



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 11 2012 005 831.3

(51) Int Cl.: C07D 209/80 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 10.07.2012

H01L 51/50 (2006.01)

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 03.06.2015

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:  
**2011-161161**

**22.07.2011** JP

(72) Erfinder:

Kawakami, Sachiko, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,  
JP; Suzuki, Tsunenori, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,  
JP; Suzuki, Hiroki, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;  
Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP

(62) Teilung aus:  
**11 2012 003 073.7**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

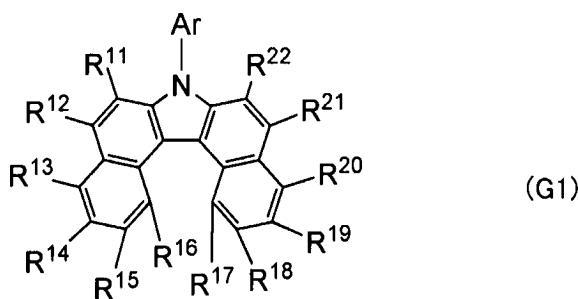
EP **1 748 045** A1

(73) Patentinhaber:  
**Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.,  
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

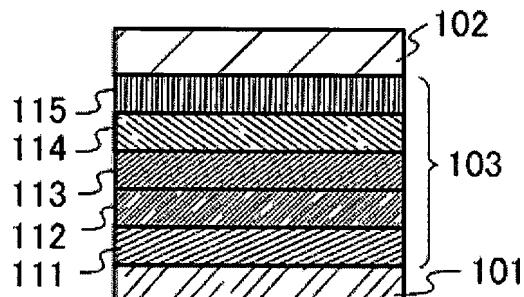
(74) Vertreter:  
**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG  
mbB, 80802 München, DE**

(54) Bezeichnung: **Dibenzo[c,g]Carbazol-Verbindung, lichtemittierendes Element, lichtemittierende Vorrichtung,  
Displayvorrichtung, Beleuchtungsvorrichtung und elektronische Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Verbindung dargestellt durch eine allgemeine Formel (G1),



wobei Ar eine Arylgruppe mit 14 bis 30 Kohlenstoffatomen darstellt und wenigstens ein Anthracengerüst umfasst,  
wobei das Anthracengerüst über eine Arylgruppe an ein Stickstoffatom in der allgemeinen Formel (G1) gebunden ist,  
und  
wobei R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen darstellen.



**Beschreibung****Technisches Gebiet**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein lichtemittierendes Element, eine lichtemittierende Vorrichtung, eine Displayvorrichtung, eine Beleuchtungsvorrichtung und eine elektronische Vorrichtung, welche jeweils die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung verwenden.

**Stand der Technik**

**[0002]** Eine Displayvorrichtung, welche ein lichtemittierendes Element (organisches EL-Element) verwendet, bei welchem eine organische Substanz als eine lichtemittierende Substanz verwendet wird, wurde schnell als eine Beleuchtungsvorrichtung oder Displayvorrichtung der nächsten Generation entwickelt, da sie Vorteile aufweist, wie dass das lichtemittierende Element dünn und leicht ausgebildet werden kann, eine sehr hohe Reaktionsgeschwindigkeit auf eingegebene Signale besitzt und einen niedrigen Stromverbrauch aufweist.

**[0003]** Wenn bei einem organischen EL-Element eine Spannung zwischen den Elektroden, zwischen denen eine lichtemittierende Schicht angeordnet ist, angelegt wird, rekombinieren von den Elektroden injizierte Elektronen und Löcher, um einen angeregten Zustand zu bilden, und wenn der angeregte Zustand zu dem Grundzustand zurückkehrt entsteht Lichtemission. Da die Wellenlänge des von einer lichtemittierenden Substanz emittierten Lichtes der lichtemittierenden Substanz eigen ist, ermöglicht es die Verwendung unterschiedlicher Arten organischer Verbindungen, lichtemittierende Elemente bereitzustellen, welche verschiedene Wellenlängen aufweisen, d. h. verschiedene Farben.

**[0004]** Wie oben beschrieben, ist das von einer lichtemittierenden Substanz emittierte Licht der Substanz eigen. Wichtige Leistungen als ein lichtemittierendes Element, wie Lebensdauer und Stromverbrauch, sind jedoch nicht nur von der lichtemittierenden Substanz, sondern im Wesentlichen von den anderen Schichten als der lichtemittierenden Schicht, den Eigenschaften einer lichtemittierenden Substanz und einem Wirt, der Kompatibilität zwischen diesen und dergleichen, abhängig. Daher trifft es zu, dass viele Arten von Materialien für lichtemittierende Elemente für ein Wachstum auf diesem Gebiet notwendig sind. Aus den oben beschriebenen Gründen wurden Materialien für lichtemittierende Elemente mit einer Vielzahl von Molekularstrukturen vorgeschlagen (z. B. Patentdokument 1 bis 4).

**[0005]** Die 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA) genannte Substanz, ist eines der Materialien, welche als ein Transportmaterial oder ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht in einem lichtemittierenden Element verwendet werden kann. Unter Verwendung von CzPA als ein Wirtsmaterial oder ein Elektronentransportmaterial kann ein lichtemittierendes Element hergestellt werden, welches blaue Fluoreszenz und ausgezeichnete Eigenschaften bzw. Charakteristiken in Bezug auf die Emissionseffizienz, Ansteuerspannung und Lebensdauer aufweist.

**[Referenzen]**

[Patentdokument 1] veröffentlicht US Patentanmeldung Nr. 2008/0122344

[Patentdokument 2] Internationale Veröffentlichung PCT Nr. 2010/114264

[Patentdokument 3] Internationale Veröffentlichung PCT Nr. 2011/010842

[Patentdokument 4] Europäische Patentanmeldung Nr. EP 1 748 045 A1

**Offenbarung der Erfindung**

**[0006]** Obwohl bisher bereits viele Materialien für lichtemittierende Elemente vorgeschlagen wurden, ist es schwierig Materialien, wie das oben beschriebene CzPA, zu entwickeln, mit denen es möglich ist, ein lichtemittierendes Element herzustellen, welches blaue Fluoreszenz bereitstellt und die richtige Kombination wichtiger, ausgezeichneter Eigenschaften in Bezug auf die Emissionseffizienz, Ansteuerspannung und Lebensdauer aufweist.

**[0007]** Daher ist es ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine neuartige Verbindung bereitzustellen, welche als eine Transportschicht oder als ein Wirtsmaterial oder als ein lichtemittierendes Material einem lichtemittierenden Element verwendet werden kann und mit welchem ein lichtemittierendes Element mit hoher Leistung hergestellt werden kann.

**[0008]** Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz bereit zu stellen, welches die obige neue Verbindung verwendet. Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung bereit zu stellen, welches die neue Verbindung verwendet. Ein anderer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es ein lichtemittierendes Element mit langer Lebensdauer bereit zu stellen, welches die obige neue Verbindung verwendet. Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es ein lichtemittierendes Element mit bevorzugten Eigenschaften in Bezug auf die Emissionseffizienz, die Ansteuerspannung und die Lebensdauer bereit zu stellen, welches die obige neue Verbindung verwendet.

**[0009]** Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine lichtemittierende Vorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt. Ein anderer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine sehr zuverlässige lichtemittierende Vorrichtung bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt.

**[0010]** Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine Displayvorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt. Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine sehr zuverlässige Displayvorrichtung bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt.

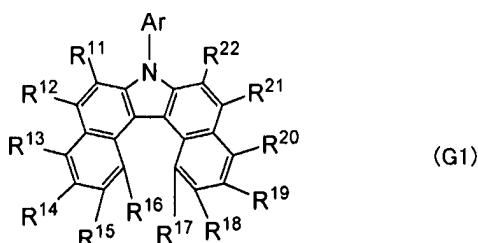
**[0011]** Ein anderer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine Beleuchtungsvorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt. Ein weiterer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine sehr zuverlässige Beleuchtungsvorrichtung bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt.

**[0012]** Ein anderer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine elektronische Vorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt. Ein anderer Gegenstand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es eine sehr zuverlässige elektronische Vorrichtung bereit zu stellen, welche ein die obige neue Verbindung verwendendes lichtemittierendes Element einsetzt.

**[0013]** Es sollte festgehalten werden, dass es in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nur notwendig ist, dass wenigstens einer der oben beschriebenen Gegenstände erzielt wird.

**[0014]** Die vorliegenden Erfinder haben eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung synthetisiert, bei welcher eine Arylgruppe mit wenigstens einem Anthracengerüst an ein Stickstoff an der Position 7 eines Dibenzo[c,g]y gebunden ist, und haben herausgefunden, dass ein lichtemittierendes Element mit sehr guten Eigenschaften unter Verwendung der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung einfach bereit gestellt werden kann.

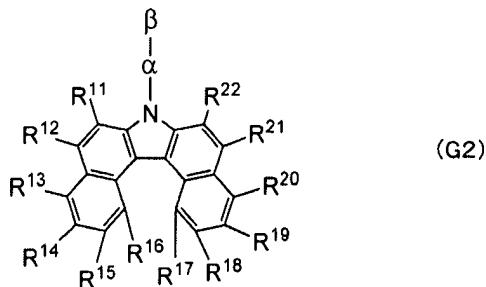
**[0015]** Insbesondere ist eine Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G1), mit welcher ein lichtemittierendes Element mit bevorzugten Eigenschaften einfach erzielt werden kann.



**[0016]** In der allgemeinen Formel (G1), stellt Ar eine Arylgruppe mit 14 bis 30 Kohlenstoffatomen dar und enthält wenigstens ein Anthracengerüst, wobei das Anthracengerüst über eine Arylgruppe an das Stickstoffatom in der allgemeinen Formel (G1) gebunden ist. Des Weiteren stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar.

**[0017]** Wenn in der obigen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die allgemeine Formel (G1), das Anthracengerüst über eine Phenylengruppe an ein Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist, kann die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung mit höherer Reinheit synthetisiert werden und weist eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft auf.

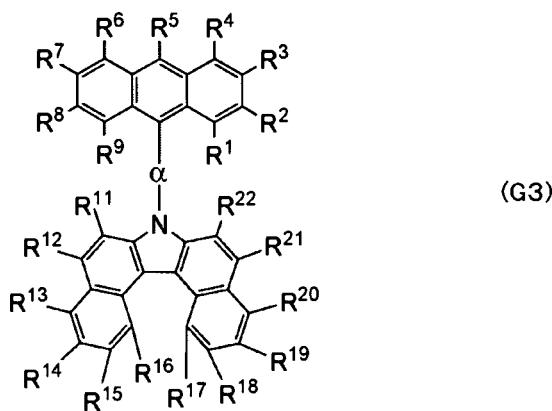
**[0018]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G2).



**[0019]** In der allgemeinen Formel (G2) stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar, α stellt eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar und β stellt eine substituierte oder nicht substituierte Anthrylgruppe dar.

**[0020]** Wenn bei der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die allgemeine Formel (G2), die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts an die Position 9 eines Anthracengerüsts gebunden ist, weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine besonders breite Bandlücke auf und ist wirkungsvoll.

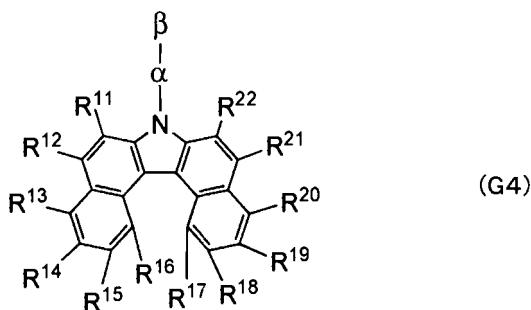
**[0021]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G3).



**[0022]** In der allgemeinen Formel (G3) stellt R<sup>5</sup> eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar, R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> stellen jeweils unabhängig Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen dar, R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> stellen jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar, α stellt eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar.

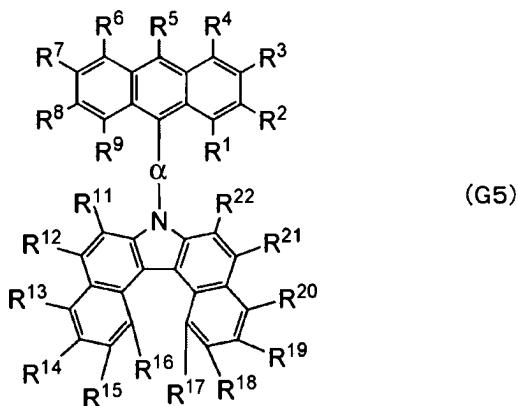
**[0023]** Des Weiteren weist ein lichtemittierendes Element unter Verwendung einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher die Anzahl der Kohlenstoffatome einer Anthrylphenylgruppe, gebunden an ein Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst, 20 bis 30 beträgt, Elementeigenschaften mit bevorzugter Stabilität und Zuverlässigkeit auf, d. h. eine Struktur, die im Hinblick auf die Aufdampfung bei der Herstellung eines lichtemittierenden Elementes bevorzugt ist.

**[0024]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G4).



**[0025]** In der allgemeinen Formel (G4) stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar, α stellt eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar und β stellt eine substituierte oder nicht substituierte Anthrylgruppe dar. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von α und β 20 bis 30 beträgt.

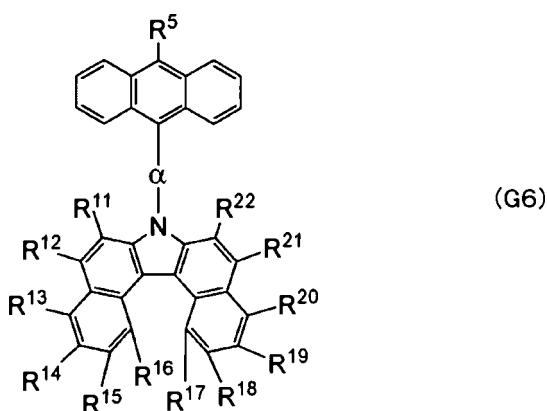
**[0026]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G5).



