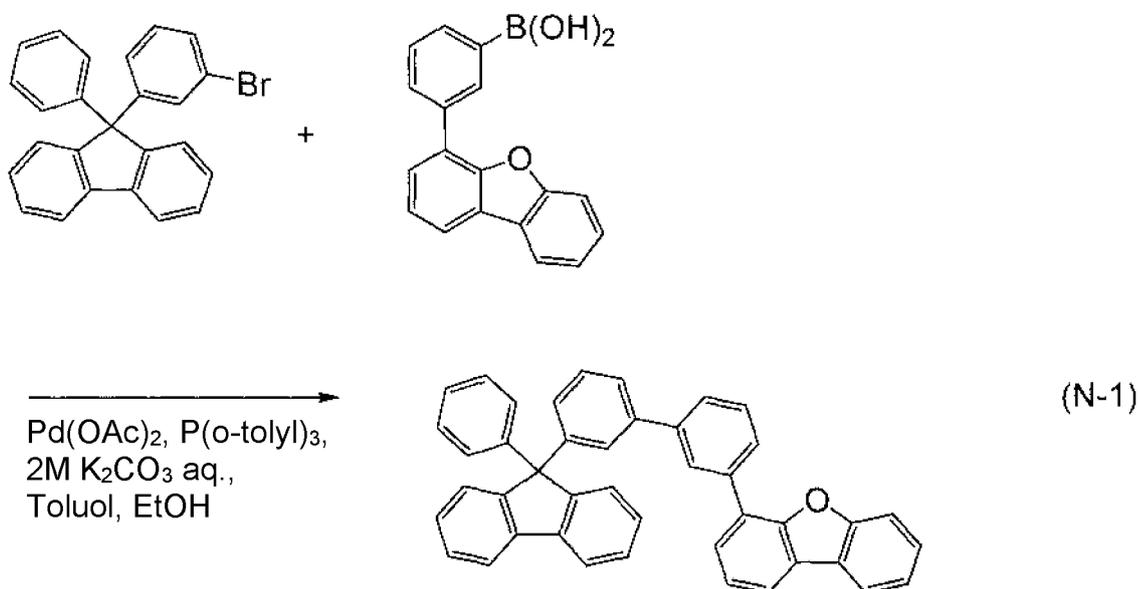
[0413] Ein Verfahren zur Synthese von 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBi-II), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben.



mmDBFFLBI-II

[0414] In einem 200 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung aus 3,5 g (8,9 mmol) 9-(3-Bromphenyl)-9-phenylfluoren, 2,8 g (9,8 mmol) 3-(Dibenzofuran-4-yl)phenylborsäure, 22 mg (0,1 mmol) Palladium(II)acetat, 89,5 mg (0,3 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 38 ml Toluol, 3,8 ml Ethanol, 12,7 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde, und anschließend unter Rühren und Erhitzen auf 80 °C für 15,5 Stunden unter einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0415] Nach der Reaktion wurden 300 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht dieser Mischungslösung wurde durch Aluminiumoxid (hergestellt von Merck & Co., Inc., neutral) und Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 531-16855) filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat wurde hinzugegeben, so dass die Feuchtigkeit adsorbiert wurde. Diese Suspension wurde filtriert, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Hexan (Toluol:Hexan = 2:5) als ein Entwicklungsmittel für die Chromatografie verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Methanol wurde hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 3,0 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 60 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war. Ein Reaktionsschema des obigen Syntheseverfahrens ist in dem folgenden (N-1) dargestellt.



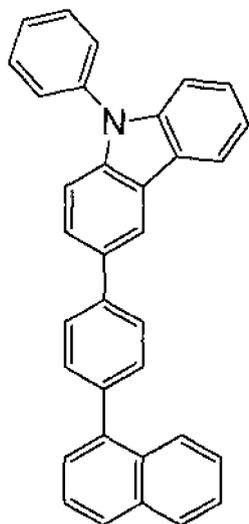
[0416] Der Rf-Wert der Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, betrug 0,33, ermittelt durch Kieselgel-Dünnschichtchromatografie (TLC) (mit einem Laufmittel aus Ethylacetat und Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

[0417] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als mmDBFFLBI-II identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0418] Die $^1\text{H-NMR}$ -Werte der erhaltenen Verbindung sind wie folgt: $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ (ppm) = 7,18-7,60 (m, 22H), 7,78 (d, $J = 6,4$ Hz, 2H), 7,85 (td, $J = 1,5$ Hz, 7,3 Hz, 1H), 7,96 (dd, $J = 1,47$ Hz, 7,81 Hz, 1H), 7,99-8,00 (m, 2H).

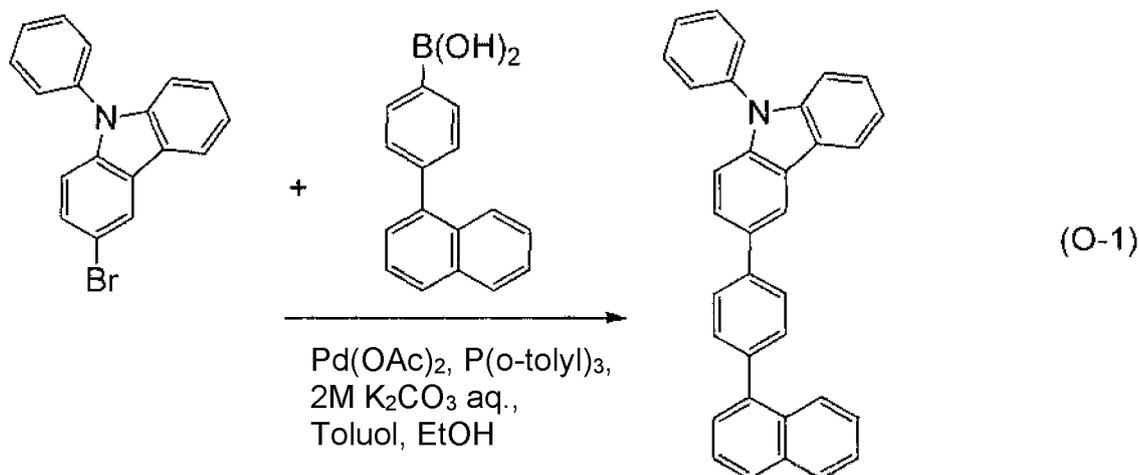
(Referenzbeispiel 15)

[0419] Ein Synthesebeispiel zur Herstellung von 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), welches in dem obigen Beispiel verwendet wurde, wird beschrieben.



PCPN

[0420] Ein Syntheschema von PCPN ist in (o-1) dargestellt.



[0421] In einem 200 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung aus 5,0 g (15,5 mmol) 3-Brom-9-phenyl-9H-carbazol, 4,2 g (17,1 mmol) 4-(1-Naphthyl)phenylborsäure, 38,4 mg (0,2 mmol) Palladium(II)acetat, 104 mg (0,3 mmol) Tri(ortho-tolyl)phosphin, 50 ml Toluol, 5 ml Ethanol und 30 ml einer 2 mol/l wässrigen Kaliumcarbonatlösung entgast, während sie unter reduziertem Druck gerührt wurde und unter Rühren und Erhitzen auf 85 °C für 9 Stunden unter einer Stickstoffatmosphäre umgesetzt.

[0422] Nach der Reaktion wurden 500 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht dieser Mischungslösung wurde durch Florisil (hergestellt durch Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 540-00135), Aluminiumoxid und Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalog Nr. 531-16855) filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat wurde hinzugegeben, so dass die Feuchtigkeit adsorbiert wurde. Diese Suspension wurde filt-

riert, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert und durch Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein gemischtes Lösungsmittel aus Toluol und Hexan (Toluol: Hexan = 1:4) als ein Laufmittel für die Chromatografie verwendet. Die erhaltene Fraktion wurde konzentriert und Methanol wurde hinzugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 6,24 g eines weißen Pulvers mit einer Ausbeute von 90 % zu erhalten, welches der Gegenstand der Synthese war.

[0423] Diese Verbindung wurde durch Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie als 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN) identifiziert, welches Gegenstand der Synthese war.

[0424] Die ¹H-NMR-Daten der erhaltenen Substanz waren wie folgt: ¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz): δ (ppm) = 7,30-7,35 (m, 1H), 7,44-7,67 (m, 14H), 7,76 (dd, J = 8,7 Hz, 1,8 Hz, 1H), 7,84-7,95 (m, 4H), 8,04 (d, J = 7,8, 1H), 8,23 (d, J = 7,8, 1H), 8,46 (d, J = 1,5, 1H).

ERLÄUTERUNG DER BEZUGSZEICHEN

[0425] 100: Substrat, 101: erste Elektrode, 102: EL-Schicht, 108: zweite Elektrode, 401: Treiberschaltung der Source-Seite, 402: Pixelbereich, 403: Treiberschaltung der Gate-Seite, 404: Dichtungssubstrat, 405: Dichtungsmaterial, 407: Raum, 408: Verdrahtung, 409: flexible gedruckte Schaltung (FPC), 410: Elementsubstrat, 411: Schalt-TFT, 412: Stromsteuerungs-TFT, 413: erste Elektrode, 414: Isolator, 416: EL-Schicht, 417: zweite Elektrode, 418: lichtemittierendes Element, 423: n-Kanal-TFT, 424: p-Kanal-TFT, 501: Substrat, 502: erste Elektrode, 503: zweite Elektrode, 504: EL-Schicht, 505: Isolationsschicht, 506: Zwischenschicht, 701: Lochinjektionsschicht, 702: Lochtransportschicht, 703: lichtemittierende Schicht, 704: Elektronentransportschicht, 705: Elektroneninjectionsschicht, 706: Elektroneninjektionspufferschicht, 707: Elektronenrelaisschicht, 708: Verbundmaterialschicht, 800: EL-Schicht, 801: EL-Schicht, 802: EL-Schicht, 803: Ladungserzeugungsschicht, 811: Beleuchtungsvorrichtung, 812: Beleuchtungsvorrichtung, 813: Schreibtischlampe, 1100: Substrat, 1101: erste Elektrode, 1103: zweite Elektrode, 1111: Lochinjektionsschicht, 1111a: erste Lochinjektionsschicht, 1111b: zweite Lochinjektionsschicht, 1112: Lochtransportschicht, 1112a: erste Lochtransportschicht, 1112b: zweite Lochtransportschicht, 1113: lichtemittierende Schicht, 1113a: erste lichtemittierende Schicht, 1113b: zweite lichtemittierende Schicht, 1114a: erste Elektronentransportschicht, 1114b: zweite Elektronentransportschicht, 1115: Elektroneninjectionsschicht, 1115a: erste Elektroneninjektionschicht, 1115b: zweite Elektroneninjektionschicht, 1116: Elektronenrelaisschicht, 7100: Fernseher, 7101: Gehäuse, 7103: Displaybereich, 7105: Ständer, 7107: Displaybereich, 7109: Bedienungstaste, 7110: Fernbedienung, 7201: Hauptkörper, 7202: Gehäuse, 7203: Displaybereich, 7204: Keyboard, 7205: externer Verbindungsport, 7206: Zeigevorrichtung, 7301: Gehäuse, 7302: Gehäuse, 7303: Verbindungsbereich, 7304: Displaybereich, 7305: Displaybereich, 7306: Lautsprecher, 7307: Aufnahmemedium-Einführbereich, 7308: LED-Lampe, 7309: Bedientaste, 7310: Verbindungsterminal, 7311: Sensor, 7312: Mikrofon, 7400: Mobiltelefon, 7401: Gehäuse, 7402: Displaybereich, 7403: Bedienknopf, 7404: externer Verbindungsport, 7405: Lautsprecher, 7406: Mikrofon, 7501: Beleuchtungsbereich, 7502: Schirm, 7503: einstellbarer Arm, 7504: Ständer, 7505: Basis und 7506: Netzschalter.

Patentansprüche

1. Verbundmaterial umfassend:

eine heterozyklische Verbindung umfassend eine Phenylgruppe, gebunden an eine 4-Stellung eines aus einem Dibenzothiophengerüst und einem Dibenzofurangerüst, wobei die Phenylgruppe einen oder mehrere Substituenten umfasst, die Phenylgruppe und der eine oder die mehreren Substituenten insgesamt 12 bis 70 Kohlenstoffatome umfassen; und

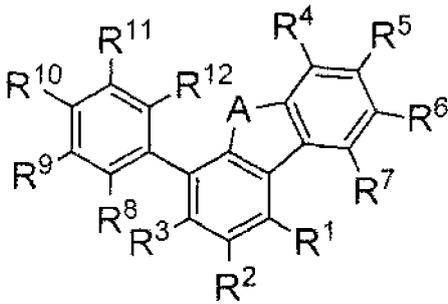
ein Übergangsmetalloxid,

wobei wenigstens einer der einen oder mehreren Substituenten eine substituierte oder unsubstituierte Phenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Naphthylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Phenanthrylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Fluorenylgruppe, eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzothiophenylgruppe oder eine substituierte oder unsubstituierte Dibenzofuranylgruppe umfasst, und

wobei das Übergangsmetalloxid eines oder eine Vielzahl von Oxiden ist, gewählt aus Titanoxid, Vanadiumoxid, Tantaloxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Rheniumoxid, Rutheniumoxid, Chromoxid, Zirkoniumoxid, Hafniumoxid und Silberoxid.

2. Verbundmaterial nach Anspruch 1,

wobei die heterozyklische Verbindung durch allgemeine Formel (G1) dargestellt wird,



(G1)

wobei A eines aus Sauerstoff und Schwefel darstellt,

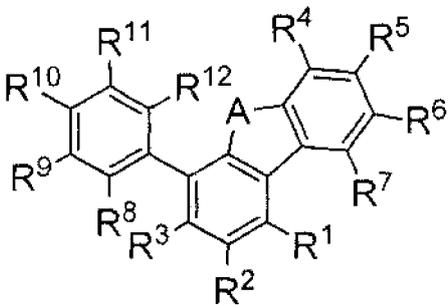
wobei R¹ bis R⁷ jeweils eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe umfassend 1 bis 4 Kohlenstoffatome und einer Arylgruppe umfassend 6 bis 25 Kohlenstoffatome in einem Ring darstellen,

wobei R⁸ bis R¹² jeweils eines aus Wasserstoff, einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Naphthylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Phenanthrylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Triphenylenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellen, und

wobei wenigstens eines von R⁸ bis R¹² eines aus einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Naphthylgruppe, einer substituierte oder unsubstituierten Phenanthrylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellt.

3. Verbundmaterial nach Anspruch 1,

wobei die heterozyklische Verbindung durch allgemeine Formel (G1) dargestellt wird,



(G1)

wobei A eines aus Sauerstoff und Schwefel darstellt,

wobei R¹ bis R⁷ jeweils eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe umfassend 1 bis 4 Kohlenstoffatome und einer Arylgruppe umfassend 6 bis 25 Kohlenstoffatome in einem Ring darstellen,

wobei R⁸ bis R¹² jeweils eines aus Wasserstoff, einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellen, und

wobei wenigstens eines von R⁸ bis R¹² eines aus einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellt.

4. Verbundmaterial nach Anspruch 1,

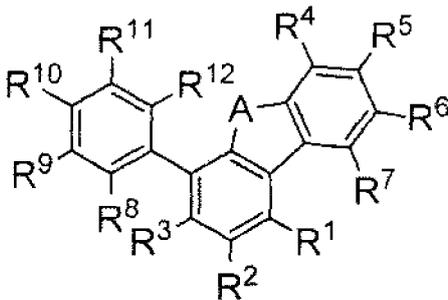
wobei die Phenylgruppe einen Substituenten umfasst, und

wobei ein Ring des Substituenten ein Ring oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzol-

ring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring.

5. Verbundmaterial nach Anspruch 1, wobei die Phenylgruppe eine Vielzahl von Substituenten umfasst, und wobei jeder Ring der Substituenten jeweils ein Ring oder eine Vielzahl von Ringen ist, gewählt aus einem Benzolring, einem Naphthalinring, einem Phenanthrenring, einem Fluorenring, einem Dibenzothiophenring und einem Dibenzofuranring.

6. Verbundmaterial nach Anspruch 1, wobei die heterozyklische Verbindung durch allgemeine Formel (G1) dargestellt wird,



(G1)

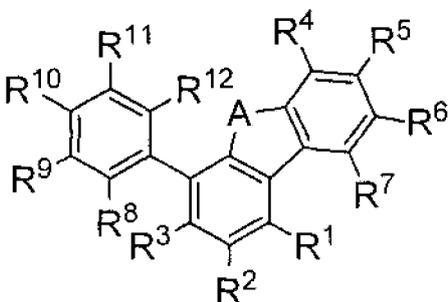
wobei A Sauerstoff darstellt,

wobei R¹ bis R⁷ jeweils eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe umfassend 1 bis 4 Kohlenstoffatome und einer Arylgruppe umfassend 6 bis 25 Kohlenstoffatome in einem Ring darstellen,

wobei R⁸ bis R¹² jeweils eines aus Wasserstoff, einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Naphthylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Phenanthrylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Triphenylenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellen, und

wobei wenigstens eines aus R⁸ bis R¹² eines aus einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Naphthylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Phenanthrylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellt.

7. Verbundmaterial nach Anspruch 1, wobei die heterozyklische Verbindung durch allgemeine Formel (G1) dargestellt wird,



(G1)

wobei A Sauerstoff darstellt,

wobei R¹ bis R⁷ jeweils eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe umfassend 1 bis 4 Kohlenstoffatome und einer Arylgruppe umfassend 6 bis 25 Kohlenstoffatome in einem Ring darstellen,

wobei R^8 bis R^{12} jeweils eines aus Wasserstoff, einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellen, und wobei wenigstens eines aus R^8 bis R^{12} eines aus einer substituierten oder unsubstituierten Phenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Fluorenylgruppe, einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzothiophenylgruppe und einer substituierten oder unsubstituierten Dibenzofuranylgruppe darstellt.

8. Lichtemittierendes Element umfassend:

eine Schicht, welche eine lichtemittierende Substanz zwischen einem Elektrodenpaar enthält, wobei die Schicht, welche die lichtemittierende Substanz enthält, eine Schicht umfasst, welche das Verbundmaterial gemäß einem der Ansprüche 2, 3, 6 und 7 enthält.

9. Lichtemittierendes Element umfassend:

eine Schicht, welche das Verbundmaterial gemäß einem der Ansprüche 2, 3, 6 und 7 enthält, wobei die Schicht zwischen einem Elektrodenpaar angeordnet ist und sich in Kontakt mit einer Elektrode des Elektrodenpaares befindet.

10. Lichtemittierendes Element umfassend:

eine Vielzahl von Schichten, welche eine lichtemittierende Substanz zwischen einem Elektrodenpaar enthalten; und
eine Schicht, welche ein Verbundmaterial gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, 6 und 7 enthält, wobei die Schicht, welche das Verbundmaterial enthält, zwischen der Vielzahl von Schichten, welche die lichtemittierende Substanz enthalten, angeordnet ist.

11. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die heterozyklische Verbindung und das Übergangsmetalloxid gemischt sind.

12. Verbundmaterial nach Anspruch 6 oder 7, wobei die heterozyklische Verbindung und das Übergangsmetalloxid gemischt sind.

13. Verwendung des Verbundmaterials gemäß einem der Ansprüche 2, 3, 6 und 7 in einer lichtemittierenden Vorrichtung, wobei das Verbundmaterial in einer Schicht umfasst ist, die in einem Displaybereich bereitgestellt ist.

14. Verwendung des Verbundmaterials nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 6 und 7 in einer Beleuchtungsvorrichtung, wobei das Verbundmaterial in einer Schicht umfasst ist, die in einem lichtemittierenden Bereich bereitgestellt ist.