**[0027]** In der allgemeinen Formel (G5) stellt R<sup>5</sup> eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar, R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> stellen jeweils unabhängig Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen dar, R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> stellen jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar und α stellt eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von R<sup>1</sup> bis R<sup>9</sup> und α 6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

**[0028]** Des weiteren sind R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> jeweils bevorzugt Wasserstoff, da die Synthese einfacher wird und ein Vorteil hinsichtlich der Materialkosten erzielt werden kann.

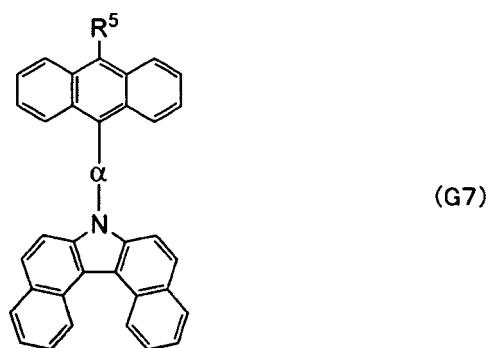
**[0029]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G6).



**[0030]** In der allgemeinen Formel (G6) stellt  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar,  $R^5$  stellt jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar und  $R^{11}$  bis  $R^{22}$  stellen jeweils eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $R^5$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

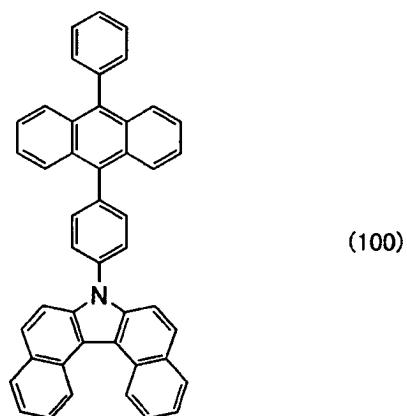
**[0031]** Wie oben sind  $R^{11}$  bis  $R^{22}$  vorzugsweise jeweils Wasserstoff, da in diesem Fall ein größerer Vorteil erzielt werden kann.

**[0032]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G7).

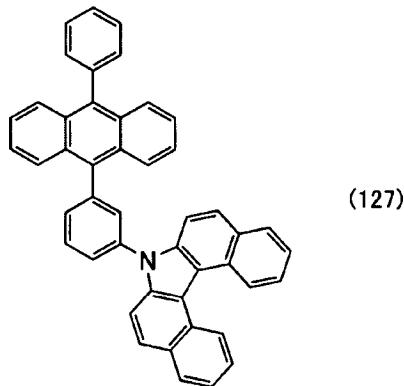


**[0033]** In der allgemeinen Formel (G7) stellt  $\alpha$  eine substituiert oder nicht substituierte Phenylengruppe dar und  $R^5$  stellt jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $R^5$  und  $\alpha$  6 oder mehr oder 16 oder weniger beträgt.

**[0034]** Eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung ist eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende Strukturformel (100).



**[0035]** Eine weitere Struktur der vorliegenden Erfindung ist eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende Strukturformel (127).



**[0036]** Eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung mit einer der obigen Strukturen ist ein lichtemittierendes Element mit einer breiten Energielücke und kann geeignet als eine Transportschicht, ein Wirtsmaterial oder eine lichtemittierende Substanz in einem blau fluoreszierenden Element oder dergleichen verwendet werden. Zusätzlich weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine bevorzugte Trägertransporteigenschaft auf und ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung kann unter Verwendung der Verbindung bereit gestellt werden. Des Weiteren ist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung gegenüber Oxidation und Reduktion stabil und ein lichtemittierendes Element, hergestellt unter Verwendung der Verbindung, kann ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer sein, welche sich weniger verschlechtert. Wenn des Weiteren die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung solche Eigenschaften in Kombination aufweist, kann ein lichtemittierendes Element mit hoher Leistung, welches eine ausgezeichnete Emissionseffizienz, Ansteuerspannung und Lebensdauer aufweist, hergestellt werden.

**[0037]** Unter Verwendung eines lichtemittierenden Elementes mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann eine lichtemittierende Vorrichtung, eine Displayvorrichtung, eine Beleuchtungsvorrichtung oder eine elektronische Vorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch erzielt werden. Eine lichtemittierende Vorrichtung, eine Displayvorrichtung, eine Beleuchtungsvorrichtung oder eine elektronische Vorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit kann auch erzielt werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0038]** Für die beigefügten Zeichnungen gilt:

**[0039]** **Fig. 1A** und **Fig. 1B** zeigen jeweils eine konzeptionelle Darstellung eines lichtemittierenden Elementes;

**[0040]** **Fig. 2** zeigt eine konzeptionelle Darstellung eines organischen Halbleiterelementes;

**[0041]** **Fig. 3A** und **Fig. 3B** zeigen konzeptionelle Darstellungen einer lichtemittierenden Aktivmatrix-Vorrichtung;

**[0042]** **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen konzeptionelle Darstellungen einer lichtemittierenden Passivmatrix-Vorrichtung;

**[0043]** **Fig. 5A** und **Fig. 5B** zeigen konzeptionelle Darstellungen einer Beleuchtungsvorrichtung;

**[0044]** **Fig. 6A** bis **Fig. 6D** stellen elektronische Vorrichtungen dar;

**[0045]** **Fig. 7** stellt eine Displayvorrichtung dar;

**[0046]** **Fig. 8** stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar;

**[0047]** **Fig. 9** stellt Beleuchtungsvorrichtungen dar;

**[0048]** **Fig. 10** zeigt Displayvorrichtungen und Beleuchtungsvorrichtungen im Fahrzeug;

**[0049]** **Fig. 11A** und **Fig. 11B** zeigen NMR Kurven von cgDBCzPA;

**[0050]** **Fig. 12A** und **Fig. 12B** zeigen jeweils ein Absorptions- und Emissionsspektrum von cgDBCzPA;

[0051] **Fig.** 13A und **Fig.** 13B zeigen CV Kurven von cgDBCzPA;

[0052] **Fig.** 14 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie eines lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1;

[0053] **Fig.** 15 zeigt die Spannungs-Strom-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1;

[0054] **Fig.** 16 zeigt die Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1;

[0055] **Fig.** 17 zeigt die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1;

[0056] **Fig.** 18 zeigt die Emissionsspektren des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1;

[0057] **Fig.** 19 zeigt die normalisierte Leuchtdichte-Zeit-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1;

[0058] **Fig.** 20 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie eines lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2;

[0059] **Fig.** 21 zeigt die Spannungs-Strom-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2;

[0060] **Fig.** 22 zeigt die Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2;

[0061] **Fig.** 23 zeigt die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2;

[0062] **Fig.** 24 zeigt die Emissionsspektren des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2;

[0063] **Fig.** 25 zeigt die normalisierte Leuchtdichte-Zeit-Kennlinie eines lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3;

[0064] **Fig.** 26 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3;

[0065] **Fig.** 27 zeigt die Spannungs-Strom-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3;

[0066] **Fig.** 28 zeigt die Emissionsspektren des lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3;

[0067] **Fig.** 29 zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Kennlinie eines lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2;

[0068] **Fig.** 30 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2;

[0069] **Fig.** 31 zeigt die Spannungs-Strom-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2;

[0070] **Fig.** 32 zeigt die Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2;

**[0071]** Fig. 33 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2;

**[0072]** Fig. 34 zeigt die Emissionsspektren des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2;

**[0073]** Fig. 35 zeigt die normalisierte Leuchtdichte-Zeit-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2.

#### Beste Art zur Durchführung der Erfindung

**[0074]** Im Folgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fachleute werden erkennen, dass die hier offenbarten Verfahren und Details auf verschiedene Weisen modifiziert werden können, ohne sich von dem Umfang der Erfindung zu entfernen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht so verstanden werden, dass sie auf die Beschreibung der Ausführungsformen beschränkt ist.

#### (Ausführungsform 1)

**[0075]** Ein lichtemittierendes Element in dieser Ausführungsform ist ein lichtemittierendes Element enthaltend eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher eine Arylgruppe mit wenigstens einem Anthracengerüst an die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist. Da die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist, kann das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung sein. Da die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung des Weiteren eine hohe Beständigkeit gegen wiederholte Oxidation und Reduktion aufweist, ist das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit langer Lebensdauer. Da die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung des Weiteren eine breite Bandlücke aufweist, ist das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz. Wie oben beschrieben kann ein lichtemittierendes Element mit einer Struktur gemäß dieser Ausführungsform einfach ein lichtemittierendes Element mit hoher Leistung mit der richtigen Kombination von Eigenschaften bereitstellen.

**[0076]** Es sollte festgehalten werden, dass, wenn die Anzahl der Kohlenstoffatome der Arylgruppe 14 bis 30 beträgt die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine niedermolekulare Verbindung mit einem relativ niedrigen Molekulargewicht ist, und daher eine Struktur aufweist, welche zur Vakuumaufdampfung geeignet ist (bei einer relativ niedrigen Temperatur Vakuumaufgedampft werden kann). Im Allgemeinen neigt ein niedriges Molekulargewicht dazu, die Wärmebeständigkeit nach der Film- bzw. Folienherstellung zu verringern. Auch mit einem niedrigen Molekulargewicht weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung jedoch einen Vorteil auf, dass ausreichende Wärmebeständigkeit sichergestellt wird, aufgrund der Wirkung des starren Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts. Es sollte festgehalten werden, dass das Anthracengerüst und das Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst, welche oben beschrieben sind, über eine zwischen diesen angeordnete Arylengruppe, wie einer Phenylengruppe oder einer Naphthylengruppe, gebunden sein können.

**[0077]** Des Weiteren weist ein lichtemittierendes Element mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher ein Anthracengerüst über eine Phenylengruppe an die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist, insbesondere einen Vorteil hinsichtlich der Lebensdauer auf. Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung weist eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft auf und ein lichtemittierendes Element unter Verwendung dieser Verbindung kann bei einer sehr niedrigen Spannung betrieben werden.

**[0078]** Das obige lichtemittierende Element kann als ein lichtemittierendes Element ausgedrückt werden, welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung enthält, in welcher eine Anthrylphenylgruppe an ein Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist. Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann einfach mit hoher Reinheit synthetisiert werden, so dass Verschlechterung aufgrund von Verunreinigungen unterdrückt werden kann. Es sollte festgehalten werden, dass die Anzahl an Kohlenstoffatomen der an das Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebundenen Anthrylphenylgruppe vorzugsweise 20 bis 30 beträgt, im Hinblick auf die Stabilität und die Zuverlässigkeit der Elementeigenschaften. In diesem Fall kann die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, wie oben beschrieben, bei relativ niedriger Temperatur vakuumaufgedampft werden und neigt daher nicht dazu aufgrund von Pyrolyse oder dergleichen bei der Verdampfung verschlechtert zu werden. Zusätzlich ist das lichtemittierende Element nicht nur bezüglich der Zuverlässigkeit, sondern auch bezüglich der Ansteuerspannung ausgezeichnet. Dies liegt auch an der elektrochemischen Stabilität und hohen Trägertransporteigenschaft aufgrund der Molekularstruktur der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher ein Anthracengerüst über eine Phenylengruppe an die Position eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist.

**[0079]** Des Weiteren ist ein lichtemittierendes Element mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher die Position 9 eines Anthracengerüsts an die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist, besonders geeignet als ein lichtemittierendes Element, welches Lichtemission mit einer großen Energie emittiert, wie blaue Fluoreszenz. Es sollte festgehalten werden, dass das Anthracengerüst und das Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst, welche oben beschrieben wurden, gebunden werden können, wobei eine Arylengruppe, wie eine Phenylengruppe oder eine Naphthylengruppe, zwischen diesen angeordnet ist.

**[0080]** Aus den obigen Gründen ist ein lichtemittierendes Element mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher die Position 9 eines Anthracengerüsts über eine Phenylengruppe an ein Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist, bevorzugt. In anderen Worten ist ein lichtemittierendes Element mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher eine (9-Anthryl)phenylgruppe an die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist, bevorzugt. Es sollte festgehalten werden, dass die Anzahl der Kohlenstoffatome der an das Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebundenen (9-Anthryl)phenylgruppe, vorzugsweise 20 bis 30 beträgt, im Hinblick auf die Stabilität und Zuverlässigkeit der Elementeigenschaften. Daher weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine breite Bandlücke auf, welche ein Merkmal aufgrund des Gerüsts der 9-Anthrylgruppe ist, zusätzlich zu der hohen Eignung zur Aufdampfung, elektrochemischer Stabilität und Trägertransporteigenschaft, wie oben beschrieben. Daher ist diese Verbindung in der Struktur eines lichtemittierenden Elements, bei welchem die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht verwendet wird und ein lichtemittierendes Material als Gastmaterial zu der lichtemittierenden Schicht zugegeben wird, wirkungsvoll.

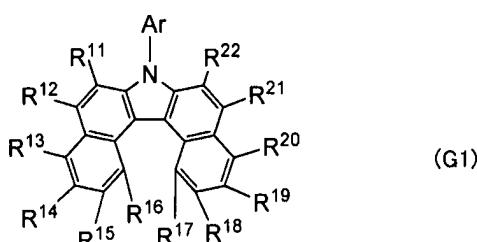
(Ausführungsform 2)

**[0081]** In dieser Ausführungsform wird eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung verwendet, um ein in der Ausführungsform beschriebenes lichtemittierendes Element zu erzielen.

**[0082]** Eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung dieser Ausführungsform ist eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, bei welcher eine Arylgruppe, enthaltend wenigstens ein Anthracengerüst, an die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist. Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung weist eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft auf. Zusätzlich weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine vorteilhaften Beständigkeit gegen widerholte Oxidation und Reduktion auf. Des Weiteren weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine breite Bandlücke auf. Demzufolge kann ein lichtemittierendes Element mit hoher Leistung einfach hergestellt werden, indem eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung dieser Ausführungsform eingefügt wird.

**[0083]** Es sollte festgehalten werden, dass die Anzahl an Kohlenstoffatomen der Arylgruppe, welche an das Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist, vorzugsweise 14 bis 30 beträgt, im Hinblick auf Eigenschaften, wie Stabilität und Zuverlässigkeit, des herzustellenden Elementes. Wenn die Anzahl der Kohlenstoffatome der Arylgruppe 14 bis 30 beträgt, ist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine niedermolekulare Verbindung mit einem relativ geringen Molekulargewicht und weist daher eine Struktur auf, welche zum Vakuumaufdampfen geeignet ist (in der Lage ist, bei einer relativ niedrigen Temperatur vakuumaufgedampft zu werden). Im Allgemeinen neigt ein niedrigeres Molekulargewicht dazu die Wärmebeständigkeit nach der Filmbildung zu verschlechtern. Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung weist jedoch auch mit einem niedrigen Molekulargewicht einen Vorteil auf, dass eine ausreichende Wärmebeständigkeit sichergestellt werden kann, aufgrund der Wirkung des starren Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts. Es sollte festgehalten werden, dass wenn in dieser Beschreibung die Anzahl an Kohlenstoffatomen definiert wird, diese Zahl die Gesamtanzahl der Kohlenstoffatome bedeutet, einschließlich denen eines Substituenten der Gruppe, Verbindung oder dergleichen, deren Definition angeführt ist.

**[0084]** Die obige Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann durch die folgende allgemeine Formel (G1) dargestellt werden.

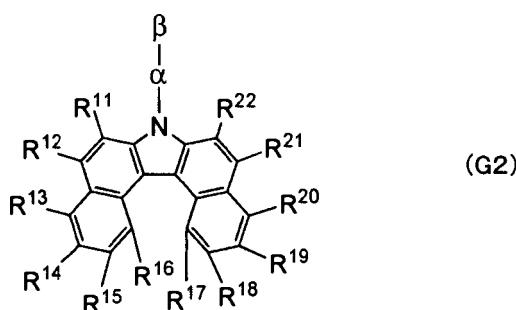


**[0085]** In der obigen allgemeinen Formel (G1) stellt Ar eine substituierte oder nicht substituierte Arylgruppe dar, welche 14 bis 30 Kohlenstoffatome aufweist und wenigstens ein Anthracengerüst aufweist, wobei das Anthracengerüst über eine Arylgruppe an das Stickstoffatom in der allgemeinen Formel (G1) gebunden ist. Wenn das Anthracengerüst einen Substituenten aufweist, kann der Substituent eine Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sein. Neben diesem Substituenten kann auch eine Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen als Substituent an der Position 10 des Anthracengerüsts ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen.

**[0086]** Des Weiteren stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen.

**[0087]** Bei der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung dieser Ausführungsform ist es bevorzugt, dass das Anthracengerüst über eine Phenylengruppe an das Dibenzo[c,g]carbazolgerüst gebunden ist, da die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung in diesem Fall eine verbesserte Stabilität aufweist und mit höherer Reinheit hergestellt werden kann. Da die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung des Weiteren eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist, kann ein lichtemittierendes Element unter Verwendung dieser Verbindung bei einer sehr niedrigen Spannung betrieben werden.

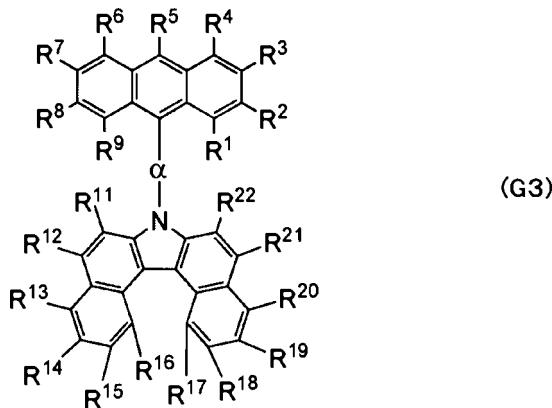
**[0088]** Die obige Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann durch die folgende allgemeine Formel (G2) dargestellt werden.



**[0089]** In der allgemeinen Formel (G2) stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen.

**[0090]** In der allgemeinen Formel (G2) stellt α eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar und β stellt eine substituierte oder nicht substituierte Anthrylgruppe dar. Wenn α einen Substituenten aufweist, kann eine Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Wenn β einen Substituenten aufweist, kann eine Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Neben solch einem Substituenten kann auch eine Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen als der Substituent an der Position 10 des Anthracengerüsts gewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen.

**[0091]** Wenn bei der Dibenzo[c,g]carbazole-Verbindung die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts mit der Position 9 eines Anthracengerüsts verbunden ist, weist die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung insbesondere eine breite Bandlücke auf und ist effektiv. Dies ist insbesondere in einer Struktur eines lichtemittierenden Elementes wirkungsvoll, bei welchem die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht verwendet wird und ein lichtemittierendes Material als ein Gastmaterial zu der lichtemittierenden Schicht zugegeben wird. Die obige Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann durch die folgende allgemeine Formel (G3) dargestellt werden.

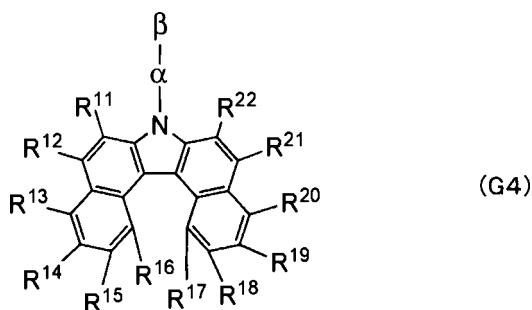


**[0092]** In der allgemeinen Formel (G3) stellt R<sup>5</sup> eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellen R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> jeweils unabhängig Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen. Zusätzlich stellt α eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar. Wenn α einen Substituenten aufweist, kann eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen.

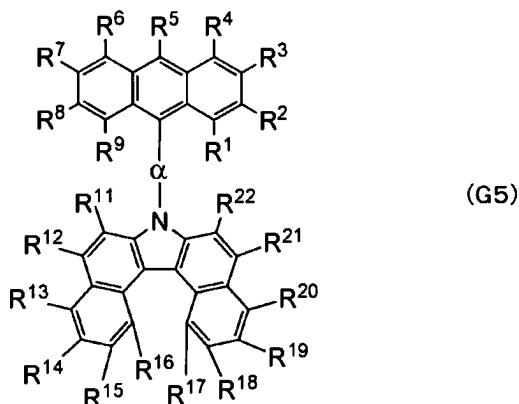
**[0093]** Es sollte festgehalten die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die allgemeine Formel (G2), als eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ausgedrückt werden kann, bei der eine Phenylanthrylgruppe an ein Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist, und die durch die allgemeine Formel (G3) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann als eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ausgedrückt werden, bei welcher eine (9-Phenyl)anthrylgruppe an ein Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist. Daher beträgt die Anzahl der Kohlenstoffatome der Phenylanthrylgruppe oder der (9-Phenyl)anthrylgruppe, welche an das Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüst gebunden ist, vorzugsweise 20 bis 30 im Hinblick auf Eigenschaften, wie Stabilität und Zuverlässigkeit. Dies liegt vermutlich daran, dass die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, wie oben beschrieben, bei relativ niedriger Temperatur Vakuumaufgedampft werden kann und daher nicht dazu neigt sich aufgrund von Pyrolyse oder dergleichen bei der Aufdampfung zu verschlechtern. Es sollte festgehalten werden, dass insbesondere eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung mit einer (9-Phenyl)anthrylgruppe eine breite Bandlücke aufweist und daher geeignet als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht in einem lichtemittierenden Element verwendet werden kann.

**[0094]** Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung weist aufgrund ihrer Molekularstruktur, bei welcher ein Anthracengerüst über eine Phenylengruppe an die Position 7 eines Dibenzo[c,g]carbazol-Gerüsts gebunden ist, elektrochemische Stabilität und eine hohe Trägertransporteigenschaft auf.

**[0095]** Die obige Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann durch die folgende allgemeine Formel (G4) oder (G5) dargestellt werden.



**[0096]** In der allgemeinen Formel (G4) stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen. Zusätzlich stellt α eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar. Wenn α einen Substituenten aufweist, kann eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellt β eine substituierte oder nicht substituierte Anthrylgruppe dar. Wenn β einen Substituenten aufweist, kann eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Neben solch einem Substituenten kann auch eine Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen als der Substituent an der Position 10 des Anthracengründs gewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von α und β 20 bis 30 beträgt.

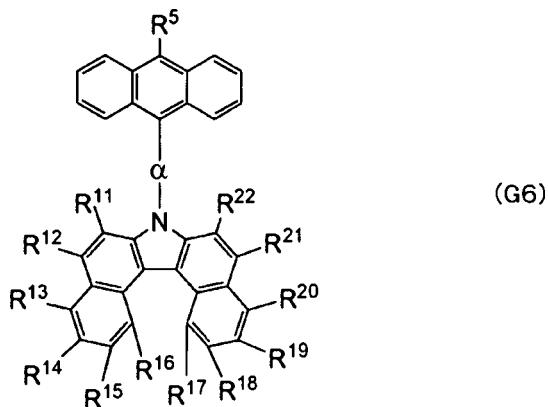


**[0097]** In der allgemeinen Formel (G5) stellt R<sup>5</sup> eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellen R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> jeweils unabhängig Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellen R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> stellen jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Spezifische Beispiele der Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen sind eine Phenylgruppe, eine Naphthylgruppe, eine Biphenylgruppe und dergleichen. Zusätzlich stellt α eine

substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar. Wenn  $\alpha$  einen Substituenten aufweist, kann eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $R^1$  bis  $R^9$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

**[0098]** Des Weiteren sind  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^6$ ,  $R^7$ ,  $R^8$  und  $R^9$  jeweils bevorzugt Wasserstoff, da die Synthese dann einfacher ist und ein Vorteil hinsichtlich der Kosten erzielt werden kann.

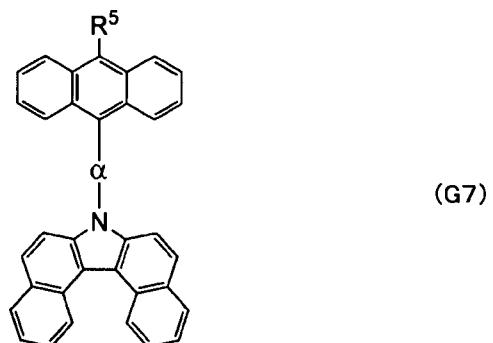
**[0099]** Folglich ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die folgende allgemeine Formel (G6).



**[0100]** In der allgemeinen Formel (G6) stellt  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar. Wenn  $\alpha$  einen Substituenten aufweist, kann eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellt  $R^5$  eines aus einem Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellt  $R^{11}$  bis  $R^{22}$  jeweils unabhängig eines aus Wasserstoff, einer Alkygruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtzahl der Kohlenstoffatome von  $R^5$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

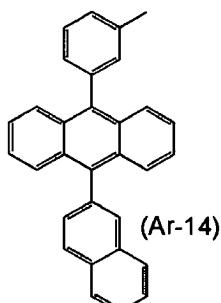
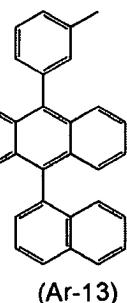
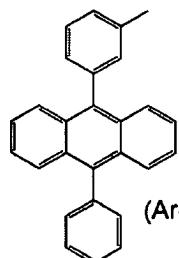
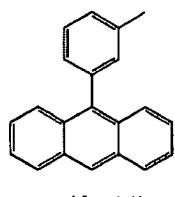
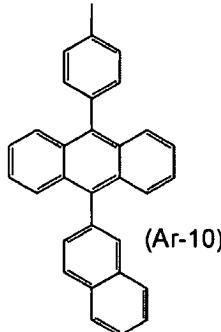
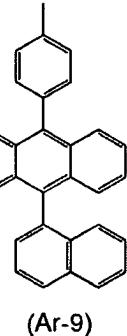
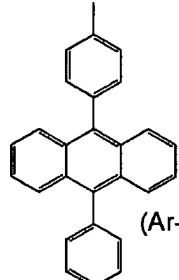
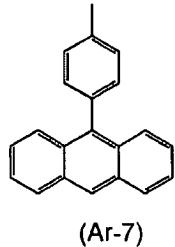
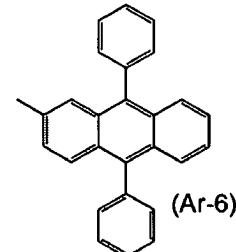
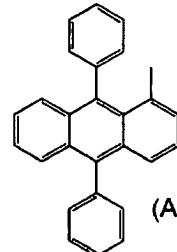
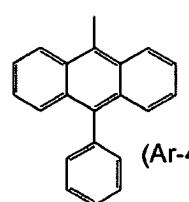
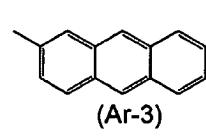
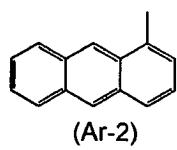
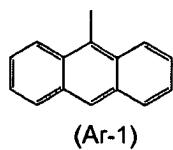
**[0101]** Wie oben sind  $R^{11}$  bis  $R^{22}$  vorzugsweise jeweils Wasserstoff, wodurch ein größerer Vorteil erzielt werden kann.