Es folgen 35 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

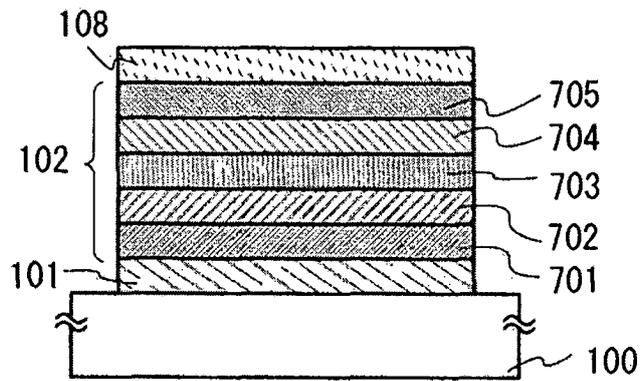


FIG. 1B

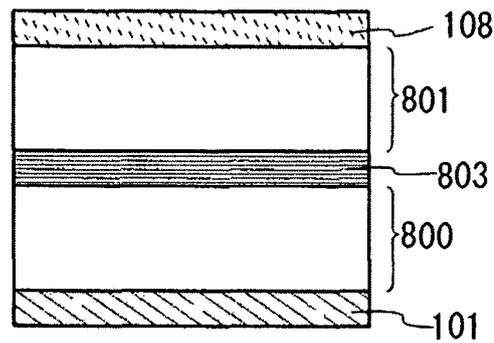


FIG. 1C

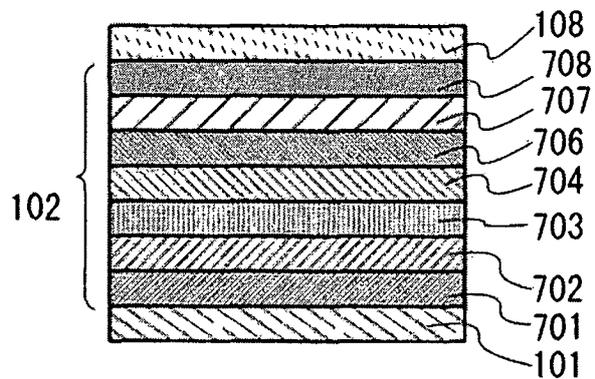


FIG. 2A

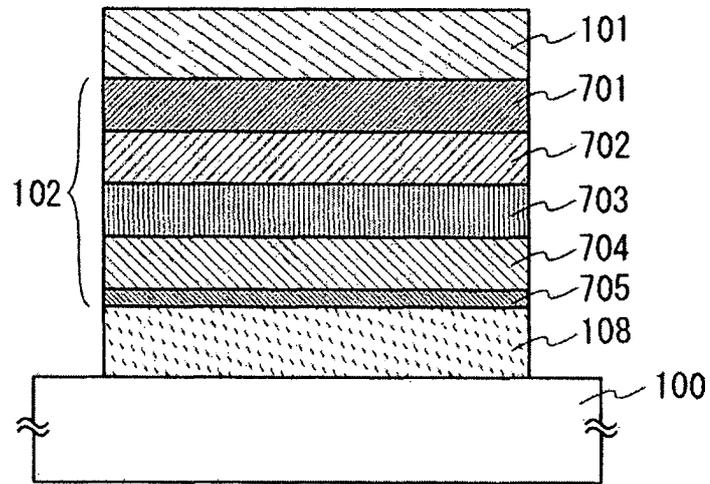


FIG. 2B

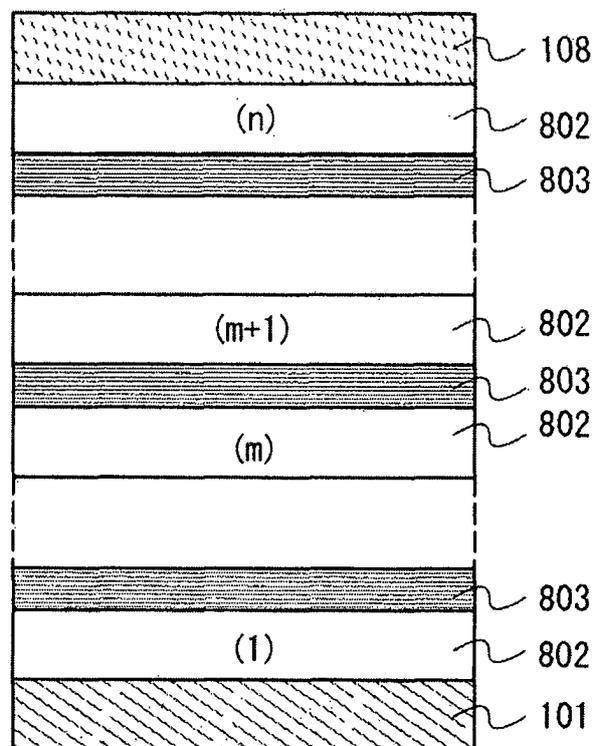


FIG. 3A

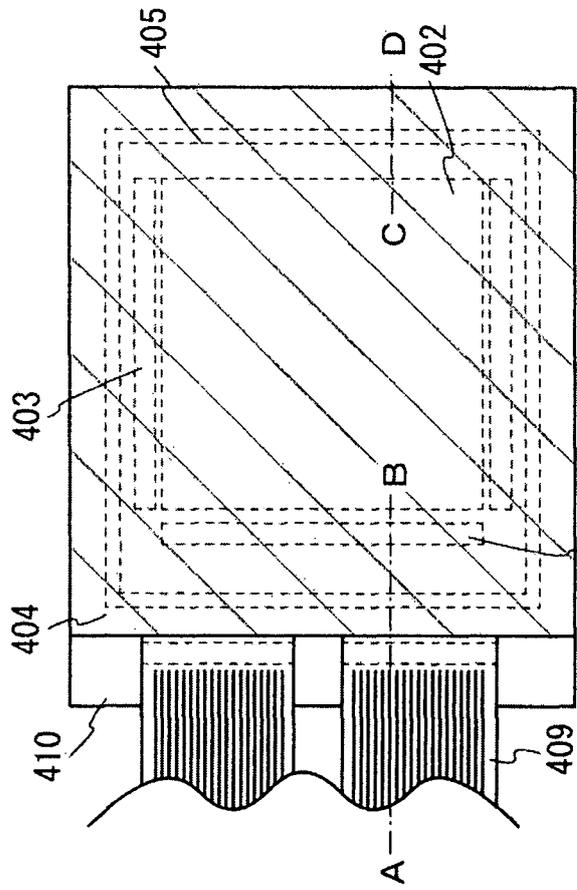


FIG. 3B

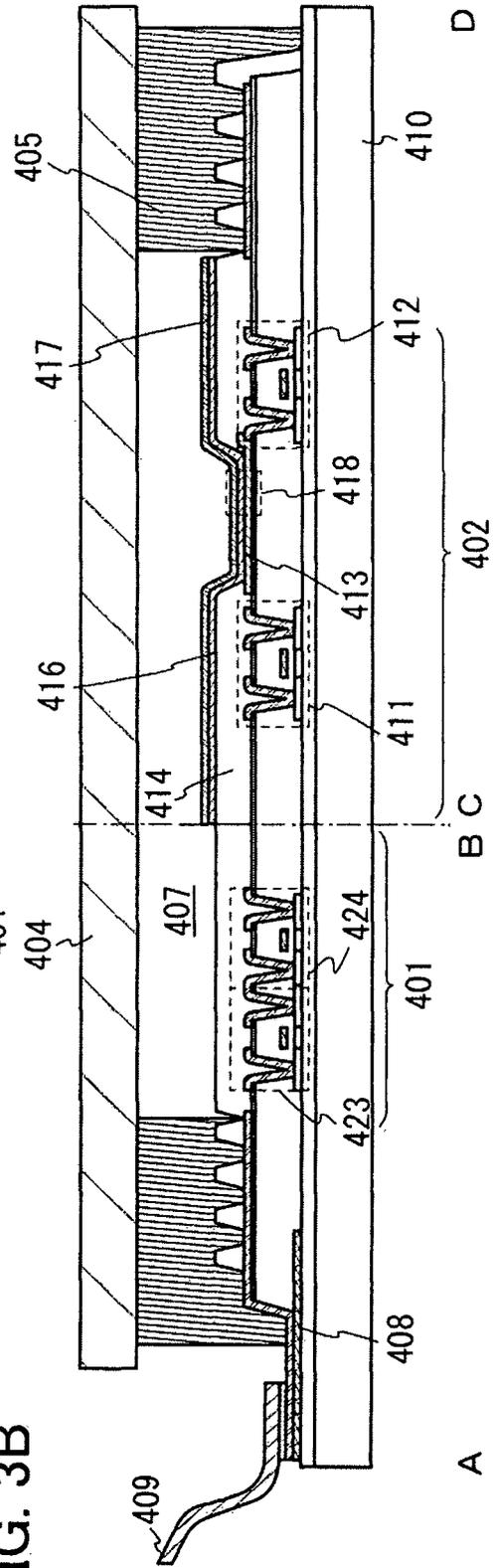


FIG. 4A

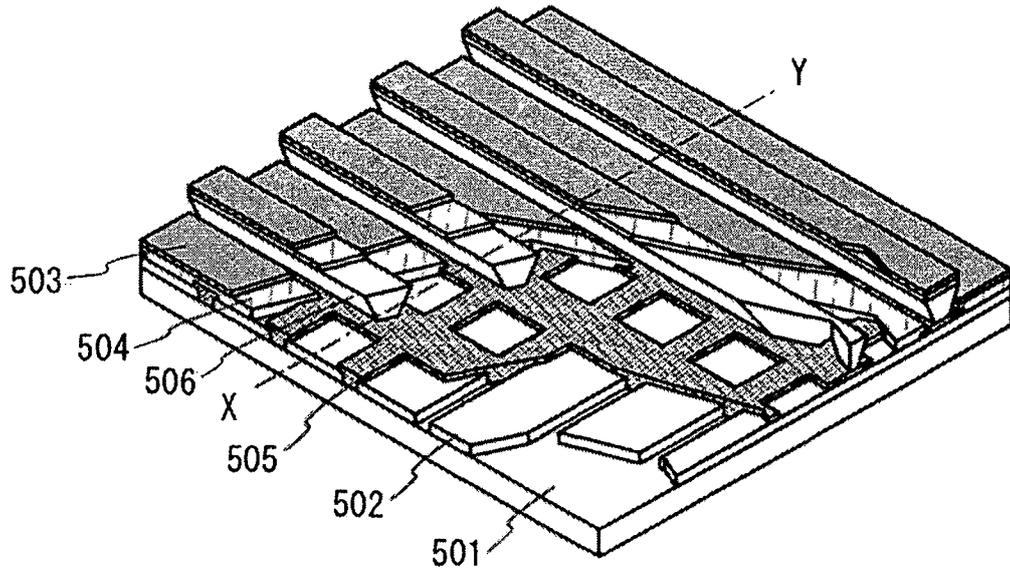


FIG. 4B

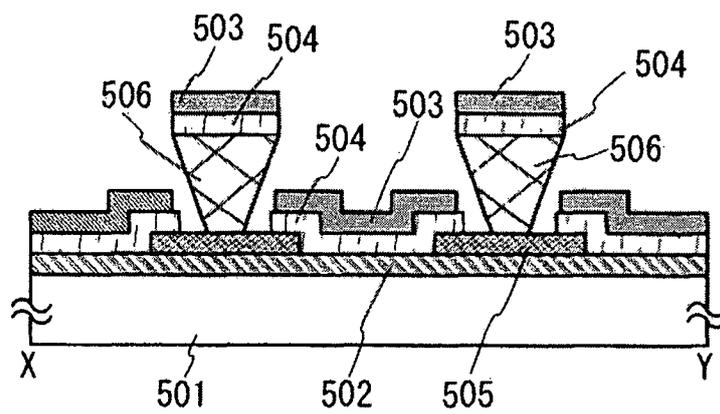


FIG. 5A

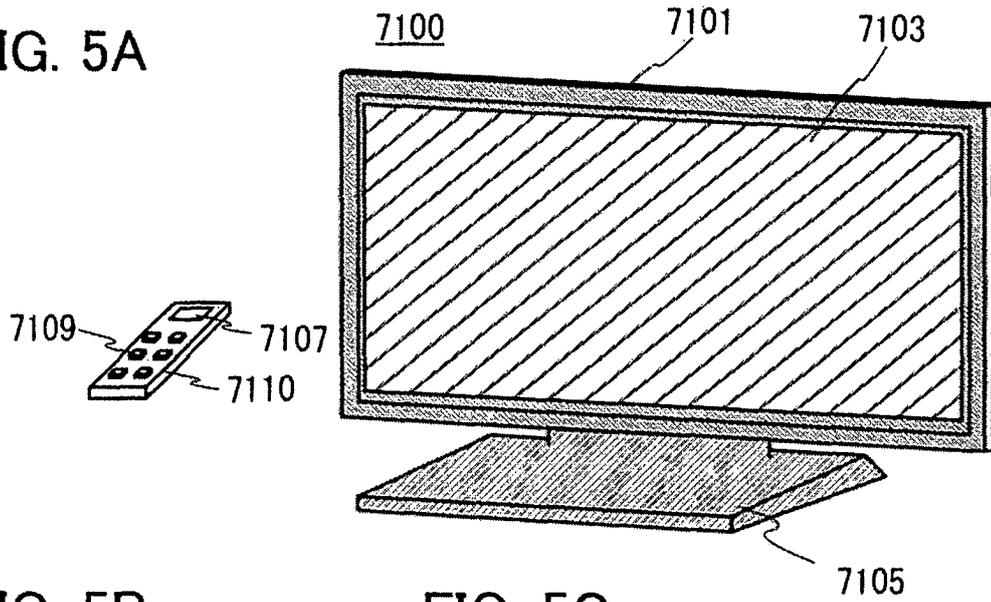


FIG. 5B

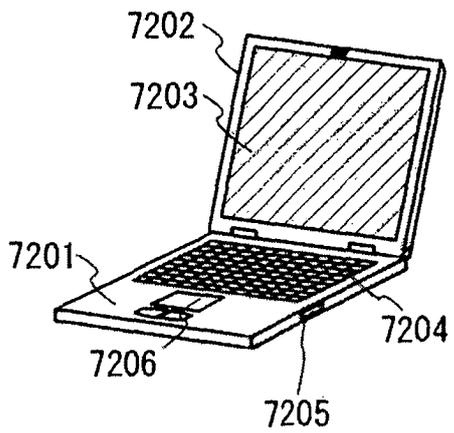


FIG. 5C

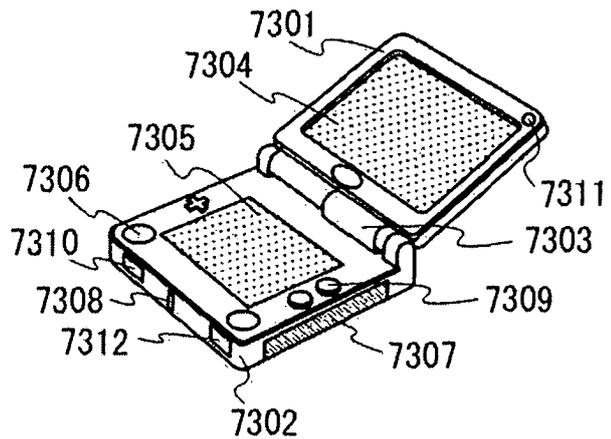


FIG. 5D

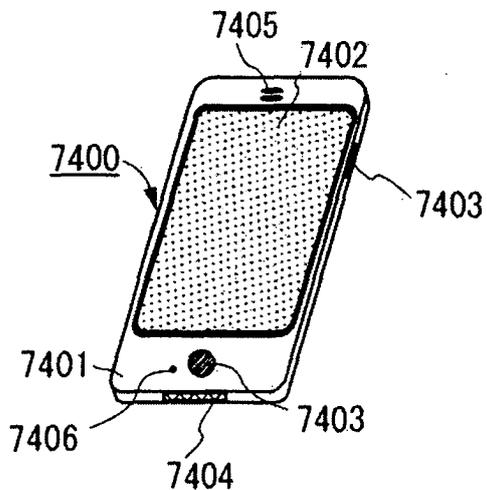


FIG. 5E

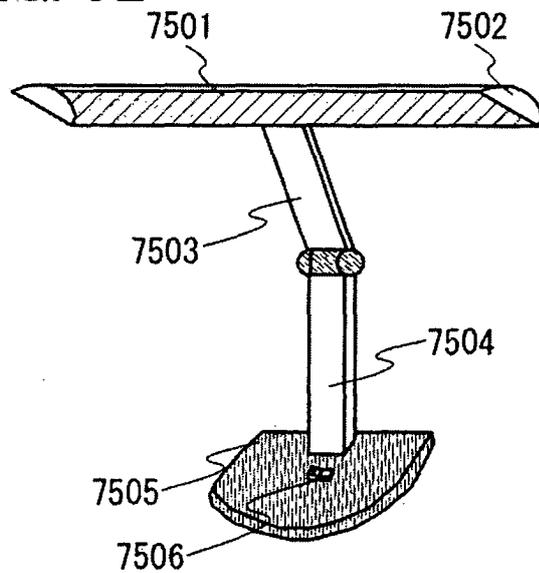


FIG. 6

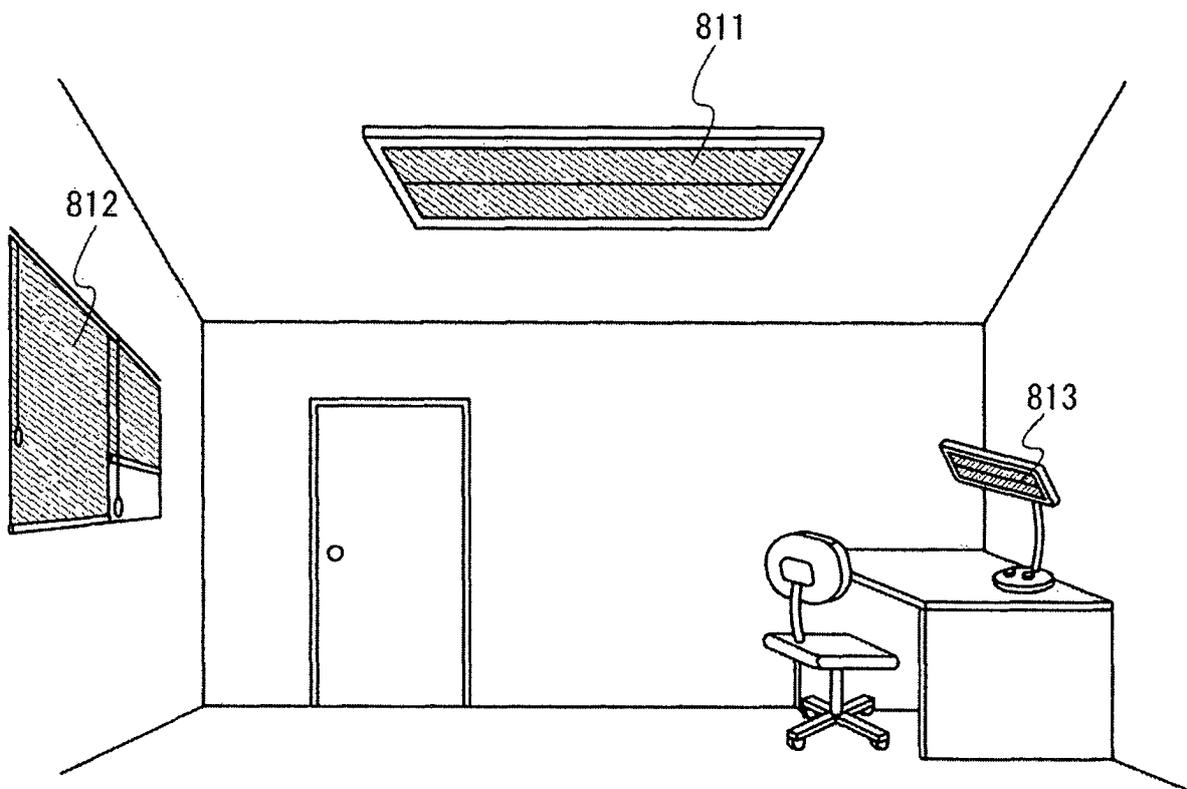


FIG. 7A

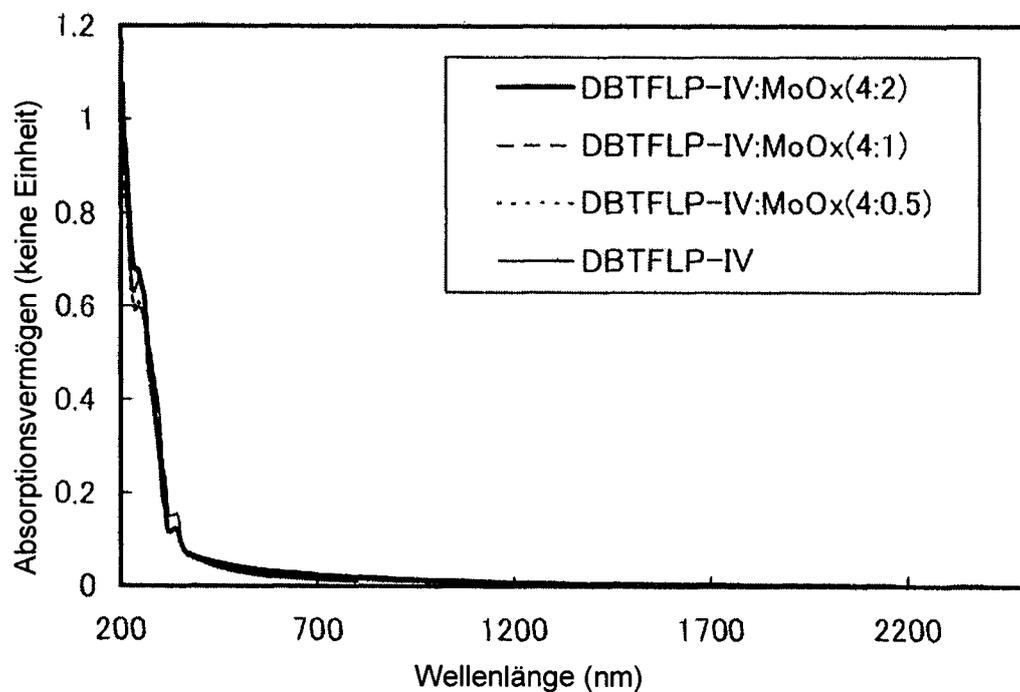


FIG. 7B

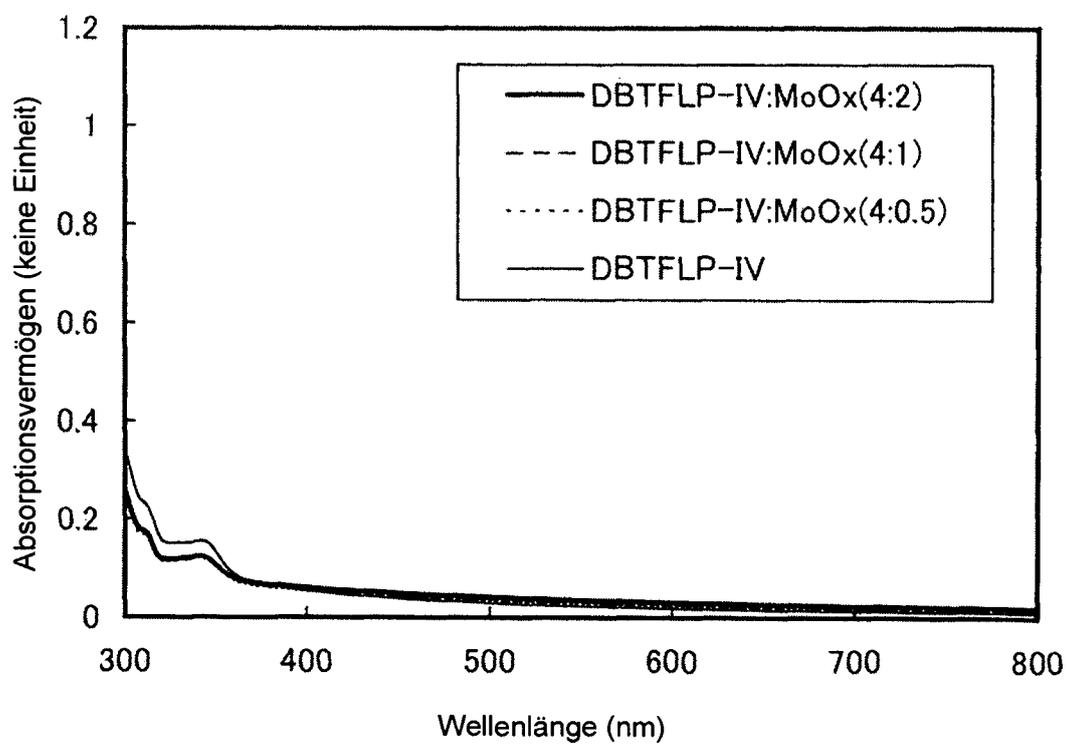


FIG. 8A

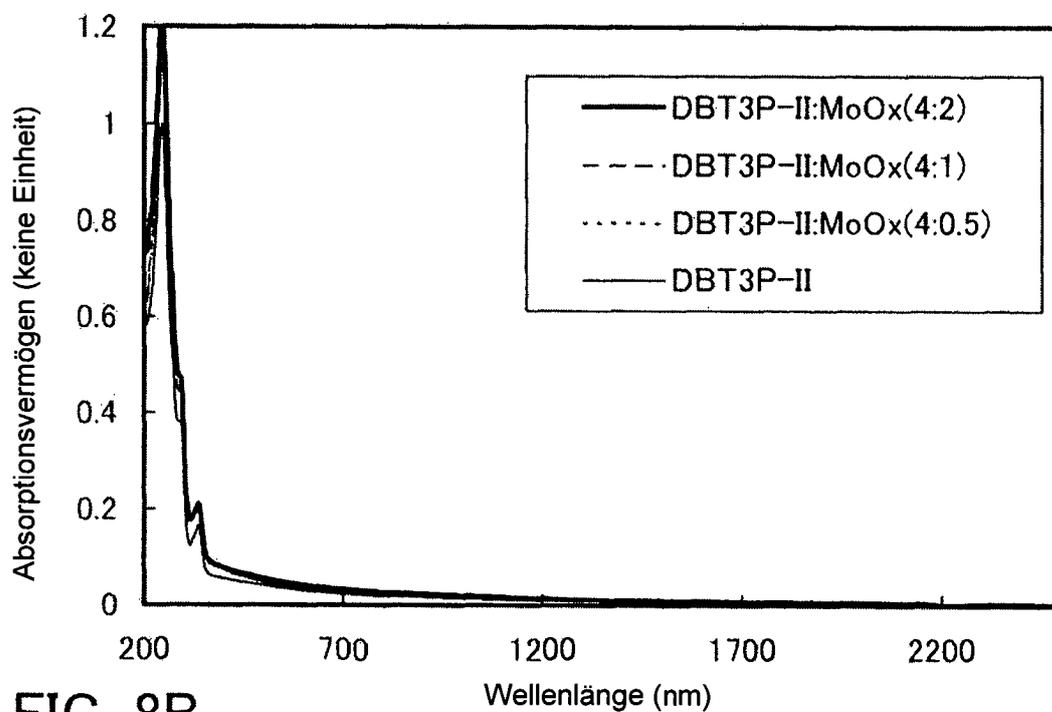


FIG. 8B

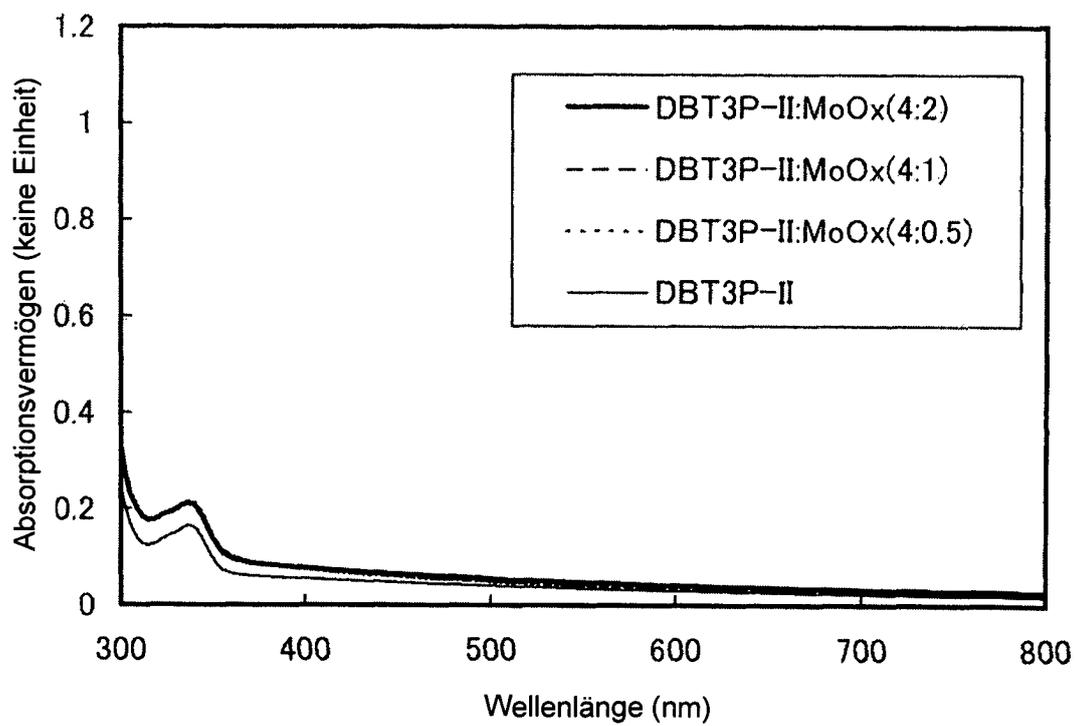