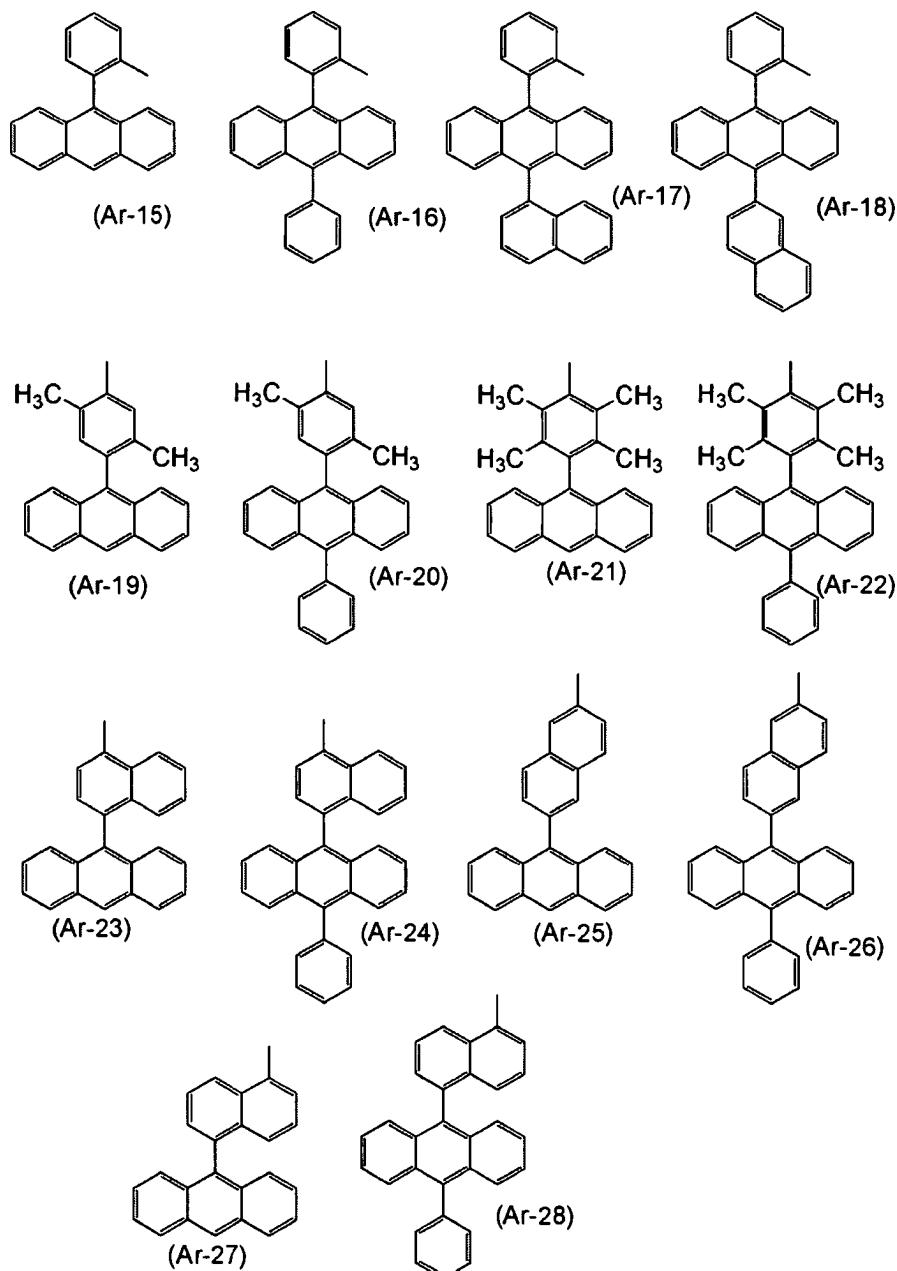
**[0102]** Entsprechend ist eine andere Struktur der vorliegenden Erfindung eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch folgende allgemeine Formel (G7).

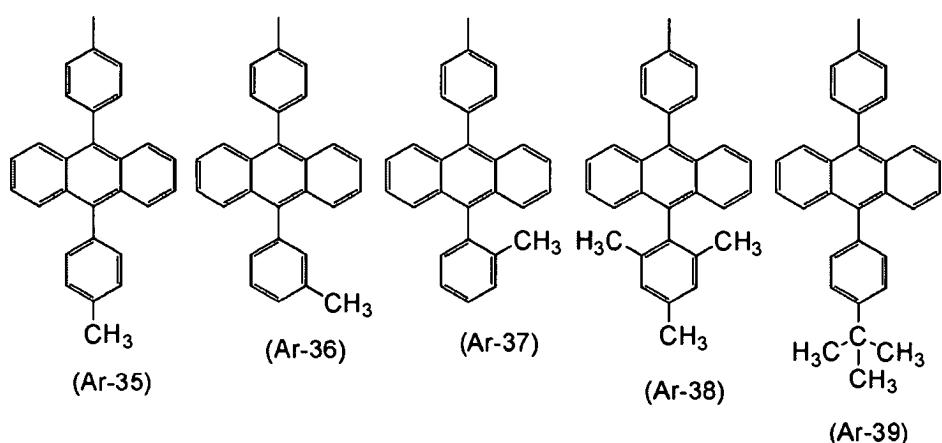
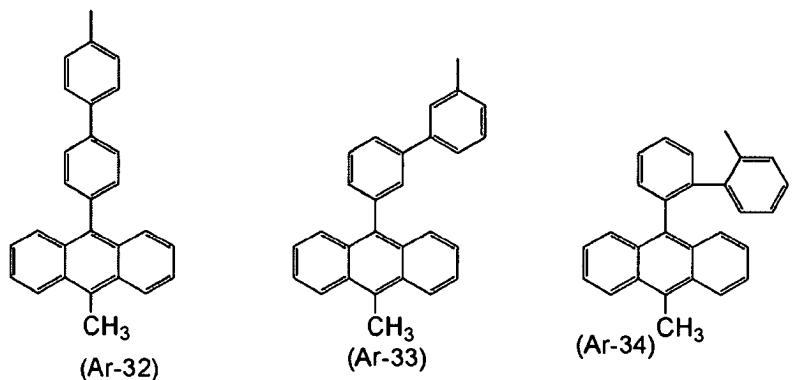
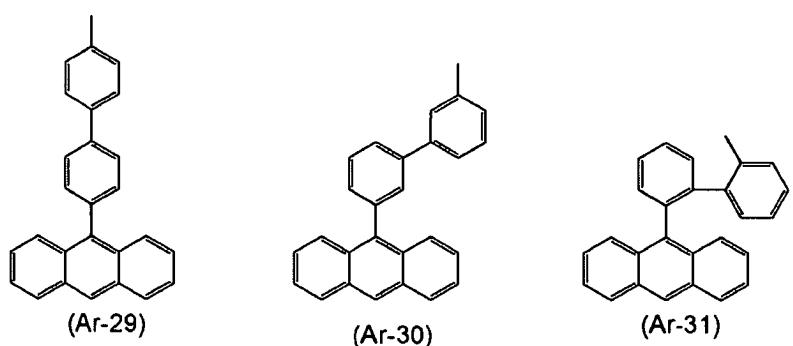


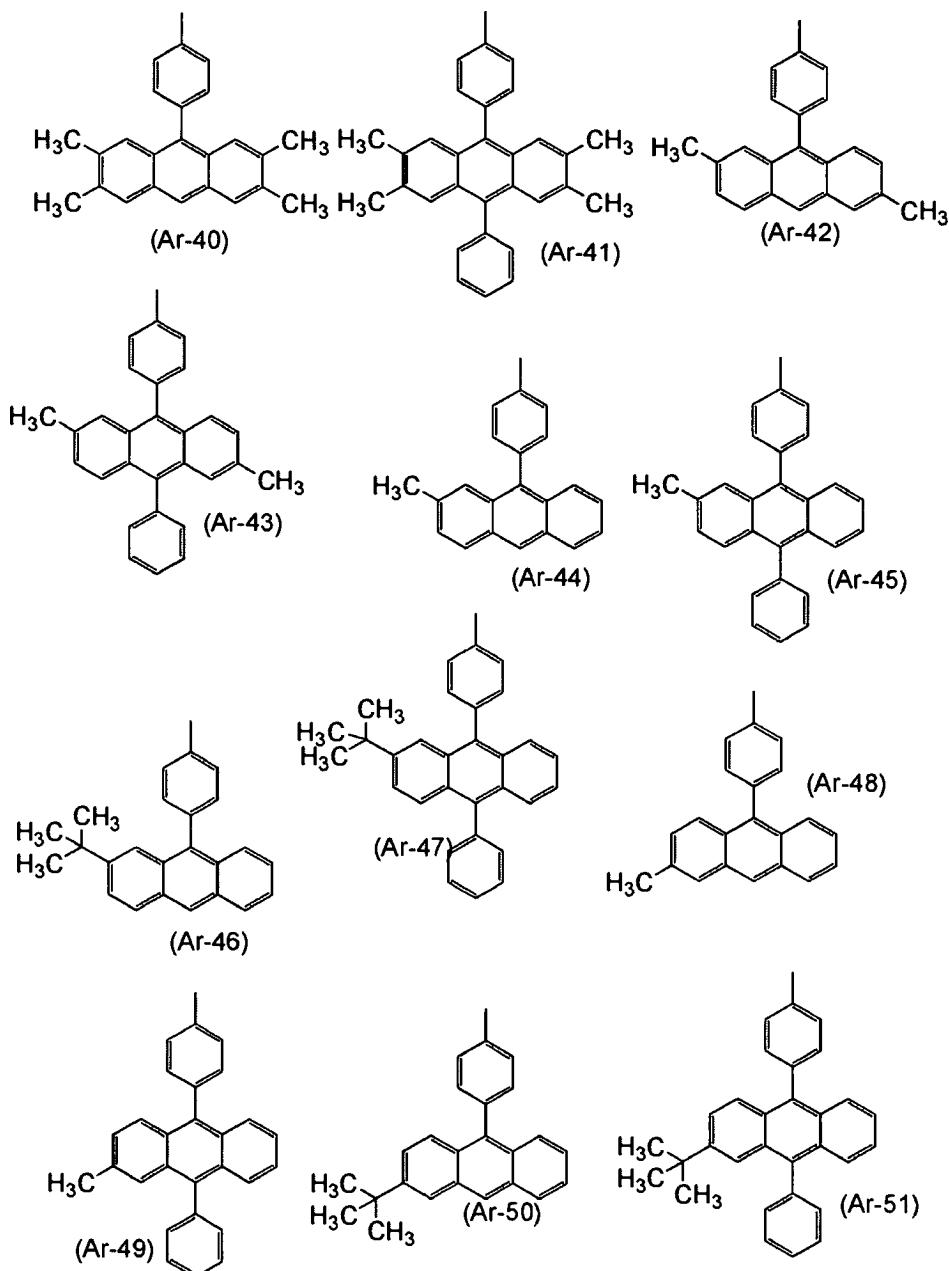
**[0103]** In der allgemeinen Formel (G7) stellt  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe dar. Wenn  $\alpha$  einen Substituenten aufweist, kann eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen als der Substituent ausgewählt werden. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Des Weiteren stellt  $R^5$  eines aus einem Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen dar. Spezifische Beispiele der Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine tert-Butylgruppe und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass die Gesamtzahl der Kohlenstoffatome von  $R^5$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt ist.

**[0104]** Als die durch Ar in der obigen Formel (G1) dargestellte Arylgruppe können Gruppen verwendet werden, die durch die nachfolgenden Strukturformeln (Ar-1) to (Ar-51) dargestellt sind. Es sollte festgehalten werden, dass eine Gruppe, die als Ar verwendet werden kann, nicht auf diese beschränkt ist.

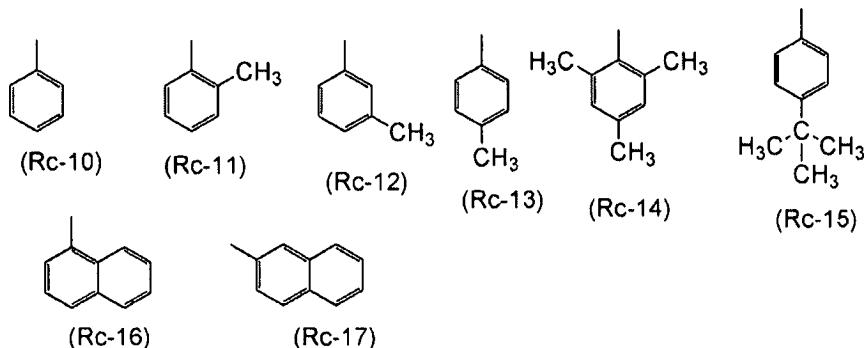
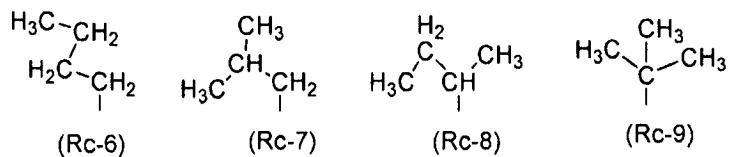
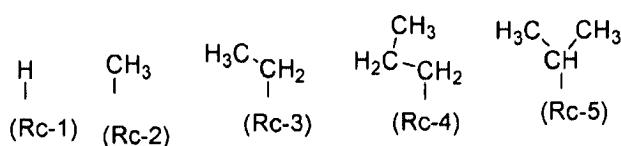