FIG. 9A

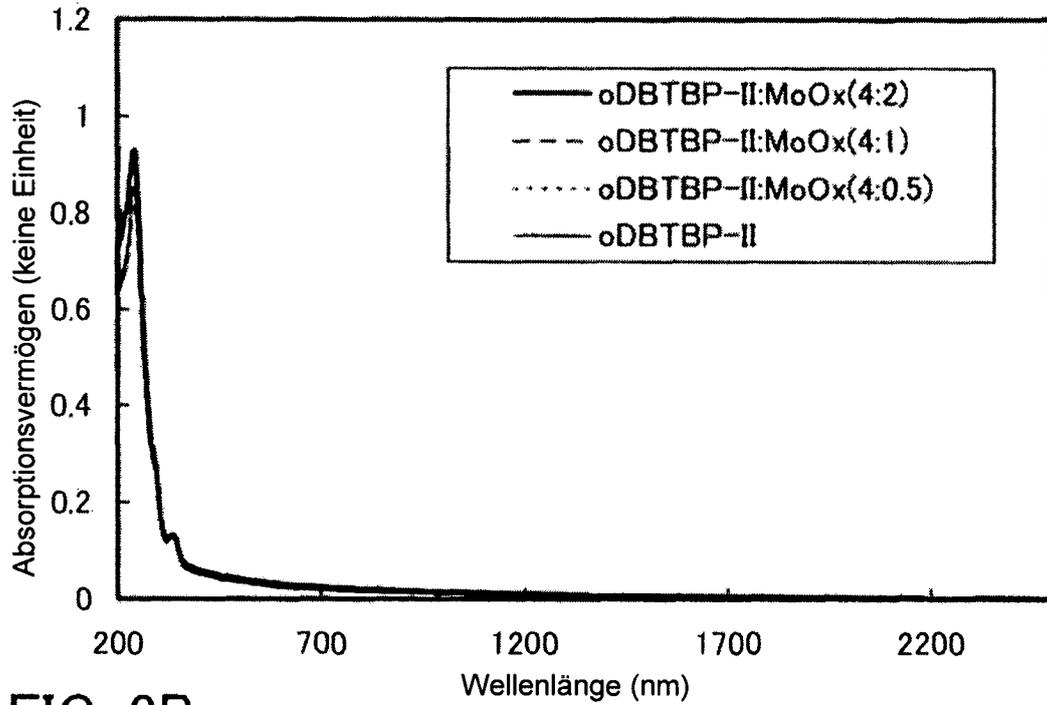


FIG. 9B

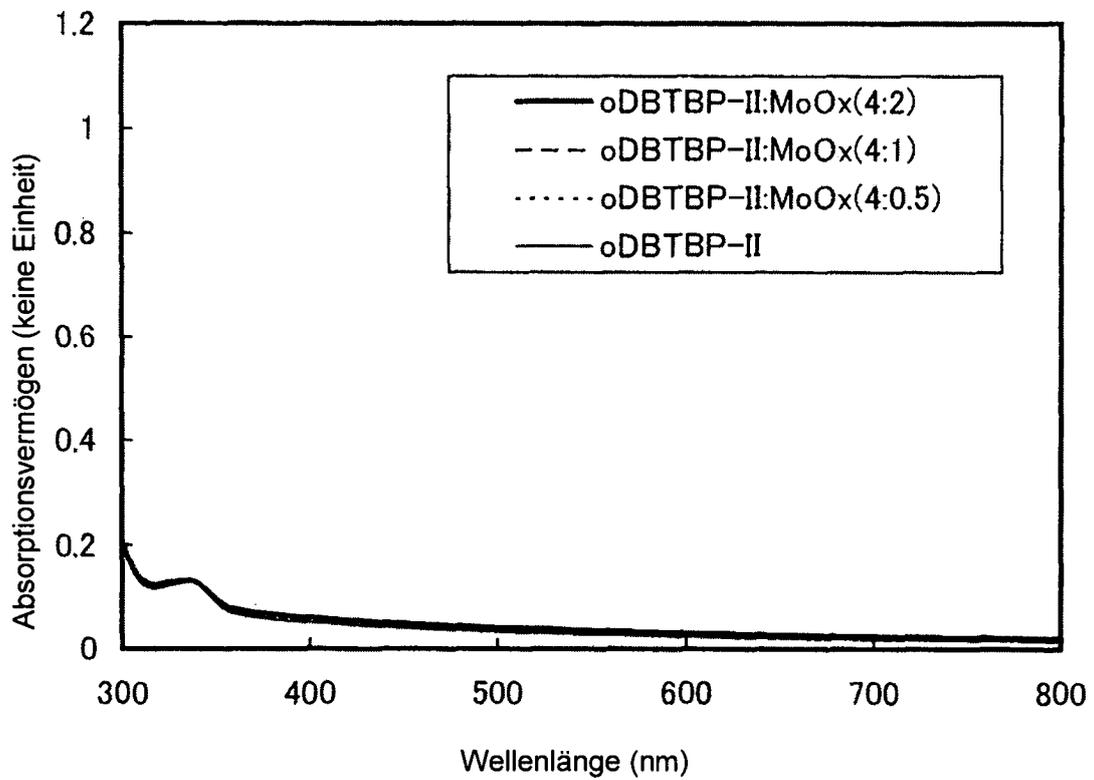


FIG. 10A

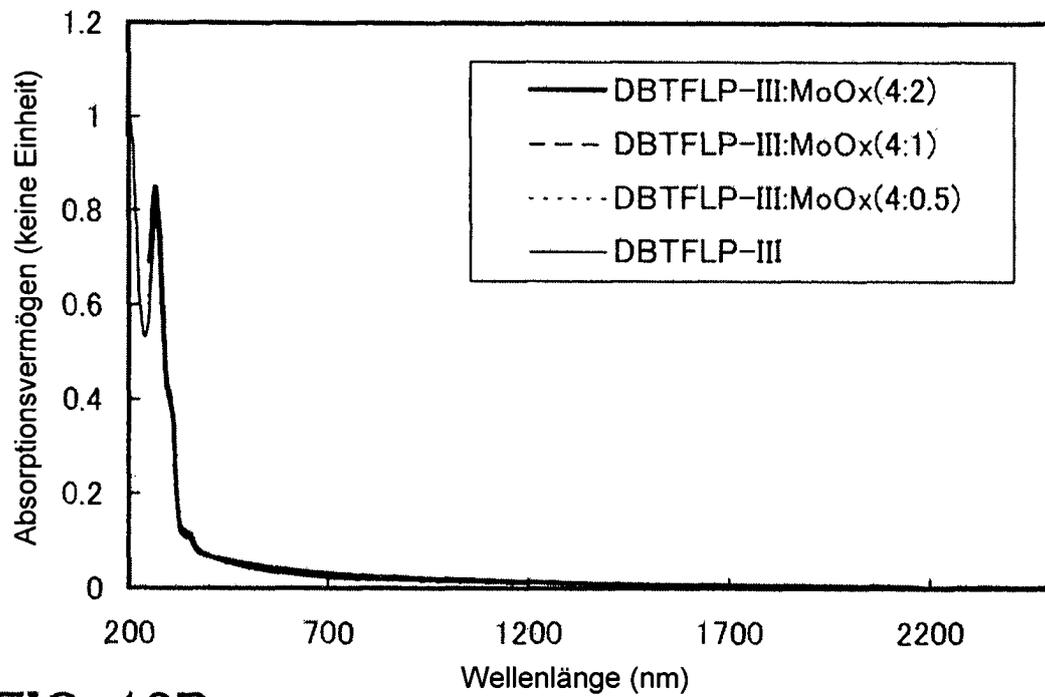


FIG. 10B

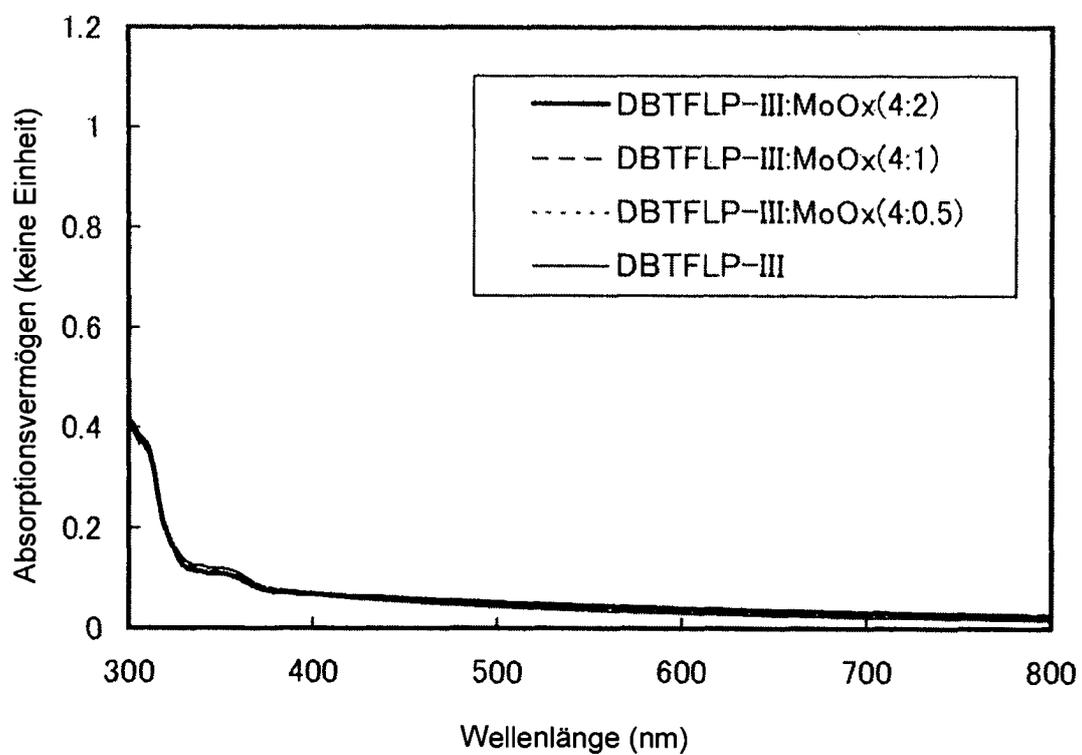


FIG. 11A

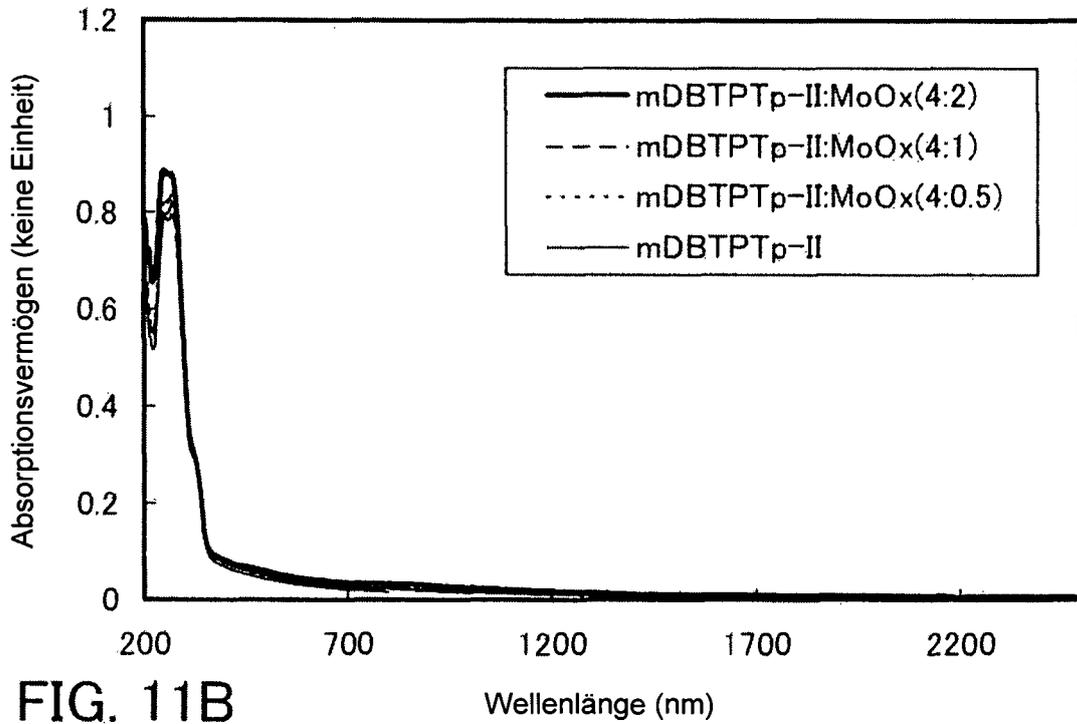


FIG. 11B

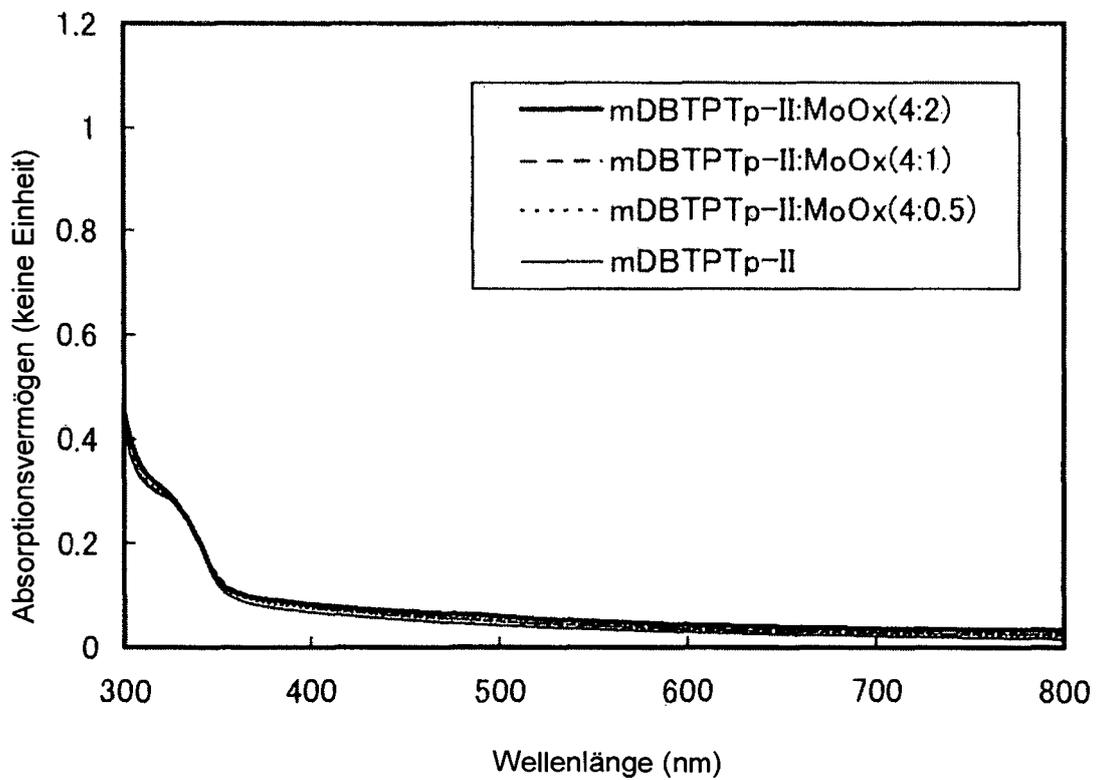


FIG. 12A

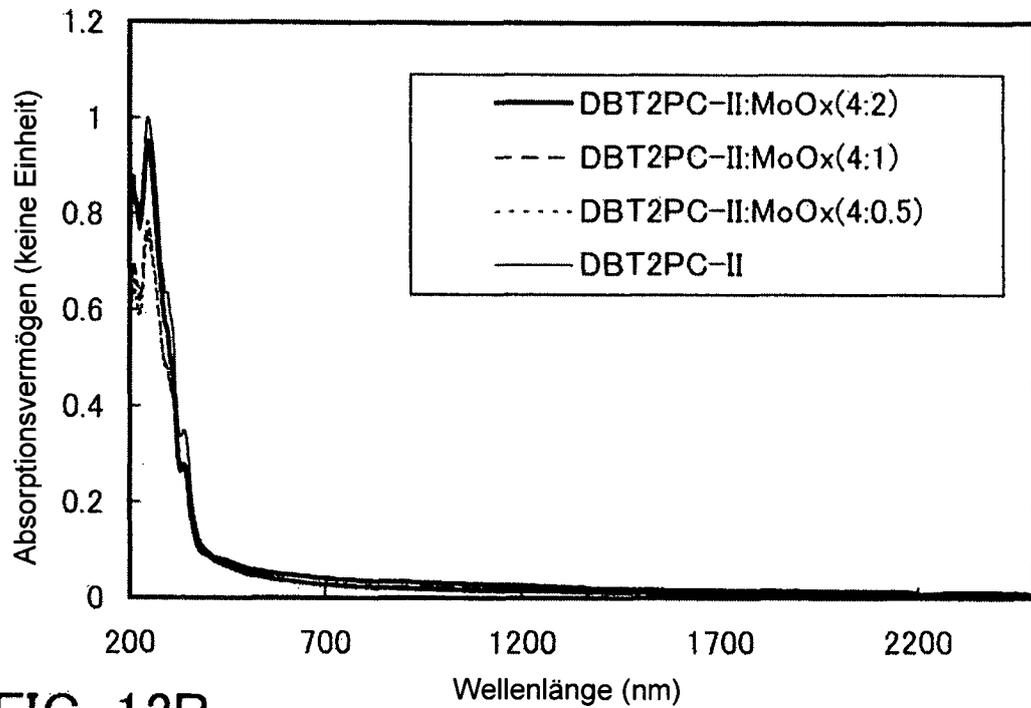


FIG. 12B

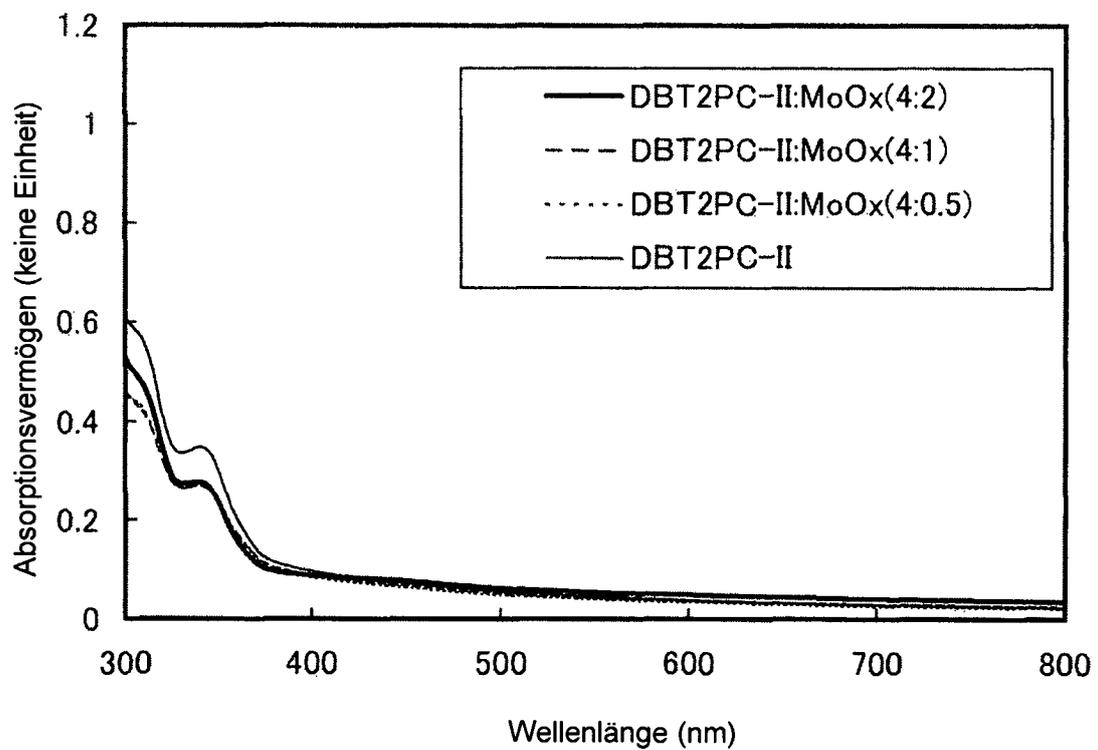


FIG. 13A

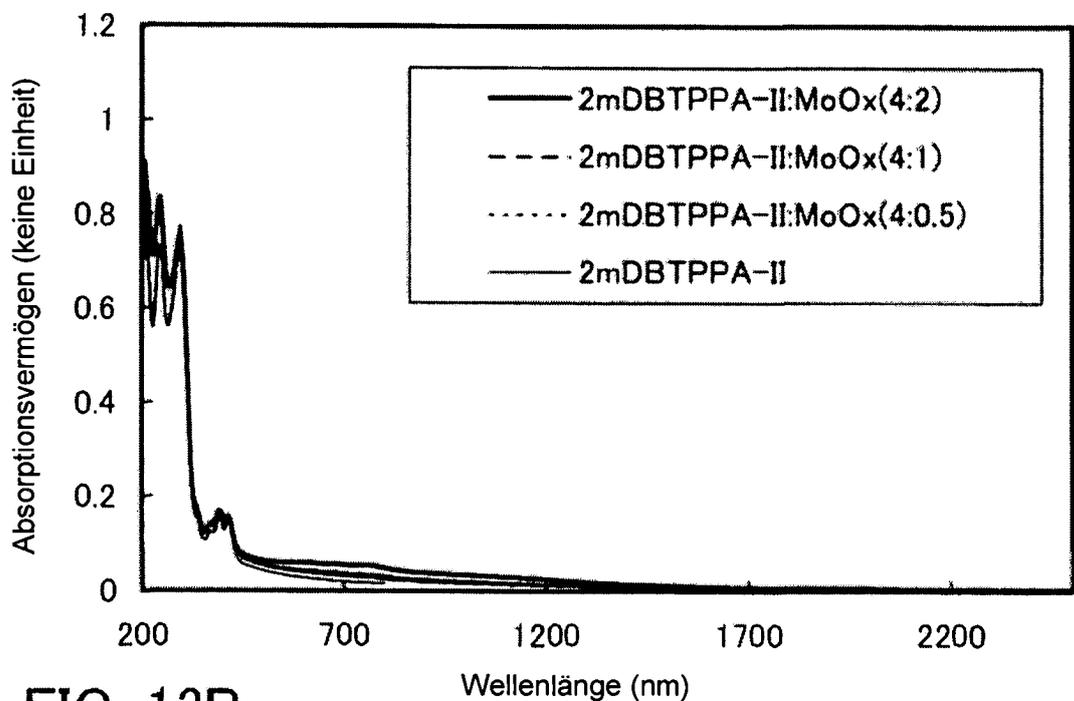


FIG. 13B

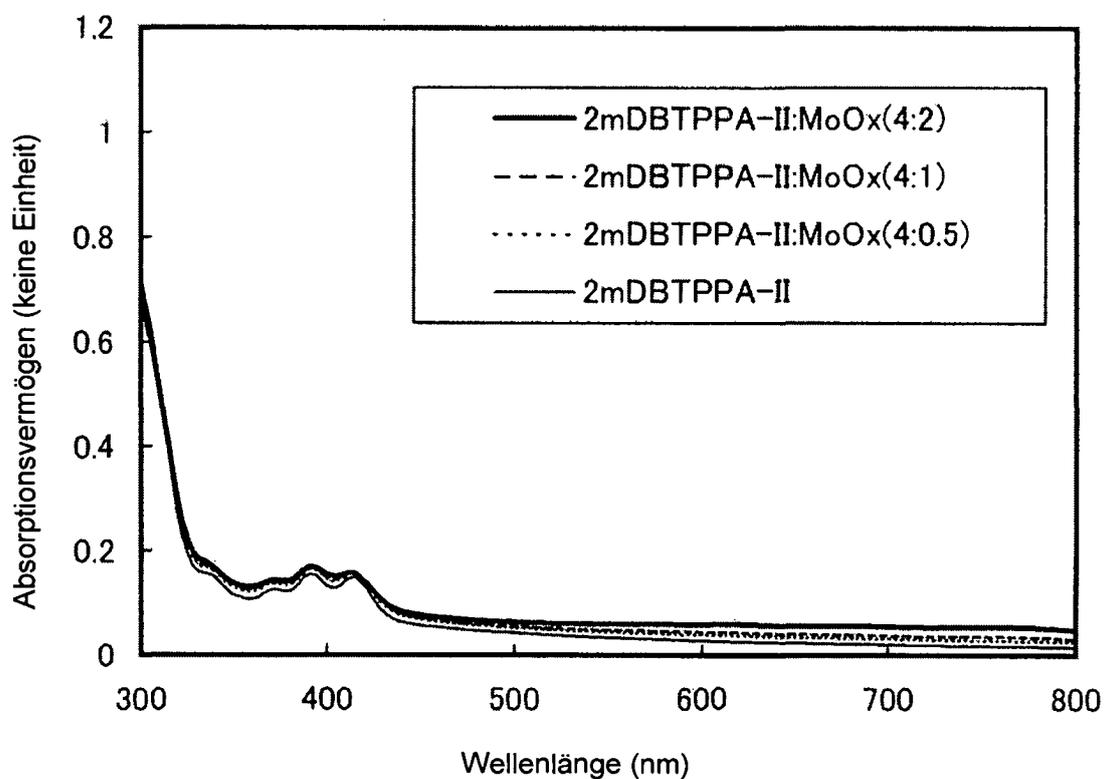