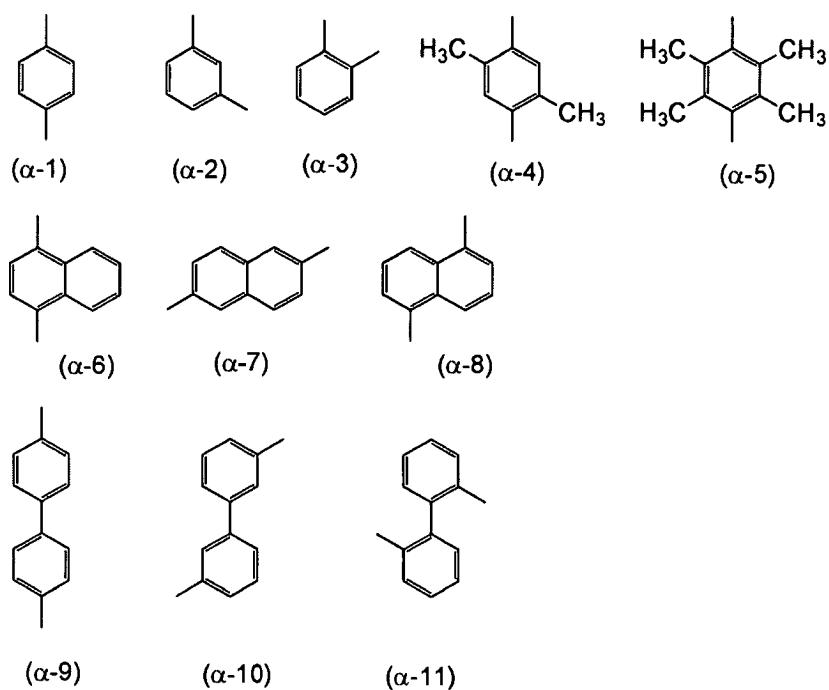




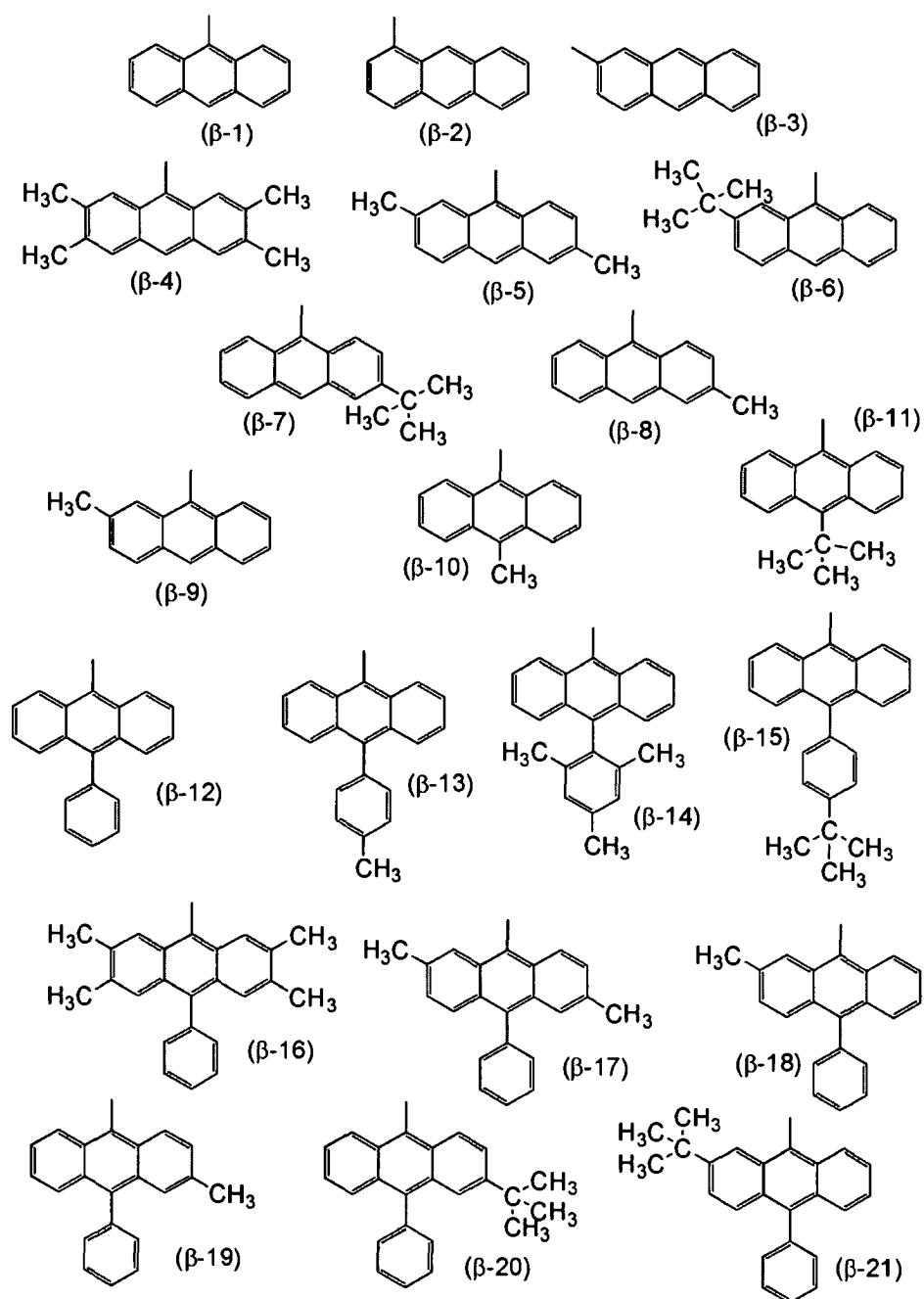
**[0105]** Als die durch R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> in den obigen Formeln (G1) bis (G6) dargestellte Arylgruppe können Gruppen verwendet werden, die durch die nachfolgenden Strukturformeln (Rc-1) to (Rc-17) dargestellt sind. Es sollte festgehalten werden, dass eine Gruppe die als R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> verwendet werden kann, nicht auf diese beschränkt ist.

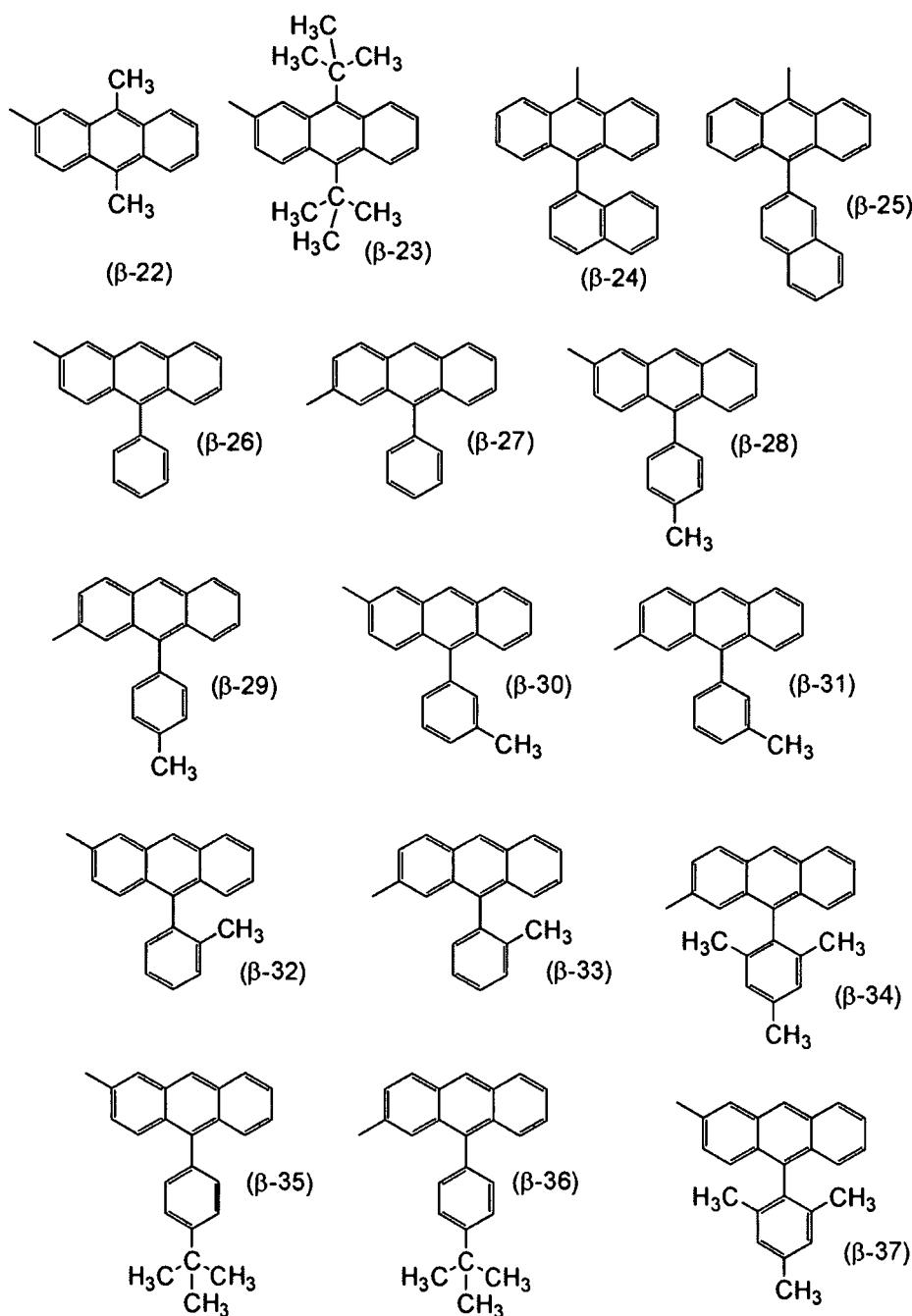


**[0106]** Als die Arylengruppe, welche durch  $\alpha$  in den obigen allgemeinen Formeln (G2) bis (G7) dargestellt wird, können zum Beispiel Gruppen, die durch die nachfolgenden Strukturformeln ( $\alpha$ -1) bis ( $\alpha$ -11) dargestellt werden, verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass eine Gruppe, die als  $\alpha$  verwendet werden kann, nicht auf diese beschränkt ist.

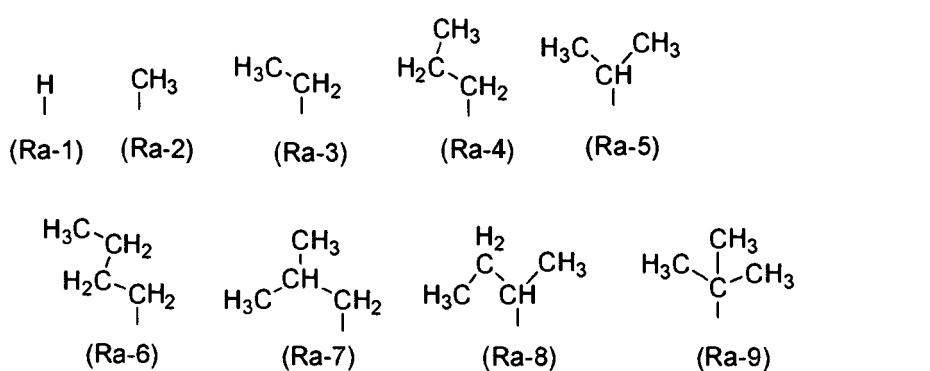


**[0107]** Als die Arylgruppe, welche durch  $\beta$  in den obigen allgemeinen Formeln (G2) und (G4) dargestellt wird, können zum Beispiel Gruppen, die durch die nachfolgenden Strukturformeln ( $\beta$ -1) bis ( $\beta$ -37) dargestellt werden, verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass eine Gruppe, die als  $\beta$  verwendet werden kann, nicht auf diese beschränkt ist.

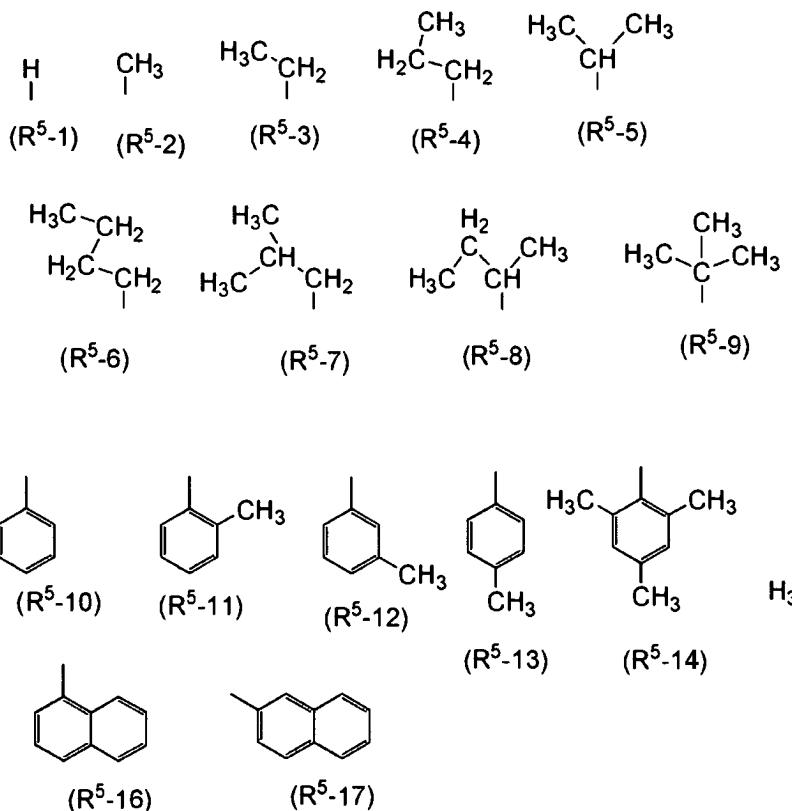




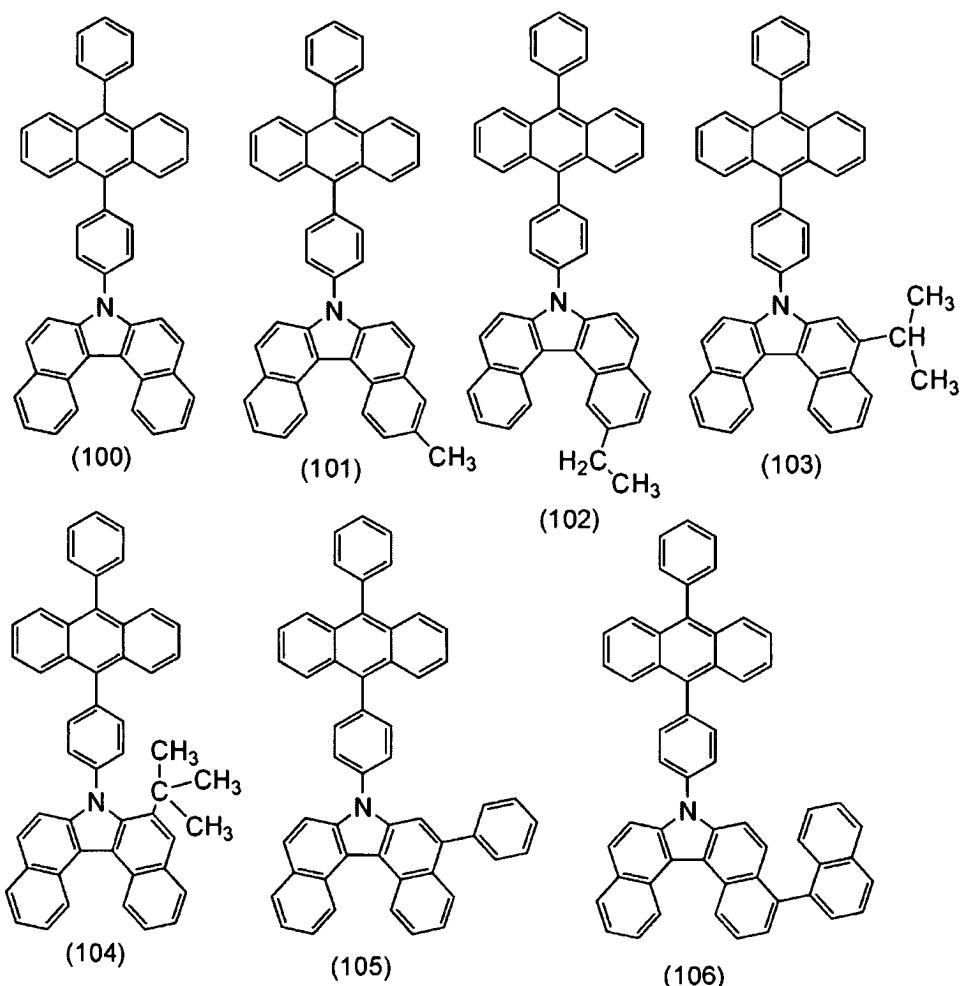
**[0108]** Als die Arylgruppe, welche durch  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^6$ ,  $R^7$ ,  $R^8$  und  $R^9$   $\alpha$  in den obigen allgemeinen Formeln (G3) und (G5) dargestellt wird, können zum Beispiel Gruppen, die durch die nachfolgenden Strukturformeln (Ra-1) bis (Ra-9) dargestellt werden, verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass eine Gruppe, die als  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^6$ ,  $R^7$ ,  $R^8$  und  $R^9$   $\alpha$  verwendet werden kann, nicht auf diese beschränkt ist.

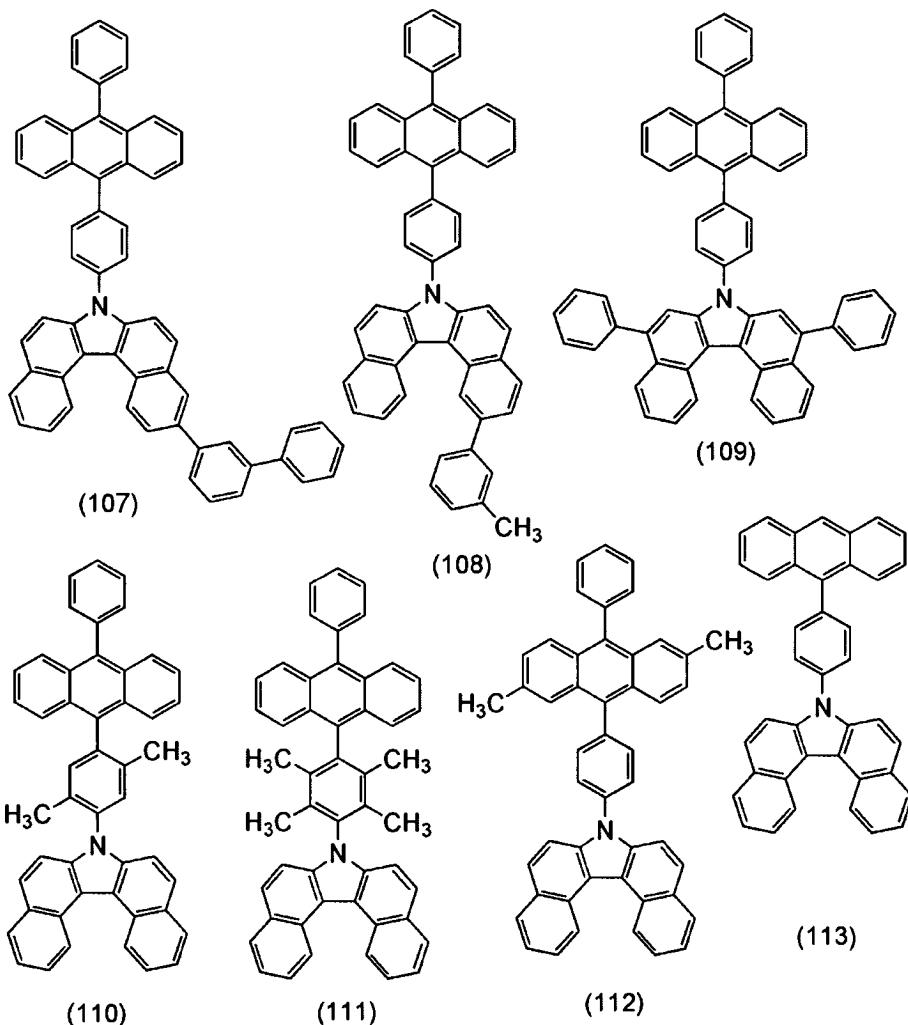


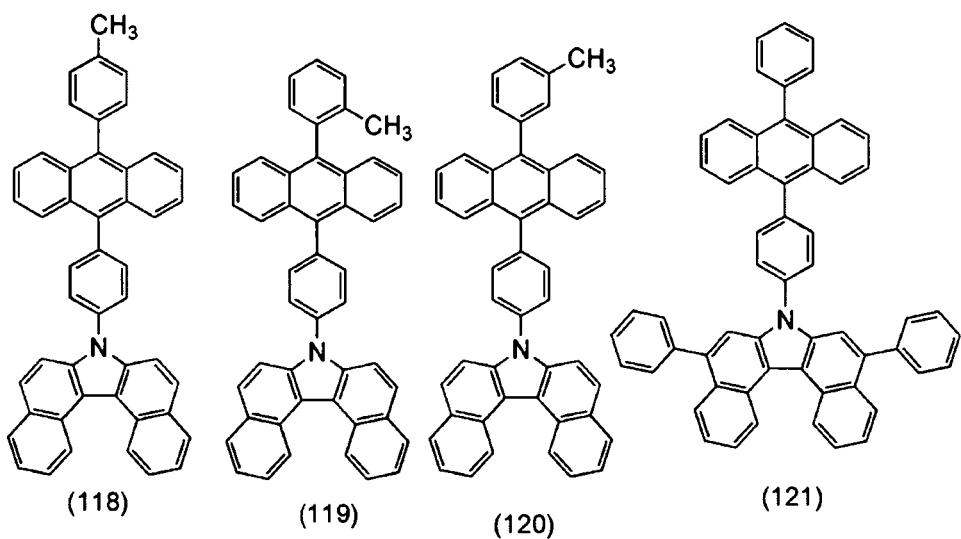
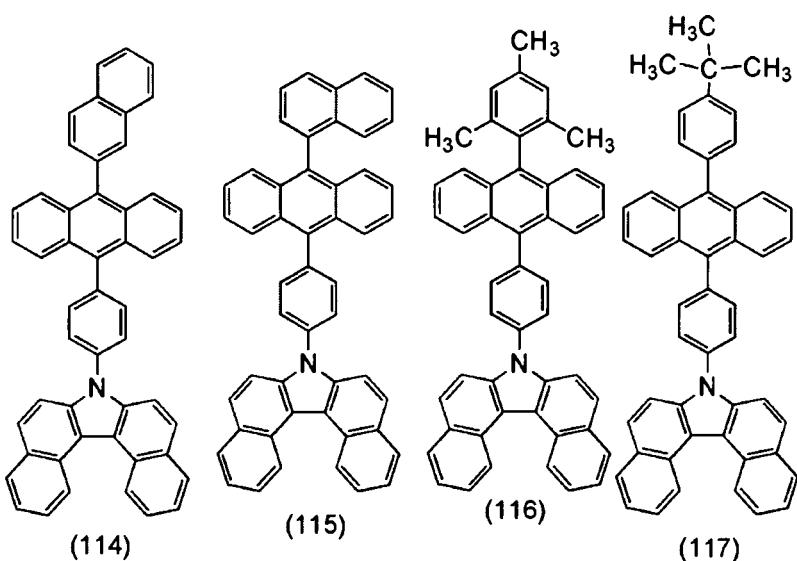
**[0109]** Als die Arylgruppe, welche durch R<sup>5</sup> in den obigen allgemeinen Formeln (G3) und (G5) bis (G7) dargestellt wird, können zum Beispiel Gruppen, die durch die nachfolgenden Strukturformeln (R<sup>5</sup>-1) bis (R<sup>5</sup>-17) dargestellt werden, verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass eine Gruppe, die als R<sup>5</sup> verwendet werden kann, nicht auf diese beschränkt ist.

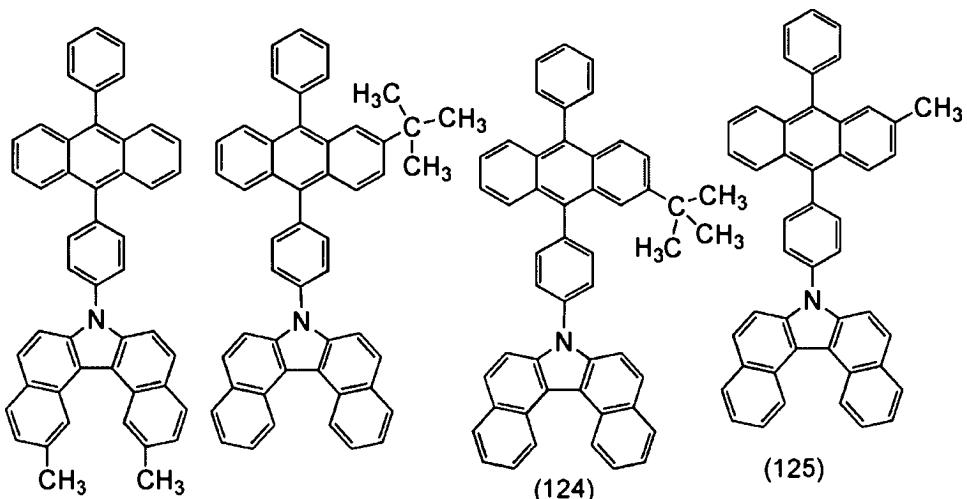


**[0110]** Spezifische Beispiele der Strukturen der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindungen, welche durch die obigen Formeln (G1) bis (G7) dargestellt werden, sind Substanzen, welche durch die nachfolgenden Strukturformeln (100) bis (136) und dergleichen dargestellt werden. Es sollte festgehalten werden, dass die durch die obigen allgemeinen Formeln (G1) bis (G7) dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindungen nicht auf die folgenden Beispiele beschränkt sind.





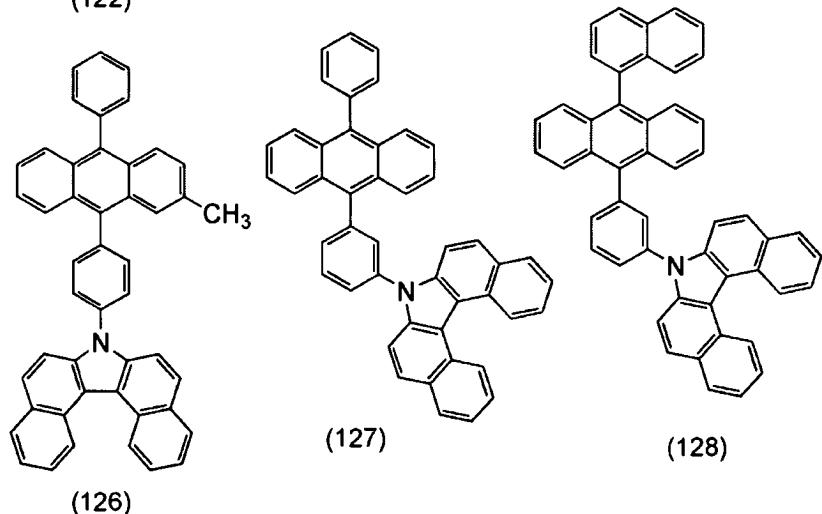




(122) (123)

(124)