FIG. 14A

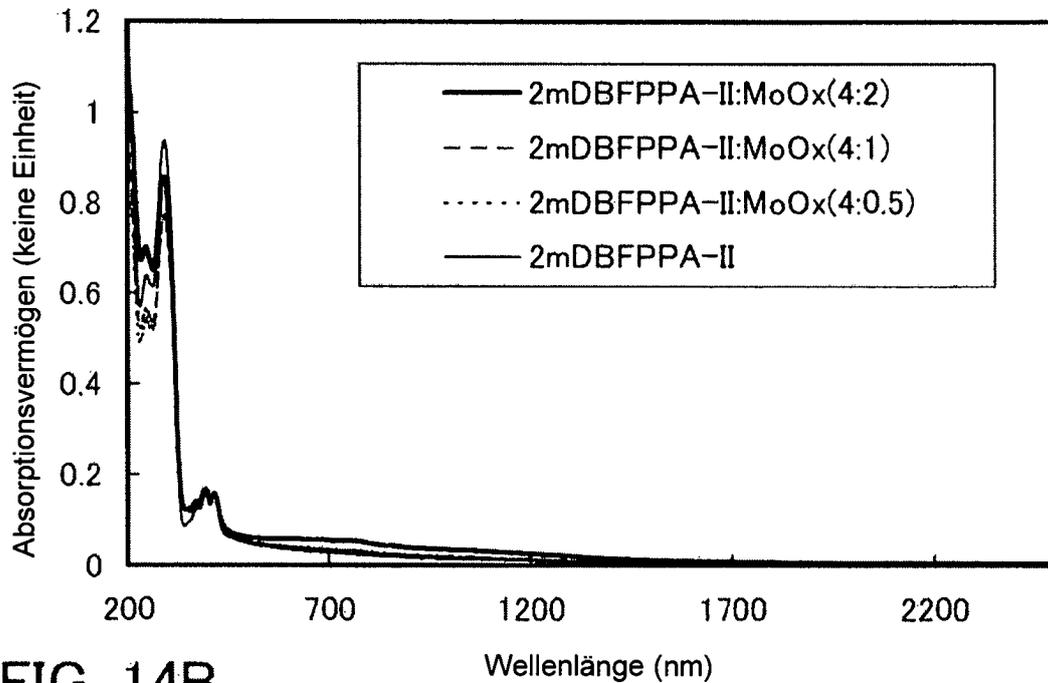


FIG. 14B

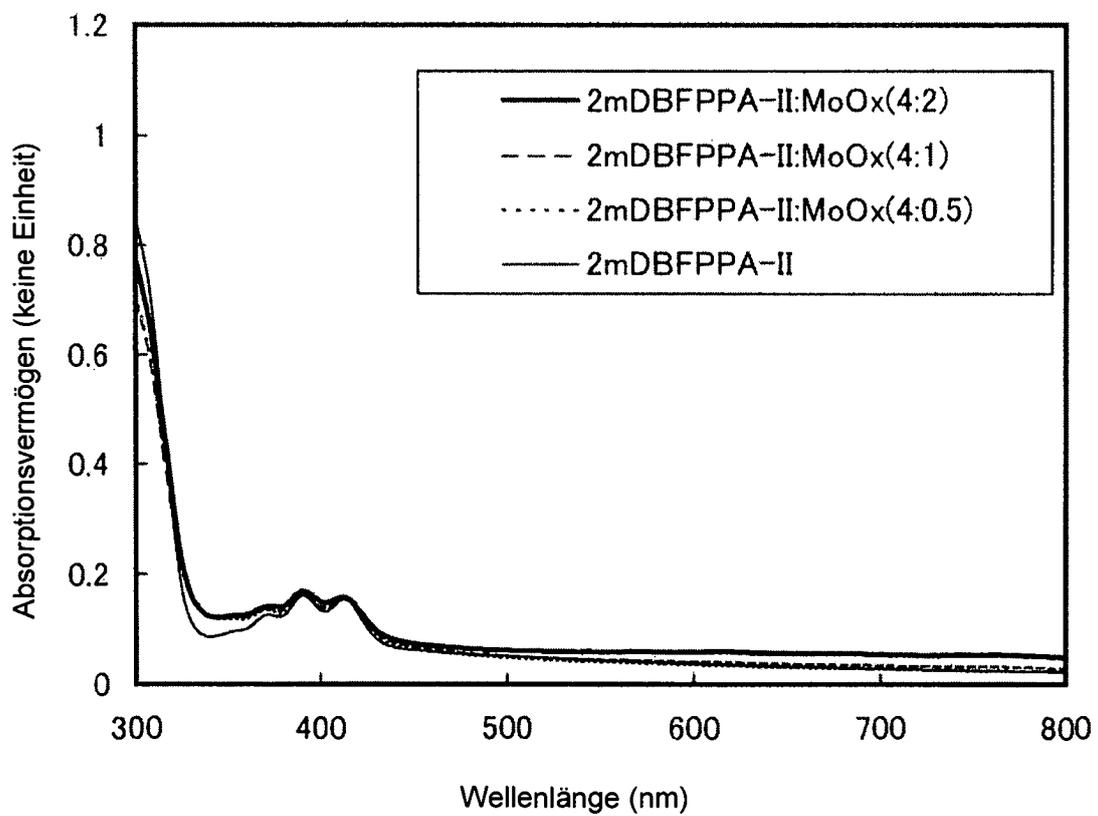


FIG. 15A

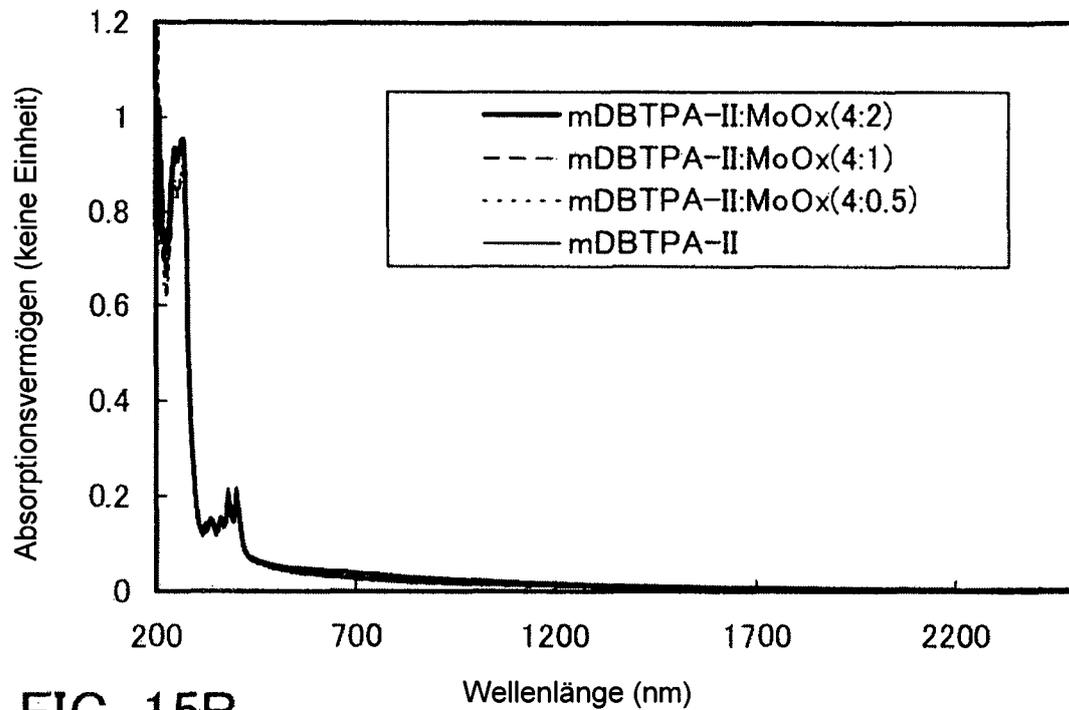


FIG. 15B

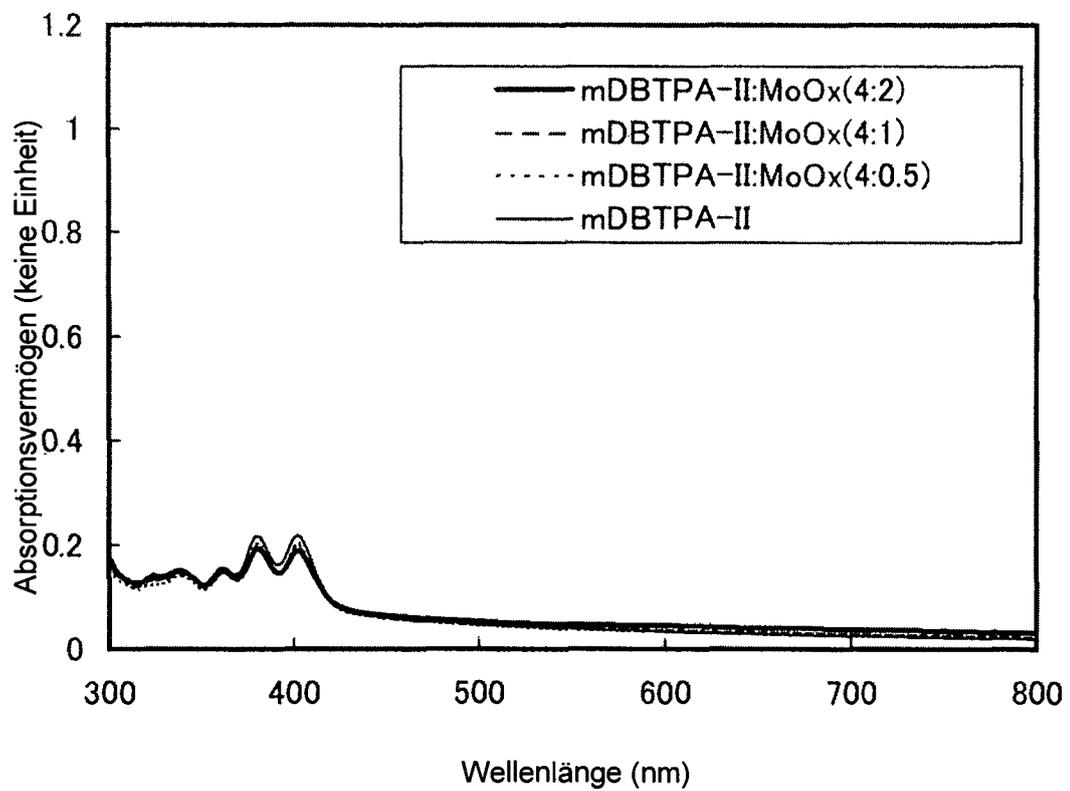


FIG. 16A

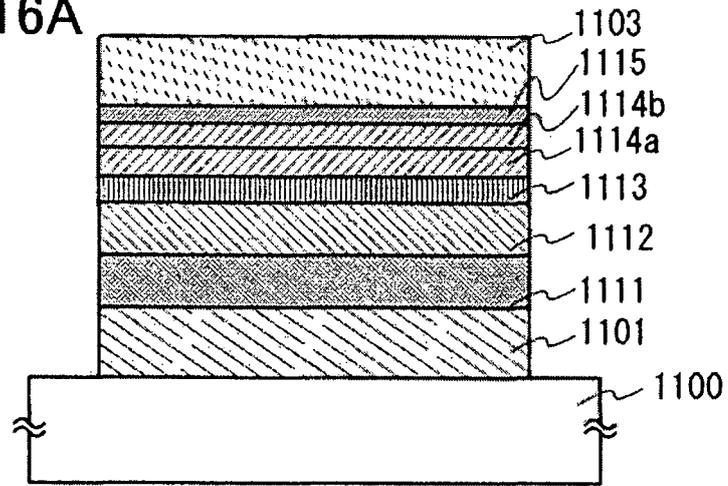


FIG. 16B

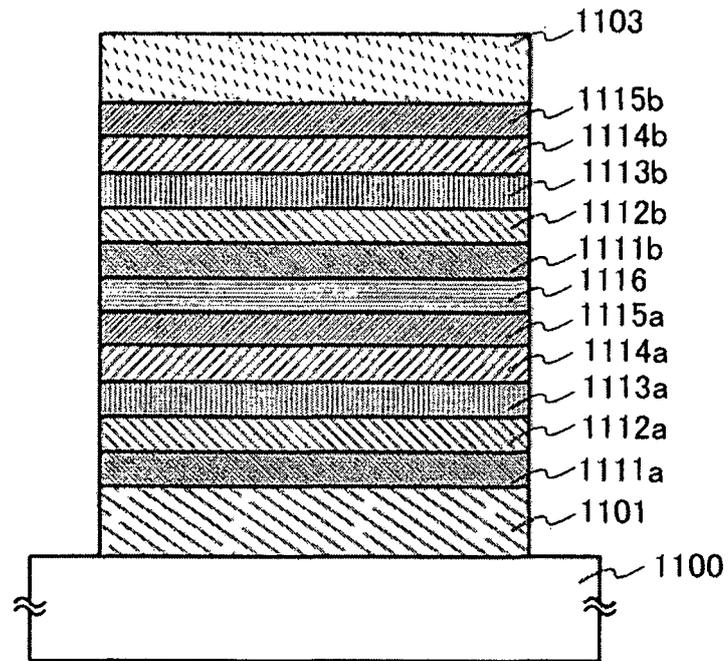


FIG. 17

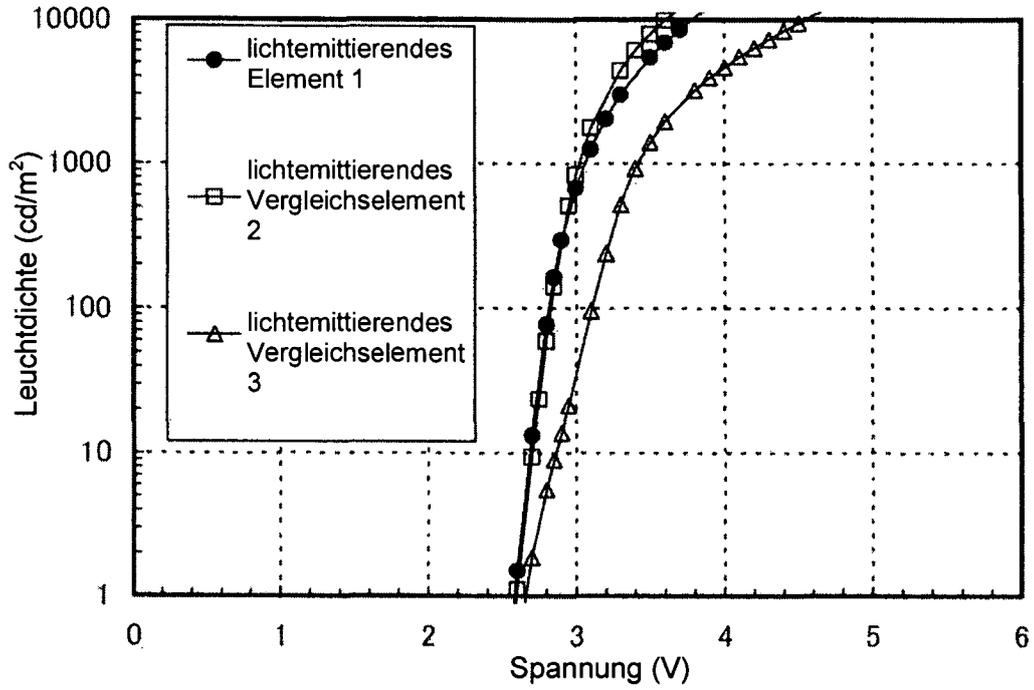


FIG. 18

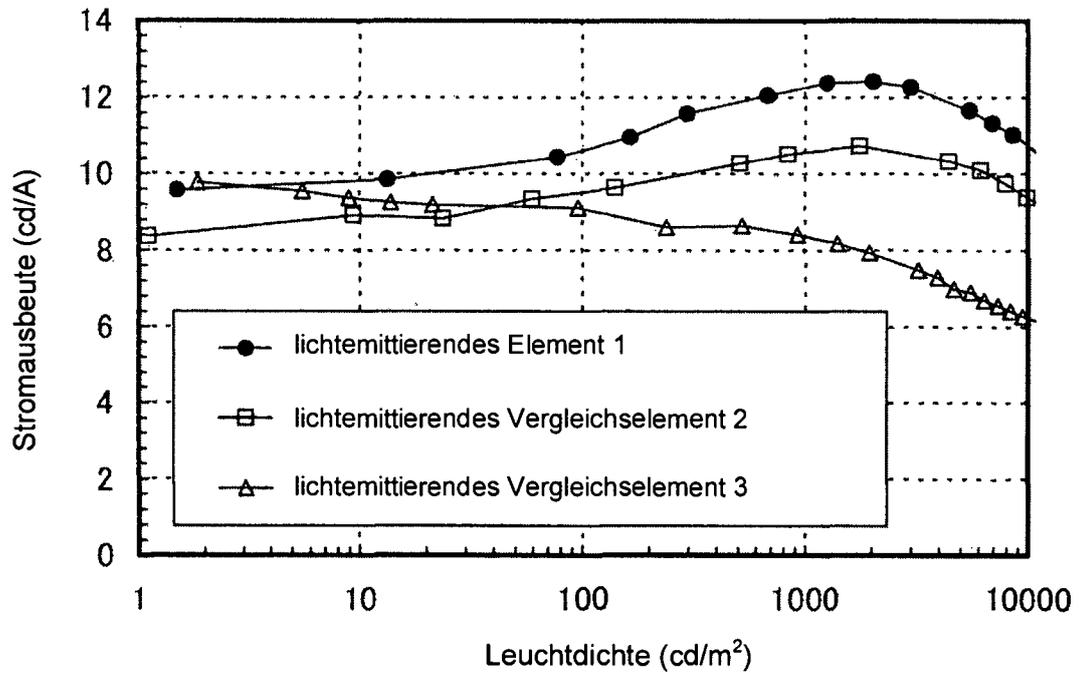


FIG. 19

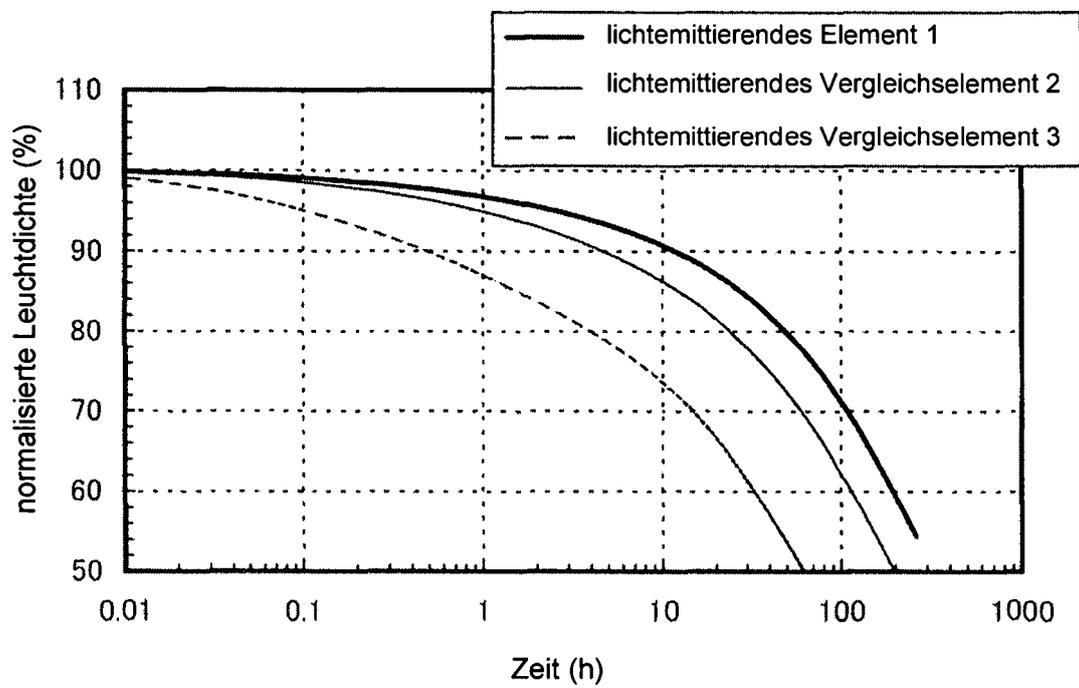


FIG. 20

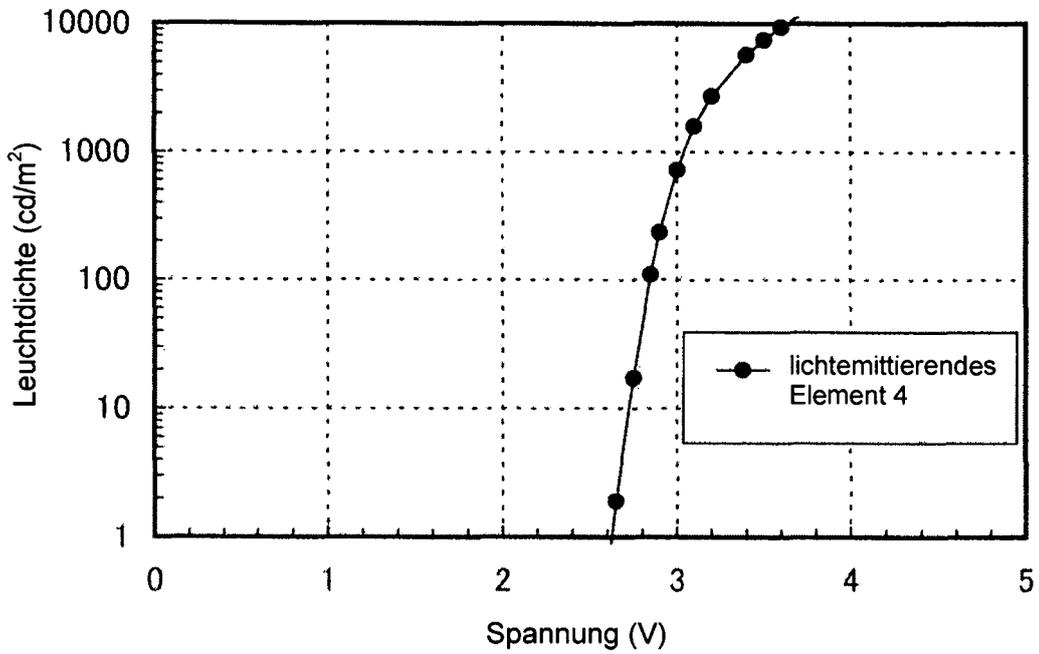