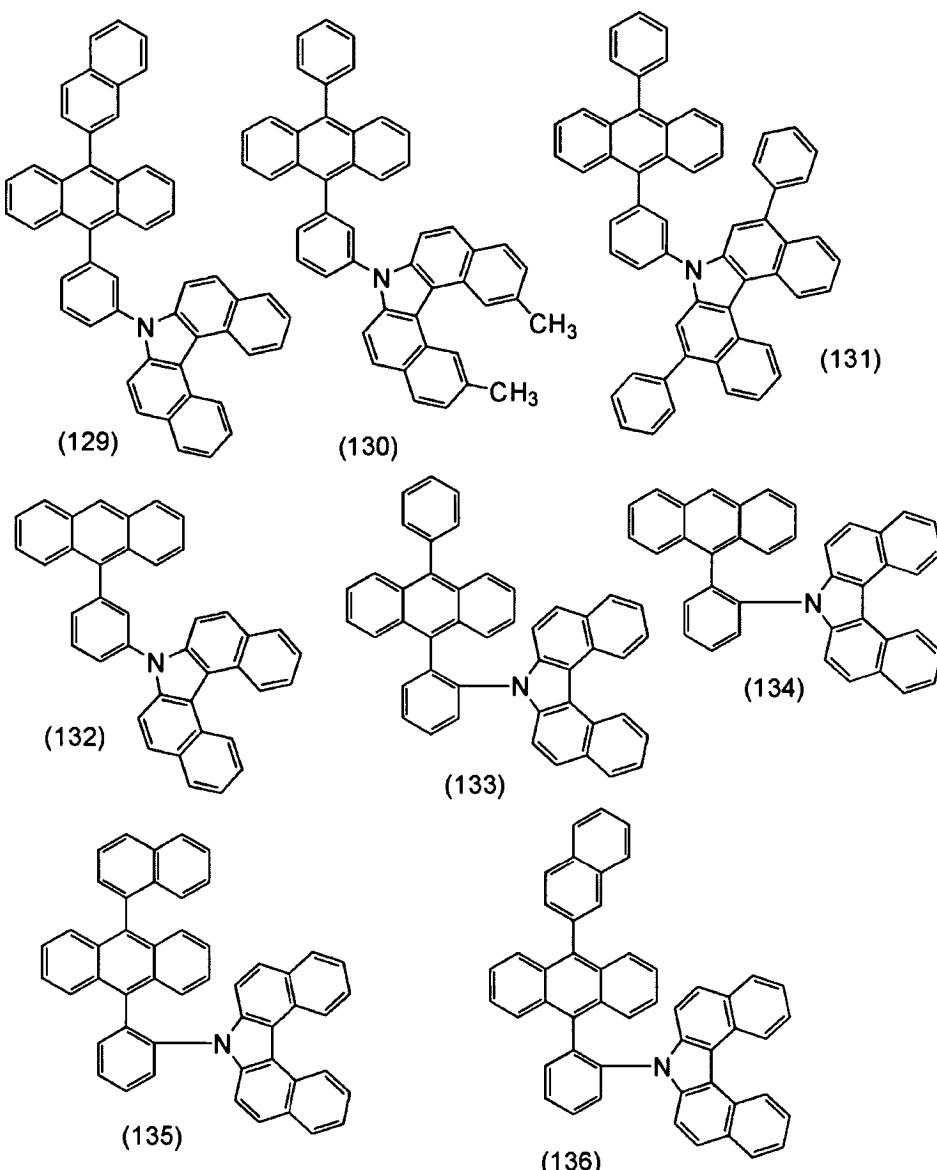
(125)



(126)

(127)

(128)



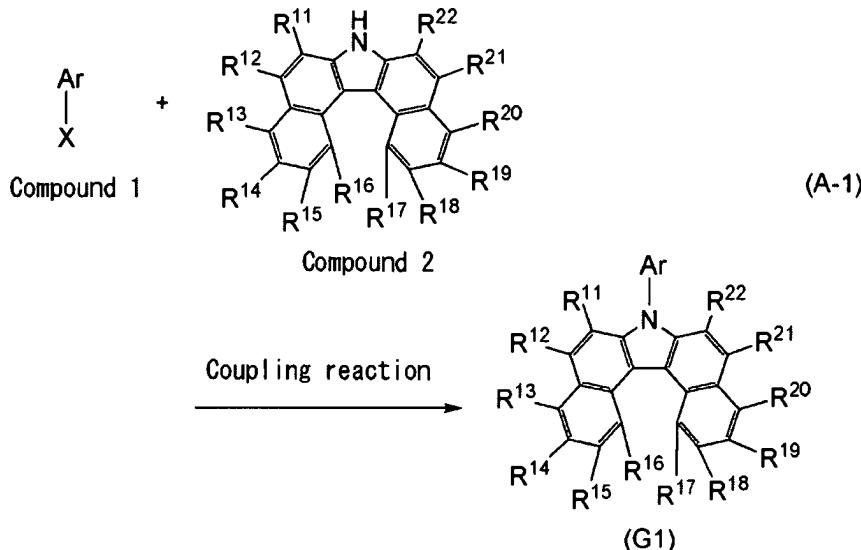
**[0111]** Da eine oben beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist, ist es als ein Trägertransportmaterial oder ein Wirtsmaterial geeignet. Demzufolge kann ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung bereitgestellt werden. Des Weiteren weist eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung in dieser Ausführungsform eine ausgezeichnete Stabilität gegenüber Oxidation und Reduktion auf. Daher kann ein lichtemittierendes Element, welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung einsetzt, ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer sein. Des Weiteren weist eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung in dieser Ausführungsform eine ausreichend große Bandlücke auf und daher kann, auch wenn es als ein Wirtsmaterial eines blauen Fluoreszenzmaterials verwendet wird, ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz erhalten werden.

(Ausführungsform 3)

**[0112]** In dieser Ausführungsform wird ein Verfahren zum Synthetisieren der durch die allgemeine Formel (G1) dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung beschrieben. Eine Vielzahl von Reaktionen können bei dem Verfahren zum Synthetisieren der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eingesetzt werden. Zum Beispiel ermöglichen die nachfolgend beschriebenen Synthesereaktionen die Synthese der durch die allgemeine Formel (G1) dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung. Es sollte festgehalten werden, dass das Verfahren zum Synthetisieren einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, nicht auf die folgenden Syntheseverfahren beschränkt ist.

Syntheseverfahren der durch die allgemeine Formel (G1) dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung

**[0113]** Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (G1) der vorliegenden Erfindung kann durch ein nachfolgend gezeigtes Syntheseschema (A-1) synthetisiert werden. Insbesondere werden eine Anthracenverbindung (Verbindung 1) und eine Dibenzo[c,g]carbazol-verbindung (Verbindung 2) einer Kupplung unterworfen, wodurch die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (G1) der vorliegenden Erfindung erhalten werden kann.



**[0114]** Bei dem Syntheseschema (A-1) stellt Ar eine substituierte oder nicht substituierte Arylgruppe dar, welche 14 bis 30 Kohlenstoffatome aufweist und wenigstens eine Anthracengerüst umfasst. Des Weiteren stellen  $\text{R}^{11}$  bis  $\text{R}^{22}$  jeweils unabhängig Wasserstoff, eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und eine Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen dar.

**[0115]** In dem Fall, dass eine Hartwig-Buchwald Reaktion unter Verwendung eines Palladiumkatalysators bei dem Syntheseschema (A-1) durchgeführt wird, stellt X ein Halogen oder eine Triflatgruppe da. Iod, Brom oder Chlor ist als Halogen bevorzugt. Ein Palladiumkatalysator, welcher eine Palladiumverbindung, wie Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) oder Palladium(II)acetat, verwendet und ein Ligand, welcher sich an die Palladiumverbindung koordiniert, wie Tri(tert-butyl)phosphin, Tri(n-hexyl)phosphin oder Tricyclohexylphosphin, wird für die Reaktion verwendet. Als eine Base kann eine organische Base, wie Natrium-tert-butoxid, eine anorganische Base, wie Kaliumcarbonat oder Natriumcarbonat und dergleichen, für die Reaktion verwendet werden. In dem Fall, dass ein Lösungsmittel verwendet wird, kann Toluol, Xylen, Benzen, Tetrahydrofuran oder dergleichen verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass die Reagenzien, welche verwendet werden können, nicht auf die obigen beschränkt sind.

**[0116]** In dem Fall, dass eine Ullmann Reaktion unter Verwendung von Kupfer oder einer Kupferverbindung bei dem Syntheseschema (A-1) verwendet wird, stellt X ein Halogen dar. Iod, Brom oder Chlor ist als Halogen bevorzugt. Als ein Katalysator wird Kupfer oder eine Kupferverbindung für die Reaktion verwendet. Als die Base, welche verwendet wird, kann eine anorganische Base, wie Kaliumcarbonat angeführt werden. Beispiele von Lösungsmitteln, welche in der Reaktion verwendet werden können, sind 1,3-Dimethyl-3,4,5,6-tetrahydro-2(1H)-pyrimidinon (DMPU), Toluol, Xylen, Benzen und dergleichen. Bei einer Ullmann Reaktion wird vorzugsweise DMPU oder Xylen, welches eine hohen Siedepunkt aufweist, verwendet, da in diesem Fall der Gegenstand der Synthese in einem kürzeren Zeitraum und mit einer höheren Ausbeute bei einer Reaktionstemperatur von 100°C oder mehr erzielt werden kann. Eine Reaktionstemperatur von 150°C oder mehr ist des Weiteren bevorzugt und demzufolge wird DMPU bevorzugter verwendet. Es sollte festgehalten werden, dass die Reagenzien, welche für die Reaktion verwendet werden können, nicht auf die obigen beschränkt sind.

**[0117]** Auf die obige Weise kann eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung synthetisiert werden.

## (Ausführungsform 4)

**[0118]** In dieser Ausführungsform wird ein Beispiel beschrieben, bei welchem ein in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung in einer aktiven Schicht eines vertikalen Transistors (Static Induction Transistor: SIT) verwendet wird, welcher ein Typ eines organischen Halbleiterelementes ist.

**[0119]** Wie in der **Fig. 2** dargestellt, weist das Element eine Struktur auf, bei welcher eine aktive Dünnsschicht **1202**, enthaltend eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, zwischen einer Source-Elektrode **1201** und einer Drain-Elektrode **1203** bereitgestellt wird und eine Gate-Elektrode **1204** ist in die aktive Schicht **1202** eingebettet. Die Gate-Elektrode **1204** ist elektrisch mit einer Einrichtung verbunden, um eine Gate-Spannung anzulegen und die Source-Elektrode **1201** und die Drain-Elektrode **1203** sind elektrisch mit einer Einrichtung verbunden, welche eine Spannung zwischen einer Source-Elektrode und einer Drain-Elektrode steuert.

**[0120]** Bei dieser Elementstruktur fließt ein Strom (Durchlasszustand), wenn eine Spannung zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode angelegt wird, ohne dass eine Spannung an die Gate-Elektrode angelegt wird. Wird in diesem Zustand eine Spannung an die Gate-Elektrode angelegt, wird eine Sperrsicht in dem Umfeld der Gate-Elektrode **1204** gebildet, und der Stromfluss hört auf (Off-State). Durch so einen Mechanismus funktioniert das Element als ein Transistor.

**[0121]** Ähnlich wie ein lichtemittierendes Element sollte ein vertikaler Transistor ein Material enthalten, welches sowohl eine hohe Trägertransporteigenschaft aufweist, als auch eine hohe Film- bzw. Folienqualität für eine aktive Schicht; eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung erfüllt solch eine Voraussetzung und kann daher geeignet verwendet werden.

## (Ausführungsform 5)

**[0122]** In dieser Ausführungsform wird ein detailliertes Beispiel der Struktur eines in der Ausführungsform 1 beschriebenen lichtemittierenden Elements unter Bezugnahme auf **Fig. 1A** nachfolgend beschrieben.

**[0123]** Ein lichtemittierendes Element in dieser Ausführungsform umfasst eine Vielzahl von Schichten zwischen einem Elektrodenpaar. In dieser Ausführungsform umfasst das lichtemittierende Element eine erste Elektrode **101**, eine zweite Elektrode **102** und eine EL-Schicht **103**, welche zwischen der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** bereitgestellt wird. Es sollte festgehalten werden, dass in dieser Ausführungsform die erste Elektrode **101** als eine Anode dient und die zweite Elektrode **102** als eine Kathode dient. In anderen Worten, wenn eine Spannung zwischen der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** angelegt wird, so dass das Potential der ersten Elektrode **101** höher ist als das der zweiten Elektrode **102**, kann Lichtemission erzielt werden. Ein lichtemittierendes Element in dieser Ausführungsform ist ein lichtemittierendes Element, bei welchem eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung als eine der Schichten in der EL-Schicht **103** verwendet wird.

**[0124]** Als die erste Elektrode **101** kann vorzugsweise jedes aus Metallen, Legierungen, elektrisch leitenden Verbindungen und deren Mischungen, die eine hohe Austrittsarbeit (insbesondere eine Austrittsarbeit von 4, 0 eV oder mehr) aufweisen, verwendet werden. Insbesondere kann zum Beispiel Indiumoxid-Zinnoxid (ITO: Indiumzinnoxid), Indiumoxid-Zinnoxid, enthaltend Silizium oder Siliziumoxid, Indiumoxid-Zinkoxid (Indiumzinkoxid), Indiumoxid, enthaltend Wolframoxid und Zinkoxid (IWZO), und dergleichen genannt werden. Filme oder Folien dieser elektrisch leitenden Metalloxide werden im Allgemeinen durch Sputtern gebildet, können jedoch auch durch eine Sol-Gel-Verfahren oder dergleichen gebildet werden. Zum Beispiel kann Indiumoxid-Zinkoxid durch ein Sputter-Verfahren gebildet werden, unter Verwendung eines Targets, bei welchem Zinkoxid zu Indiumoxid mit 1 Gew.-% bis 20 Gew.-% zugegeben wird. Des Weiteren kann Indiumoxid, enthaltend Wolframoxid und Zinkoxid (IWZO), durch ein Sputterverfahren gebildet werden, unter Verwendung eines Targets, bei welchem Wolframoxid zu Indiumoxid mit 0,5 Gew.-% bis 5 Gew.-% und Zinkoxid zu Indiumoxid mit 0,1 Gew.-% bis 1 Gew.-% zugegeben wird. Daneben können Gold (Au), Platin (Pt), Nickel (Ni), Wolfram (W), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Palladium (Pd), Graphen, Nitride von Metallmaterialien (z. B., Titanitrid) und dergleichen genannt werden.