FIG. 21

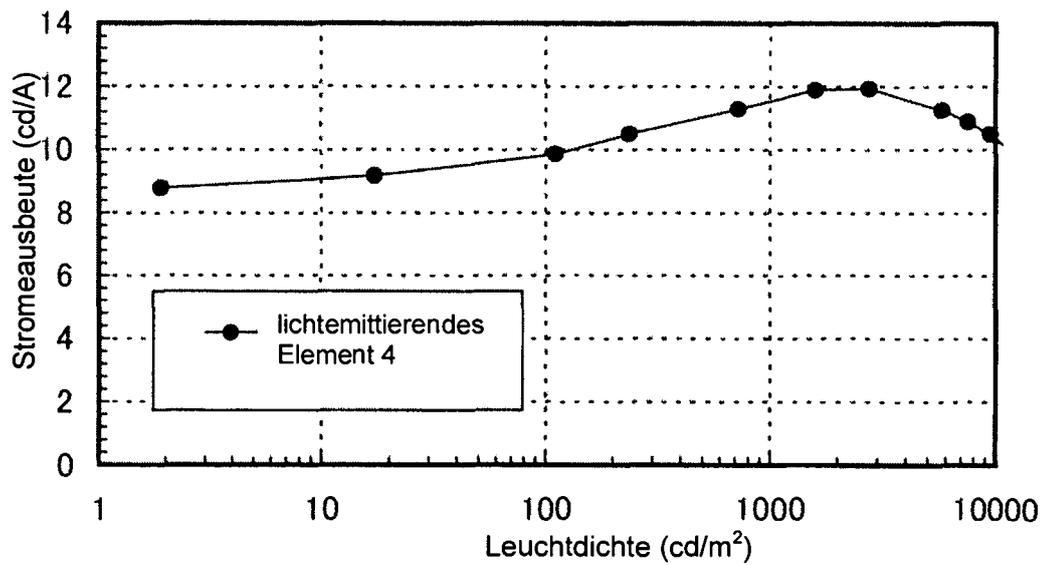


FIG. 22

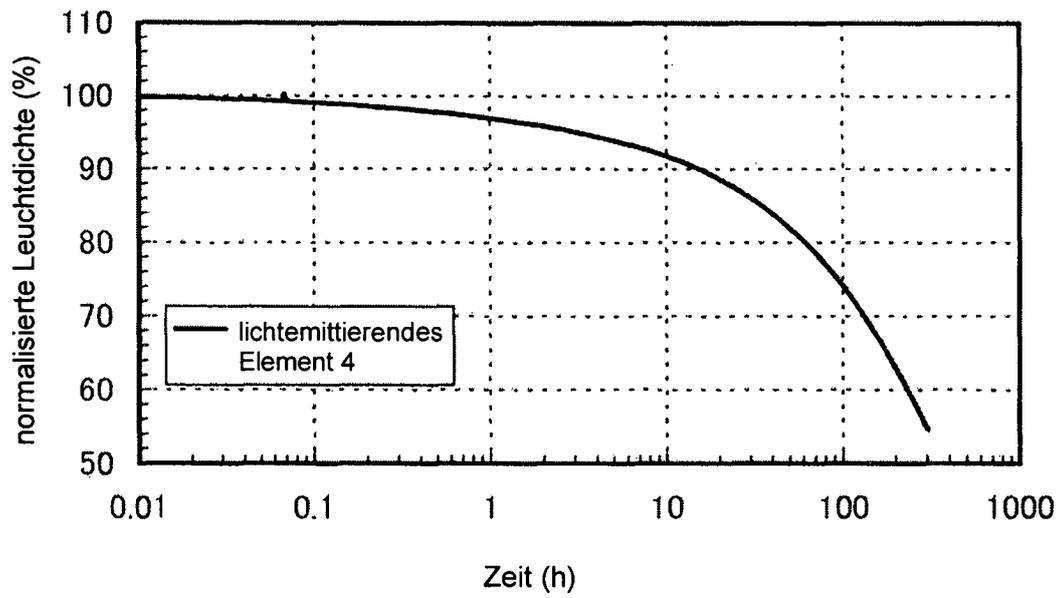


FIG. 23

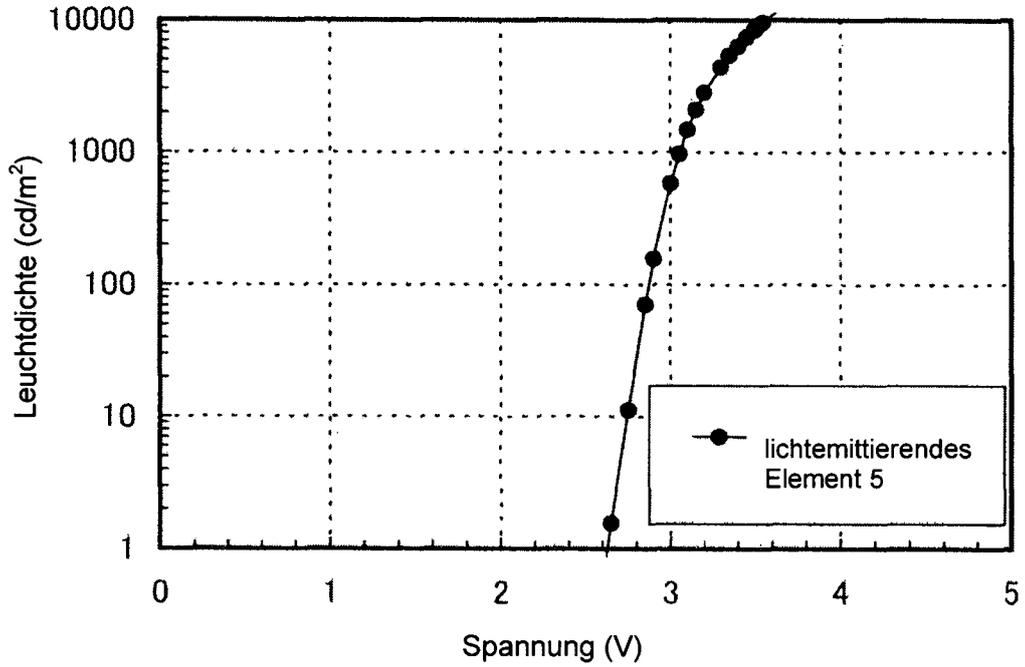


FIG. 24

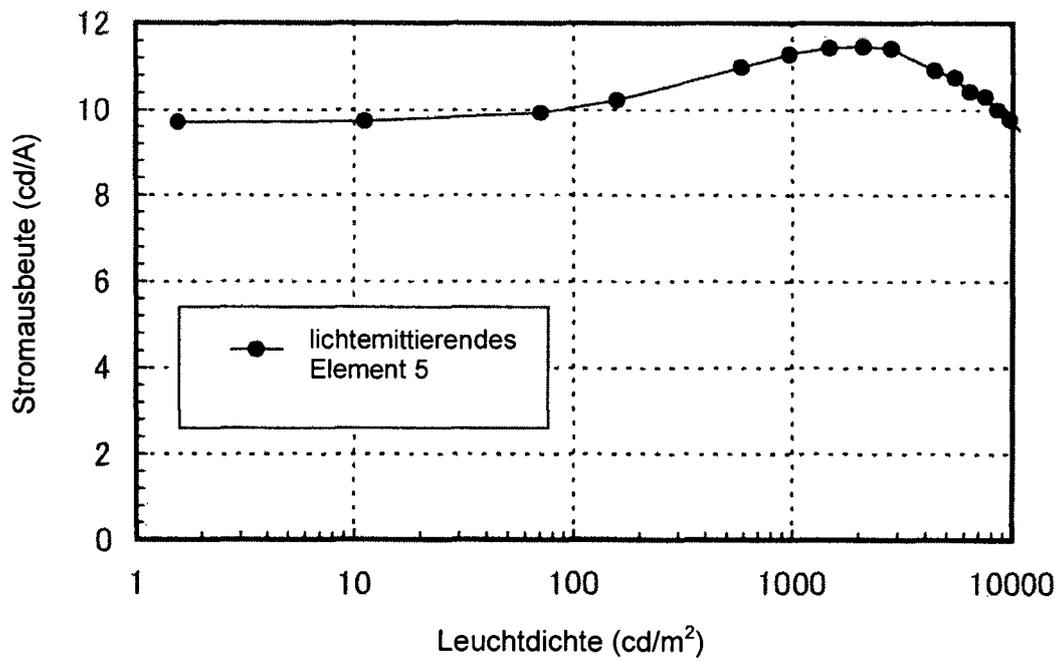


FIG. 25A

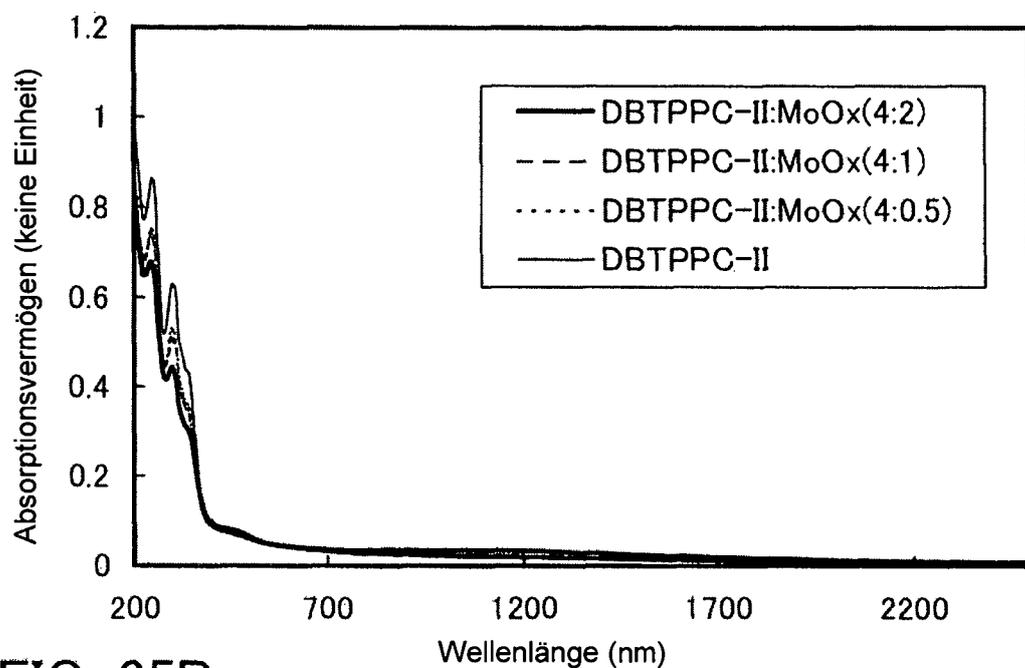


FIG. 25B

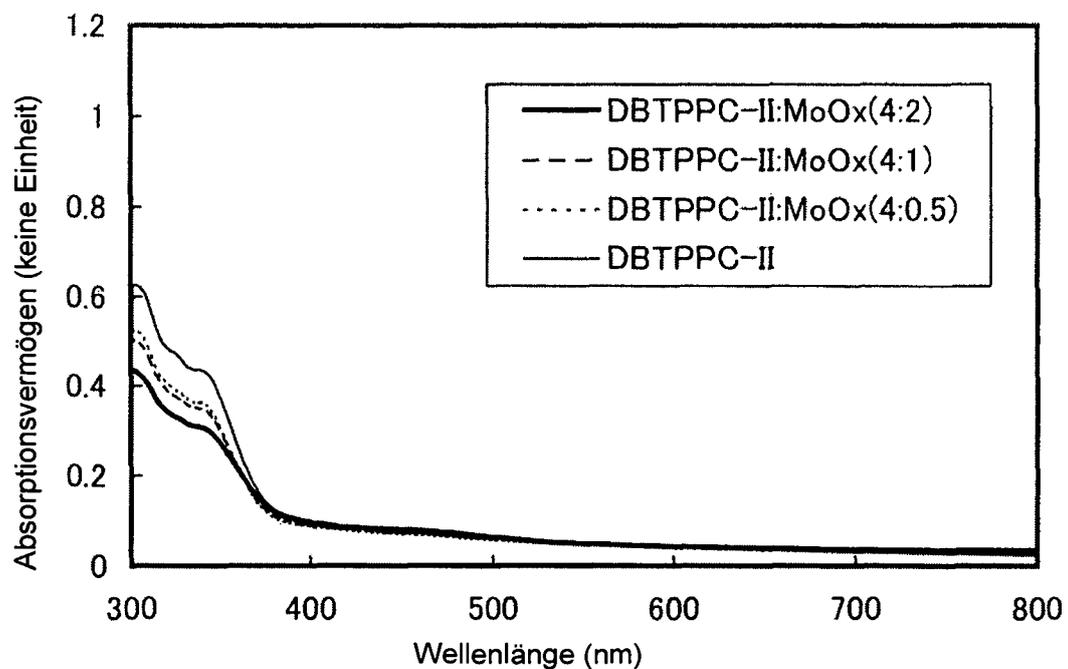


FIG. 26A

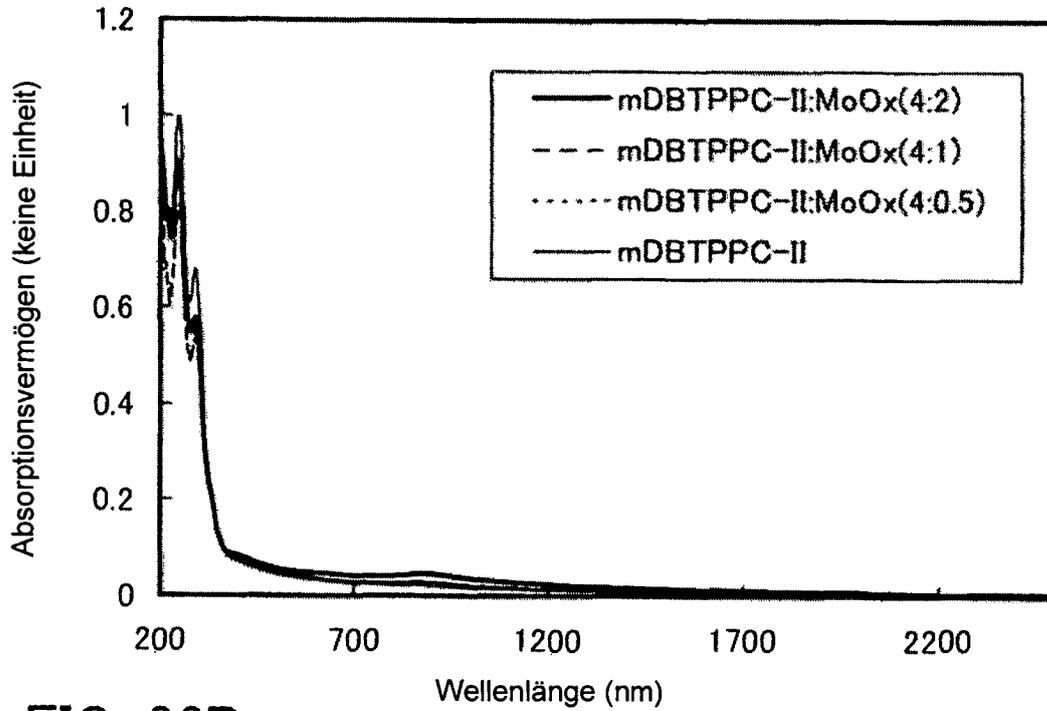


FIG. 26B

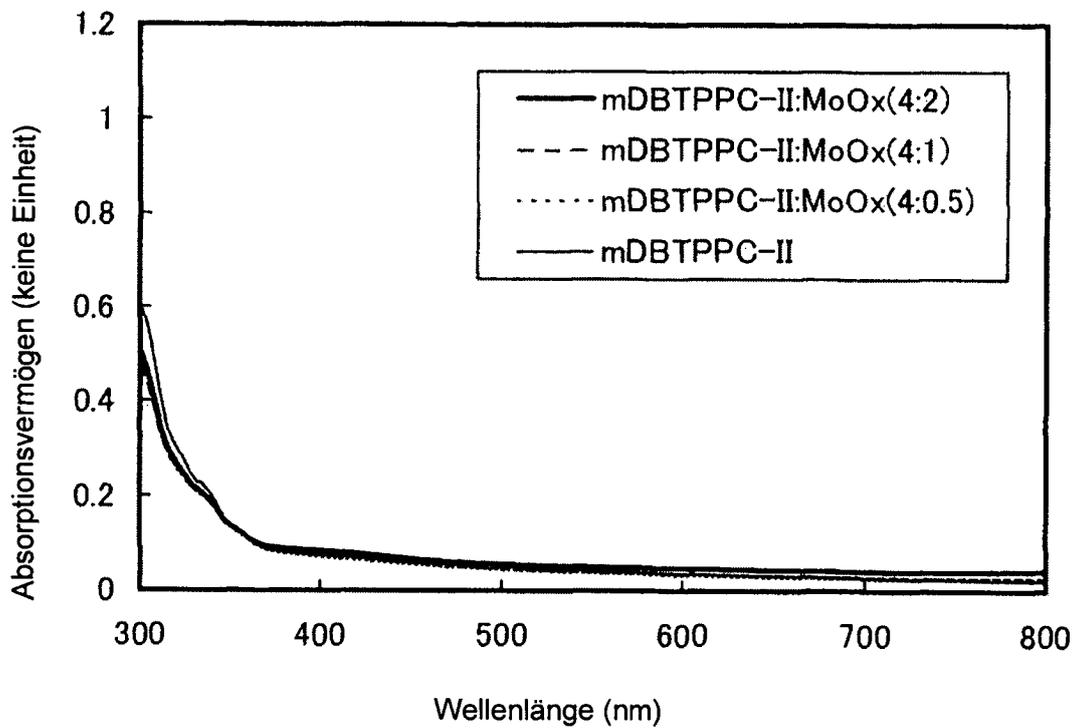


FIG. 27A

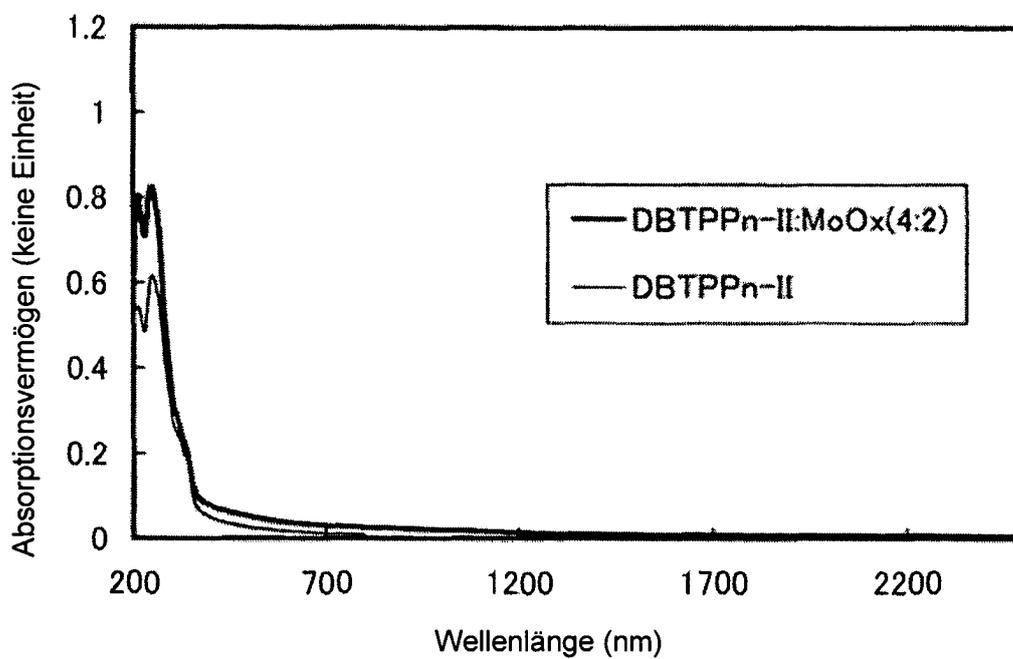


FIG. 27B

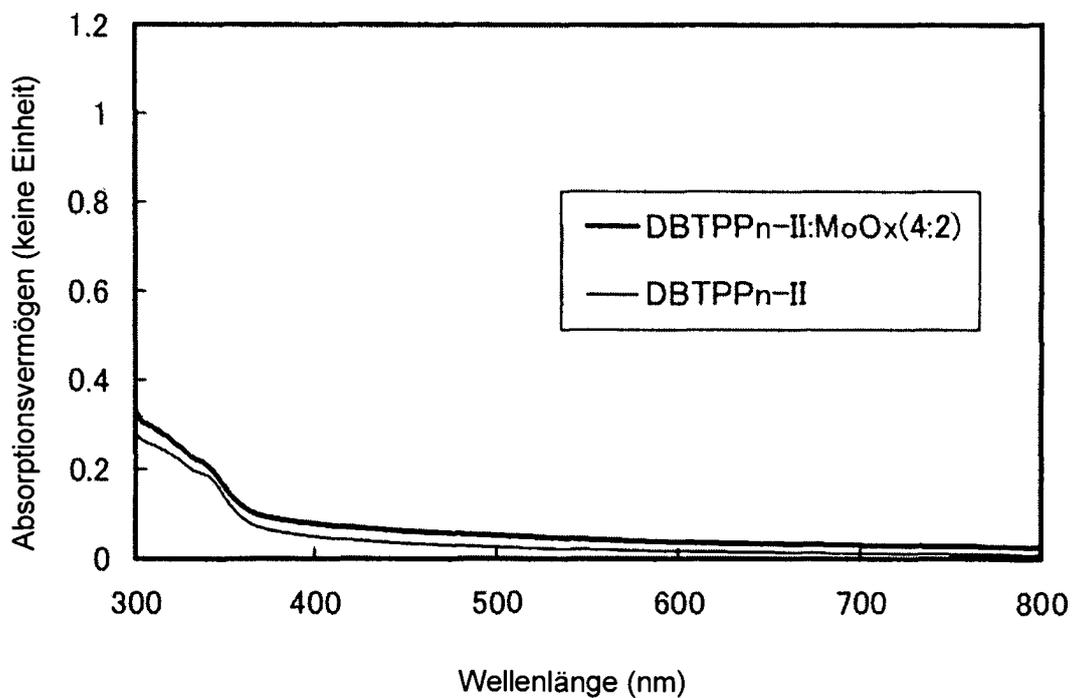


FIG. 28A

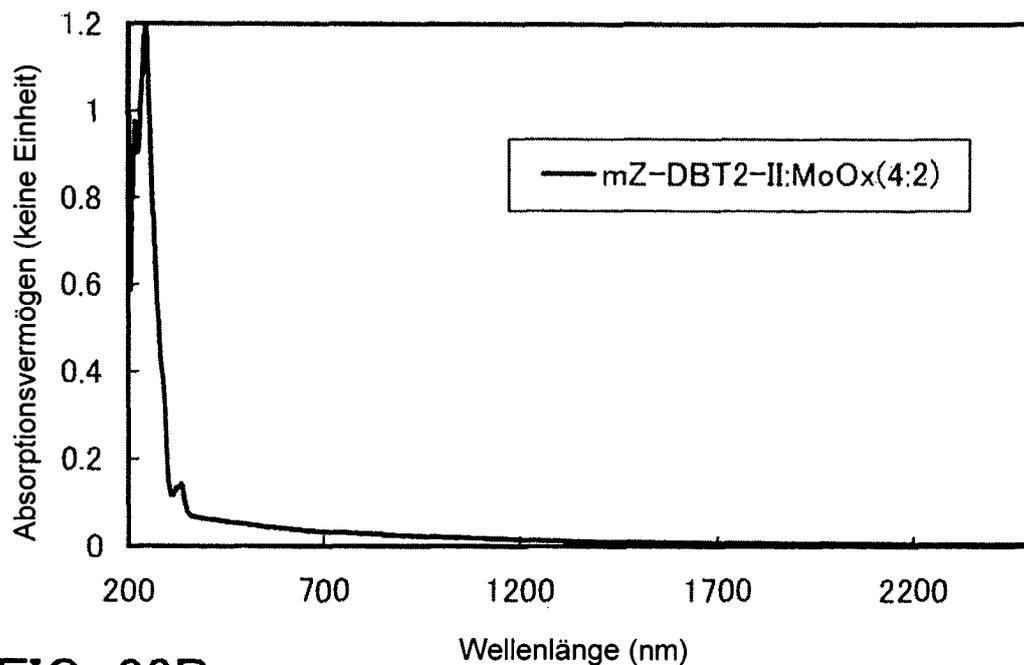


FIG. 28B

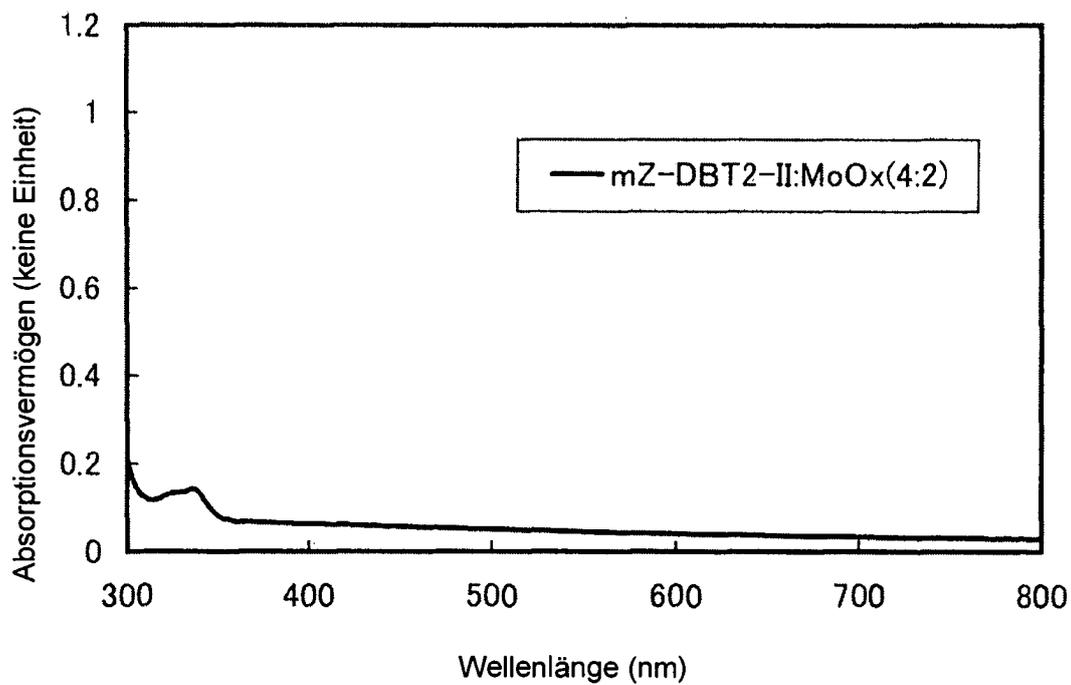


FIG. 29A

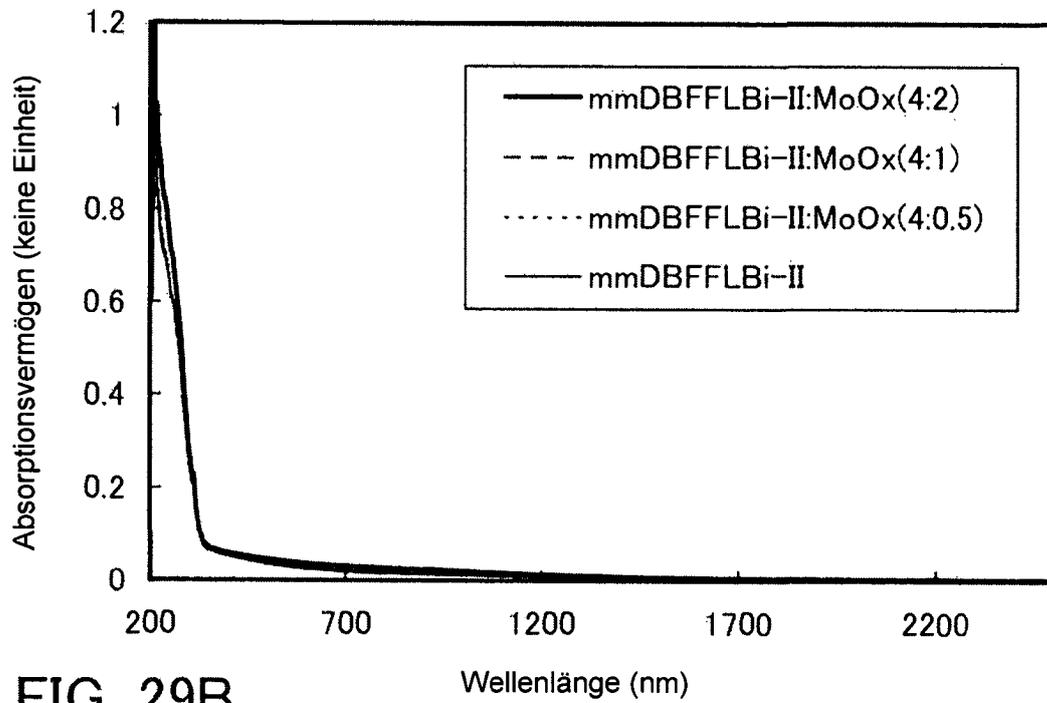


FIG. 29B

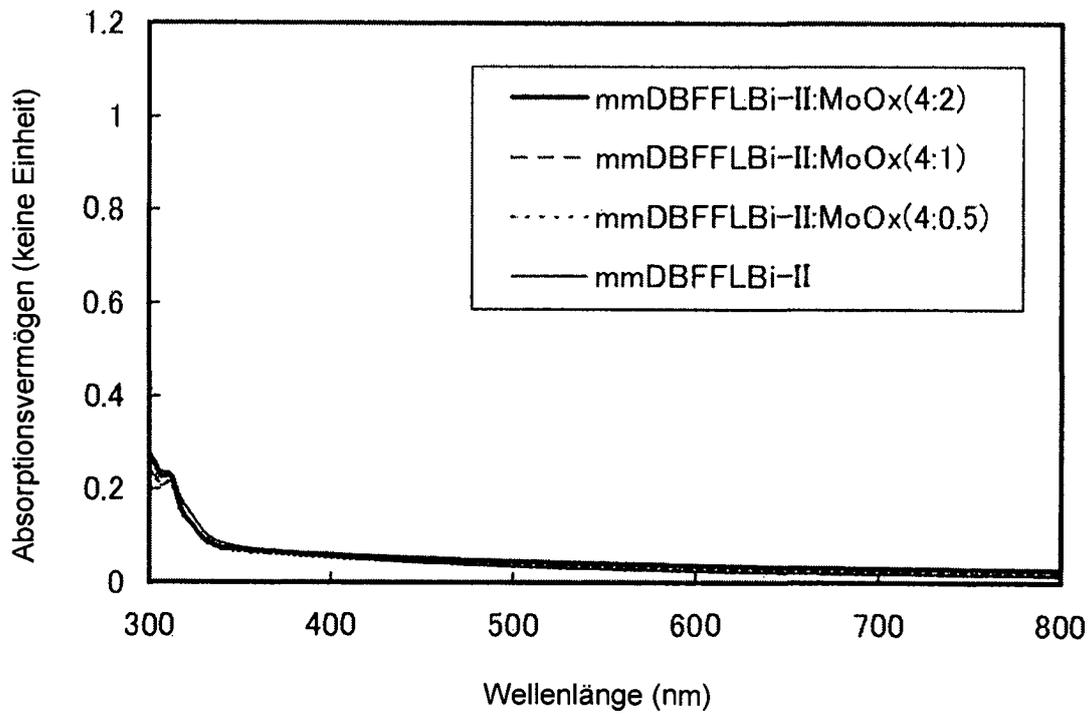


FIG. 30

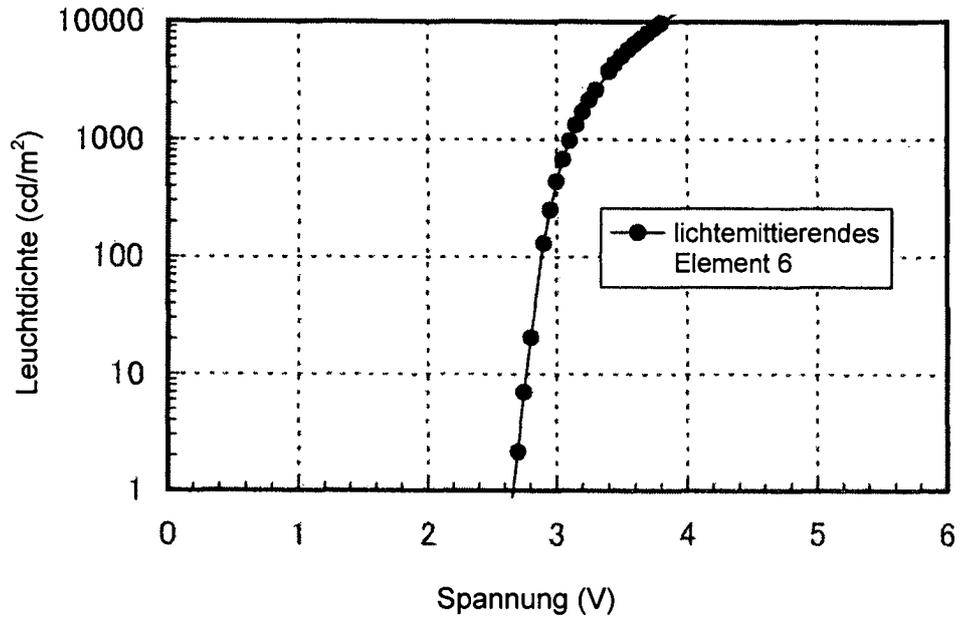


FIG. 31

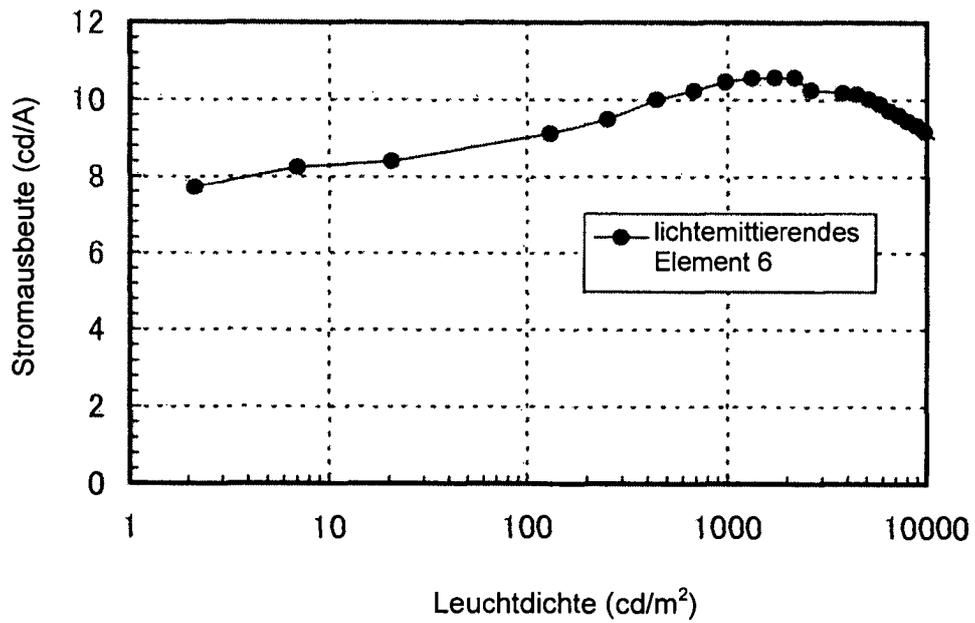


FIG. 32

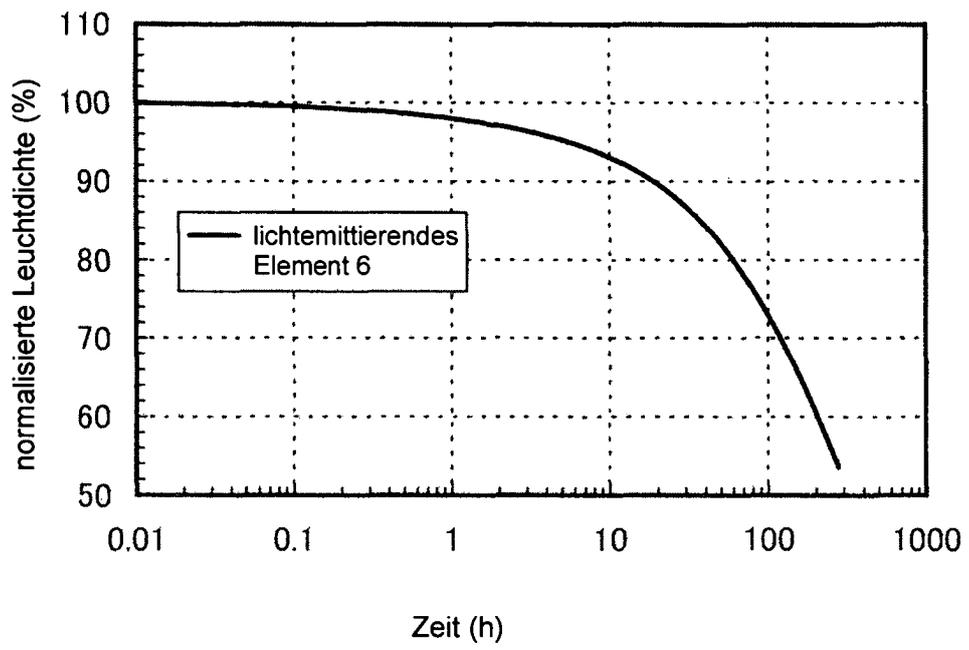


FIG. 33

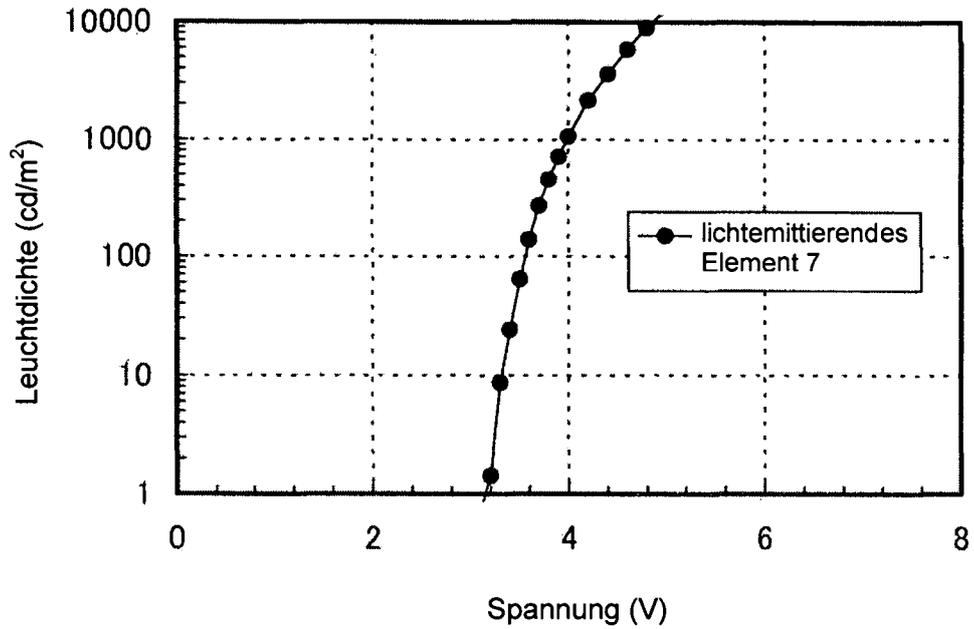


FIG. 34

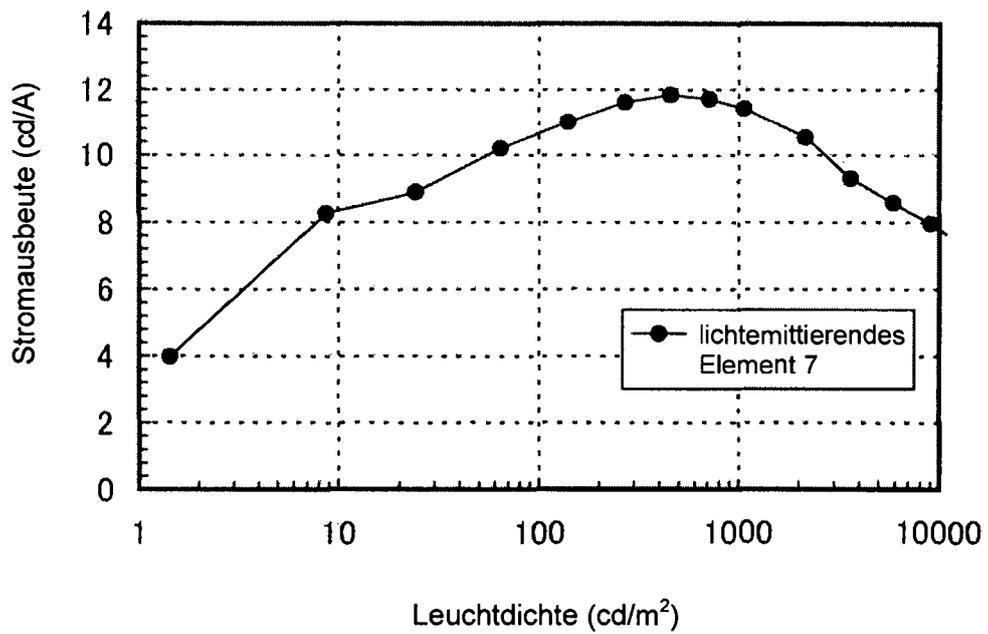


FIG. 35

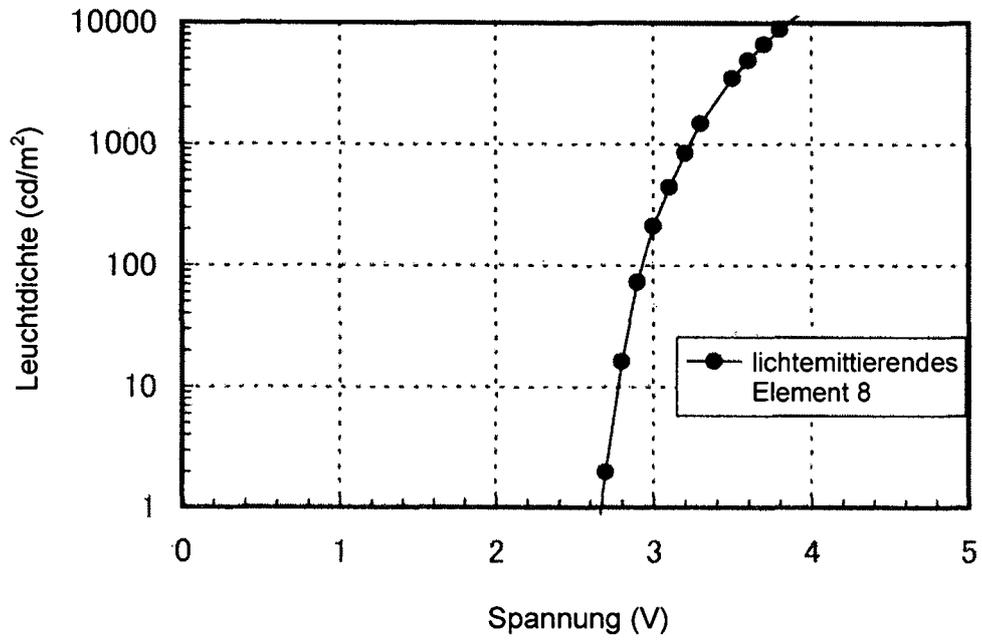


FIG. 36

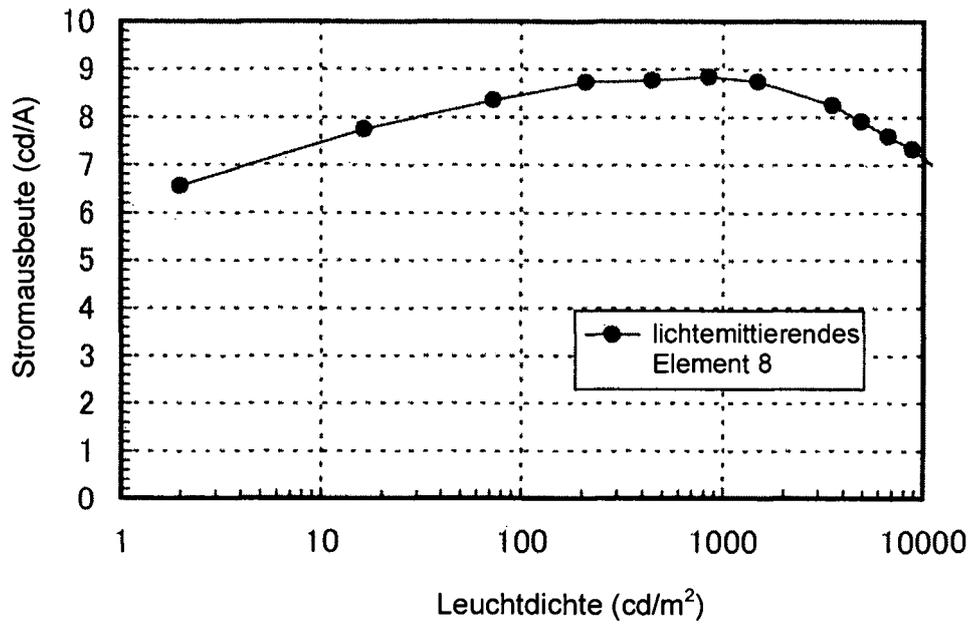


FIG. 37

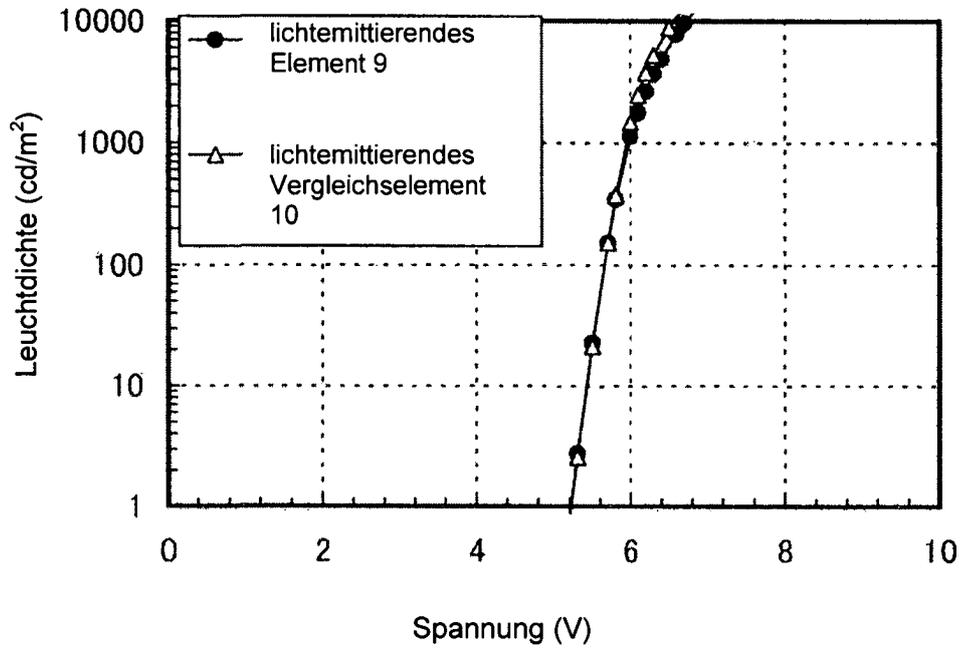


FIG. 38

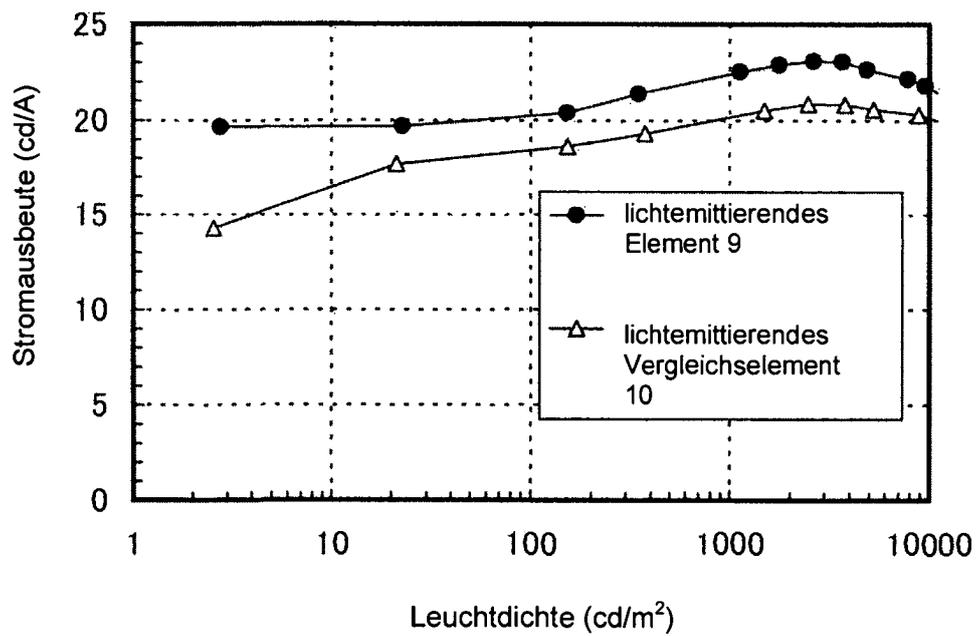


FIG. 39A

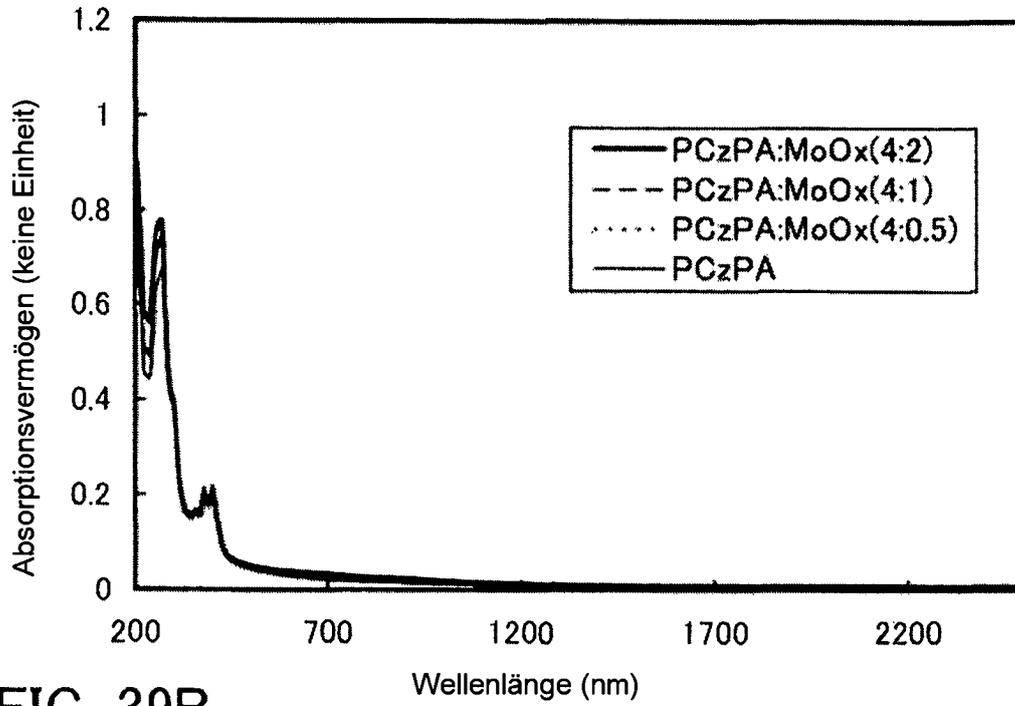


FIG. 39B

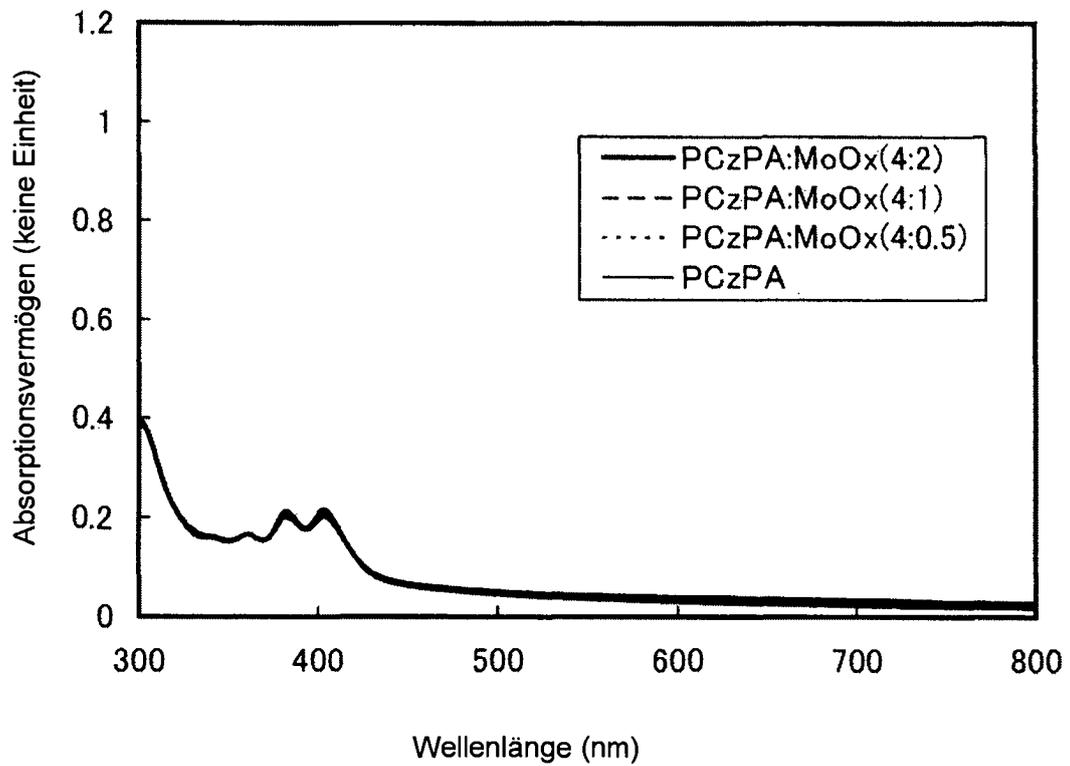


FIG. 40A

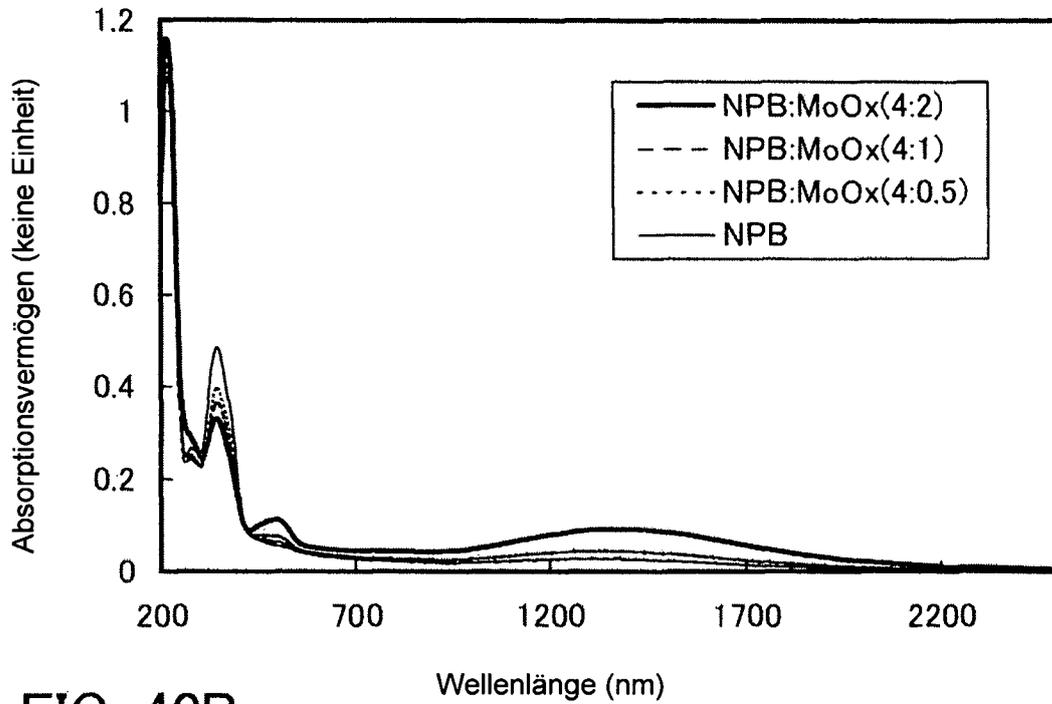


FIG. 40B

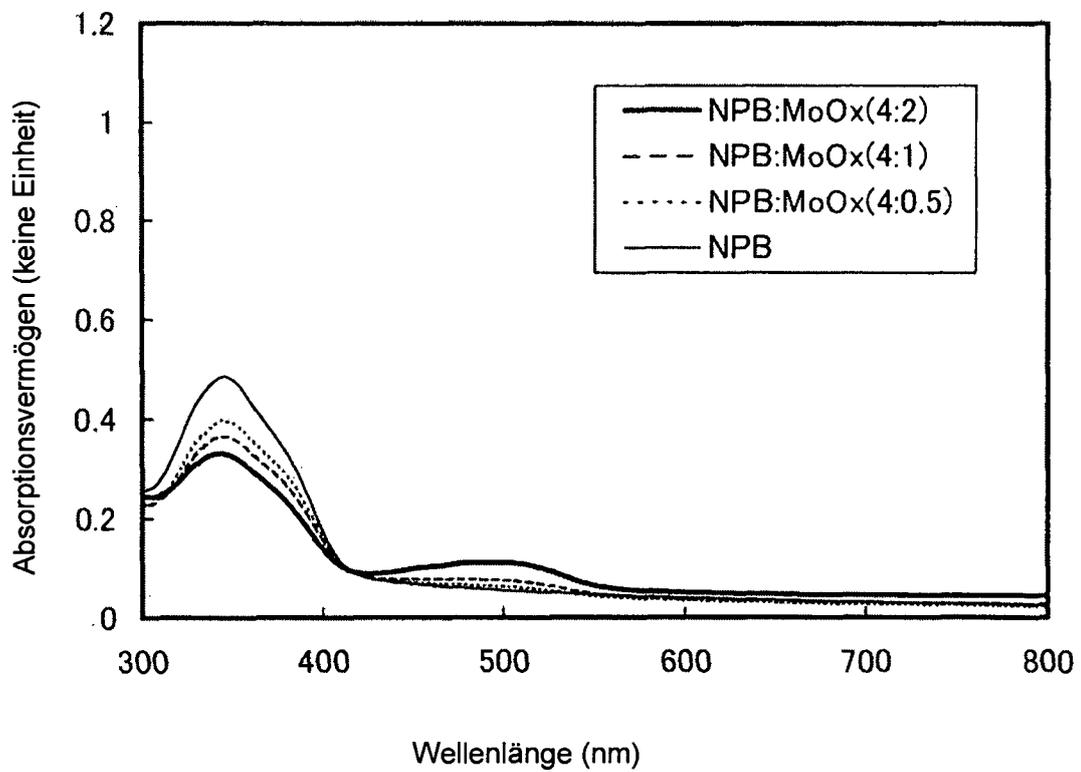


FIG. 41

34/35

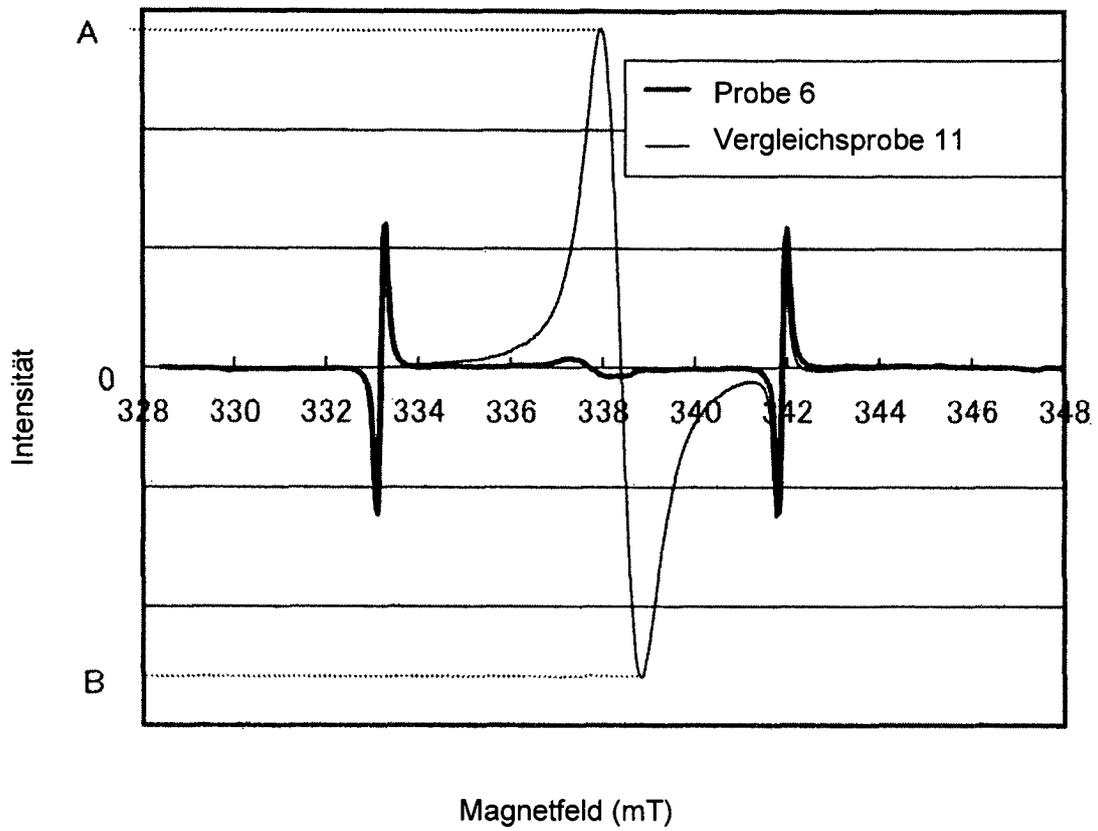


FIG. 42A

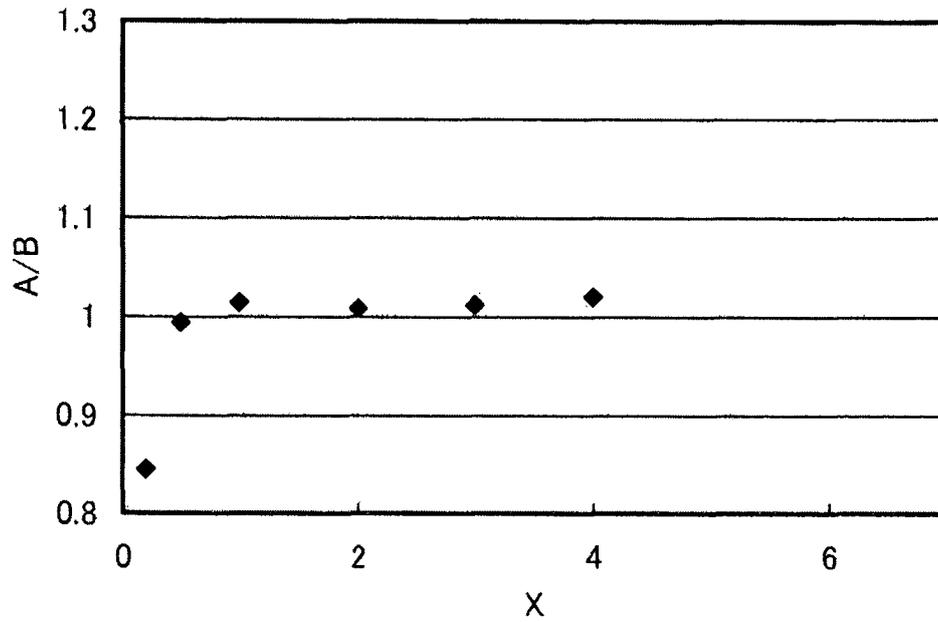


FIG. 42B