**[0125]** Es gibt keine besondere Beschränkung einer Stapelstruktur der EL-Schicht **103**. Die EL-Schicht **103** kann durch Kombination einer Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft enthält, einer Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft enthält, einer Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Elektroneninjektioneigenschaft enthält, einer Schicht, die eine Substanz mit ei-

ner hohen Lochinjektionseigenschaft enthält, einer Schicht, die eine bipolare Substanz enthält (eine Substanz mit einer hohen Elektronentransport- und Lochtransporteigenschaft) und dergleichen gebildet werden. Zum Beispiel kann die EL-Schicht **103** durch Kombinieren einer Lochinjektionsschicht, einer Lochtransportschicht einer lichtemittierenden Schicht, einer Elektronentransportschicht, einer Elektroneninjektionsschicht und dergleichen gebildet werden. In dieser Ausführungsform weist die EL-Schicht **103** eine Struktur auf, bei welcher eine Lochinjektionsschicht **111**, eine Lochtransportschicht **112**, eine lichtemittierende Schicht **113**, eine Elektronentransportschicht **114** und eine Elektroneninjektionsschicht **115** in dieser Reihenfolge auf der erste Elektrode **101** gestapelt sind. Materialien, welche in den Schichten enthalten sind, sind nachfolgend angegeben.

**[0126]** Die Lochinjektionsschicht **111** ist eine Schicht, welche eine Substanz mit einer hohen Lochinjektionseigenschaft enthält. Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Rutheniumoxid, Wolframoxid, Manganoxid oder dergleichen können verwendet werden. Alternativ kann die Lochinjektionsschicht **111** mit einer auf Phthalocyanin-basierenden Verbindung, wie Phthalocyanin (Abkürzung: H<sub>2</sub>Pc) oder Kupferphthalocyanin (Abkürzung: CuPc), einer aromatischen Aminverbindung, wie 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB) oder N,N'-Bis{4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl}-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin (Abkürzung: DNTPD), einer hochmolekularen Verbindung, wie Poly(ethylenedioxythiophen)/poly(styrol-sulfonsäure) (PEDOT/PSS), oder dergleichen gebildet werden.

**[0127]** Alternativ kann ein Verbundmaterial, bei welchem eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft, eine Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft enthält, in der Lochinjektionsschicht **111** verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass die Verwendung solch einer Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft, die eine Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft enthält, die Auswahl eines Materials, welches zur Bildung einer Elektrode verwendet wird, unabhängig von der Austrittsarbeit ermöglicht. Das heißt neben einem Material mit einer hohen Austrittsarbeit kann auch ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit für die erste Elektrode **101** verwendet werden. Als die Substanz mit einer Akzeptoreigenschaft kann 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorochinodimethan (Abkürzung: F<sub>4</sub>-TCNQ), Chloranil und dergleichen angeführt werden. Oxide der Metalle der Gruppe 4 bis Gruppe 8 des Periodensystems können genannt werden. Insbesondere sind Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantalumoxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoixd, Manganoxid und Rheniumoxid bevorzugt, da ihre Elektronenakzeptoreigenschaft hoch ist. Unter diesen ist Molybdänoxid besonders bevorzugt, da es an Luft stabil ist, eine hygrokopische Eigenschaft aufweist und einfach zu verarbeiten ist.

**[0128]** Als die Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft, welche für das Verbundmaterial verwendet wird, kann jede einer Vielzahl von Verbindungen verwendet werden, wie aromatische Aminverbindungen, Carbazolderivative, aromatische Kohlenwasserstoffe und hochmolekulare Verbindungen (z. B., Oligomere, Dendrimere, oder Polymere). Es sollte festgehalten werden, dass die für das Verbundmaterial verwendete organische Verbindung vorzugsweise eine organische Verbindung mit einer hohen Lochtransporteigenschaft ist. Insbesondere bevorzugt wird eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft von 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs oder mehr verwendet. Des Weiteren kann neben diesen Substanzen jede Substanz verwendet werden, die eine Eigenschaft aufweist, mehr Löcher als Elektronen zu transportieren. Organische Verbindungen, welche als die mit einer hohen Lochtransporteigenschaft in dem Verbundmaterial verwendet werden können, sind nachfolgend angeführt.

**[0129]** Beispiele der aromatischen Aminverbindungen sind N,N'-Di(p-tolyl)-N,N'-diphenyl-p-phenylenediamin (Abkürzung: TDPPA), 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB), N,N'-Bis{4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl}-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin (Abkürzung: DNTPD), 1,3,5-Tris[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]benzen (Abkürzung: DPA3B) und dergleichen.

**[0130]** Spezifische Beispiel der Carbazolderivative, die in dem Verbundmaterial verwendet werden können, sind 3-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA1), 3,6-Bis[N-(9-phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA2), 3-[N-(1-Naphthyl)-N-(9-phenylcarbazol-3-yl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCN1) und dergleichen.

**[0131]** Andere Beispiele der Carbazolderivative, die in dem Verbundmaterial verwendet werden können, sind 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 1,3,5-Tris[4-(N-carbazolyl)phenyl]benzen (Abkürzung: TCPB), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 1,4-Bis[4-(N-carbazolyl)phenyl]-2,3,5,6-tetraphenylbenzen und dergleichen.

**[0132]** Beispiele der aromatischen Kohlenwasserstoffe, die in dem Verbundmaterial verwendet werden können, sind 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(1-naphthyl)anthracen, 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 2-tert-Butyl-9,10-bis(4-phenylphe-

nyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDBA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 9,10-Diphenylanthracen (Abkürzung: DPAnth), 2-tert-Butylanthracen (Abkürzung: t-BuAnth), 9,10-Bis(4-methyl-1-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DMNA), 2-tert-Butyl-9,10-bis[2-(1-naphthyl)phenyl]anthracen, 9,10-Bis[2-(1-naphthyl)phenyl]anthracen, 2,3,6,7-Tetramethyl-9,10-di(1-naphthyl)anthracen, 2,3,6,7-Tetramethyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen, 9,9'-Bianthryl, 10,10'-Diphenyl-9,9'-bianthryl, 10,10'-Bis(2-phenylphenyl)-9,9'-bianthryl, 10,10'-Bis[(2,3,4,5,6-pentaphenyl)phenyl]-9,9'-bianthryl, Anthracen, Tetracen, Rubren, Perylen, 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylene und dergleichen. Ferner können auch Pentacen, Coronen oder dergleichen verwendet werden. Folglich wird ein aromatischer Kohlenwasserstoff mit 14 bis 42 Kohlenstoffatomen oder mehr und mit einer Löcherbeweglichkeit von  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  vorzugsweise verwendet.

**[0133]** Es sollte festgehalten werden, dass die aromatischen Kohlenwasserstoffe, welche in dem Verbundmaterial verwendet werden können, ein Vinylgerüst aufweisen können. Beispiele des aromatischen Kohlenwasserstoffs mit einer Vinylgruppe sind 4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl (Abkürzung: DPVBi), 9,10-Bis[4-(2,2-diphenylvinyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: DPVPA) und dergleichen.

**[0134]** 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) kann auch verwendet werden.

**[0135]** Die Lochtransportschicht **112** ist eine Schicht, welche eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft. Beispiele der Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft sind aromatische Aminverbindungen, wie 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4,4',4"-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4"-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: MTDATA), und 4,4'-Bis(N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB) und dergleichen. Die hier erwähnten Substanzen sind hauptsächlich solche, die eine Löcherbeweglichkeit von  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  oder mehr aufweisen. Eine organische Verbindung, welche als ein Beispiel für eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft in dem oben beschriebenen Verbundmaterial angeführt wird, kann auch in der Lochtransportschicht **112** verwendet werden. Eine hochmolekulare Verbindung, wie Poly(N-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK) oder Poly(4-vinyltriphenylamin) (Abkürzung: PVTPA) kann auch verwendet werden. Neben diesen Substanzen kann jedoch auch eine Substanz verwendet werden, welche eine Eigenschaft aufweist mehr Löcher als Elektronen zu transportieren. Des Weiteren ist die Schicht, welche eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweisende Substanz enthält nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt und kann auch einen Stapel von zwei oder mehr Schichten sein, einschließlich jeder der obigen Substanzen.

**[0136]** Eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann als ein in der Lochtransportschicht **112** enthaltenes Material verwendet werden.

**[0137]** Die lichtemittierende Schicht **113** ist eine Schicht, welche eine lichtemittierende Substanz enthält. Die lichtemittierende Schicht **113** kann aus einem Film bzw. Einer Folie gebildet werden, welcher nur eine lichtemittierende Substanz enthält, oder aus einem Film bzw. einer Folie, bei welchem eine Emissionszentrumsubstanz in einem Wirtsmaterial dispergiert ist.

**[0138]** Es gibt keine besondere Beschränkung des Materials, welches als die lichtemittierende Substanz oder die Emissionszentrumsubstanz in der lichtemittierenden Schicht **113** verwendet werden kann, und das von dem Material emittierte Licht kann entweder Fluoreszenz oder Phosphoreszenz sein. Beispiele der obigen lichtemittierenden Substanz oder der Emissionszentrumsubstanz sind die folgenden Substanzen: Fluoreszenzsubstanzen, wie N,N'-Bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenyl-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6-FLPAPr), N,N'-Bis[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylstilben-4,4'-diamin (Abkürzung: YGA2S), 4-(9H-carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: YGAPA), 4-(9H-carbazol-9-yl)-4'-(9,10-diphenyl-2-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: 2YGAPPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), Perylen, 2,5,8,11-Tetra-tert-butylperylene (Abkürzung: TBP), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), N,N'(2-tert-Butylanthracen-9,10-diyldi-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylen diamin] (Abkürzung: DPABPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(9,10-diphenyl-2-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylenediamin (Abkürzung: 2DPAPPA), N,N,N',N",N",N"-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysene-2,7,10,15-tetraamin (Abkürzung: DBC1), Kumarin 30, N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCABPhA), N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,N',N'-triphenyl-1,4-

phenylenediamin (Abkürzung: 2DPAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylenediamin (Abkürzung: 2DPABPhA), 9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-N-[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N-phenylanthracen-2-amin (Abkürzung: 2YGABPhA), N,N,9-Triphenylanthracen-9-amin (Abkürzung: DPhAPhA), Kumarin 545T, N,N'-Diphenylchinacridon (Abkürzung: DPQd), Rubren, 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT), 2-(2-{2-[4-(Dimethylamino)phenyl]ethenyl}-6-methyl-4H-pyran-4-yliden)propanedinitril (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCM2), N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD), 7,14-diphenyl-N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthen-3,10-di amin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-{2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCJTI), 2-{2-tert-Butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: DCJTb), 2-(2,6-Bis{2-[4-(dimethylamino)phenyl]ethenyl}-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: BisDCM), und 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden}propandinitril (Abkürzung: BisDCJTM); und Phosphoreszenzsubstanzen, wie Bis[2-(3',5'-bistrifluormethylphenyl)pyridinato-N,C<sup>2</sup>]iridium(III) picolinat (Abkürzung: Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)), Bis[2-(4',6'-difluorophenyl)pyridinato-N,C<sup>2</sup>]iridium(III) acetylacetonat (Abkürzung: Flracac), Tris(2-phenylpyridinato)iridium(III) acetylacetonat (Abkürzung: Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbiurn(III) (Abkürzung: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)), Bis(benzo[h]chinolinate)iriurn(III) acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)), Bis(2,4-diphenyl-1,3-oxazolato-N,C<sup>2</sup>)iridium(III) acetylacetonat (Abkürzung: Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)), Bis[2-(4'-perfluorophenylphenyl)pyridinato]iridium(III) acetylacetonat (Abkürzung: Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)), Bis(2-phenylbenzothiazolato-N,C<sup>2</sup>)iridium(III) acetylacetonat (Abkürzung: Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)), Bis[2-(2'-benzo[4,5- $\alpha$ ]thienyl)pyridinato-N,C<sup>3</sup>]iridium(III) (acetylacetonat) (Abkürzung: Ir(btp)<sub>2</sub>(acac)), Bis(1-phenylisochinolinato-N,C<sup>2</sup>)iridium(III) acetylacetonat (Abkürzung: Ir(pic)<sub>2</sub>(acac)), (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorophenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)), (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphin platinum(II) (Abkürzung: PtOEP), Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)eupropium(III) (Abkürzung: Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetonato](monophenanthrolin)eupropium(III) (Abkürzung: Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)). Es sollte festgehalten werden, dass eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung auch als ein lichtemittierendes Material oder ein Emissionszentrummaterial verwendet werden kann. Die Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ist eine Emissionszentrumsubstanz, welche Licht mit einem Spektrum von Lila bis Blau emittiert.

**[0139]** Obwohl es keine besondere Beschränkung eines Material gibt, das als das oben beschriebene Wirtschaftsmaterial verwendet werden kann, kann jedes der nachfolgenden Materialien als das Wirtschaftsmaterial verwendet werden, zum Beispiel: Metallkomplexe, wie Tris(8-chinolinolato)aluminum(III) (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminum(III) (Abkürzung: Almq<sub>3</sub>), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq2), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminum(III) (Abkürzung: BAIq), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ); 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-Benzentriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) und 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11); und aromatische Aminverbindungen, wie 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB oder  $\alpha$ -NPD), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), und 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB). Zusätzlich können kondensierte polzyklische aromatische Verbindungen, wie Anthracenservative, Phenanthrenderivative, Pyrenderivative, Chrysendarivative und Dibenzo[g,p]chrysendarivative genannt werden und spezifische Beispiele sind: 9,10-Diphenylanthracen (Abkürzung: DPAnth), N,N-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: CzA1PA), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: DPhPA), 4-(9H-carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: YGAPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPBA), N,9-Diphenyl-N-(9,10-diphenyl-2-anthryl)-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), 6,12-Dimethoxy-5,11-diphenylchrysene, N,N,N',N'',N'',N'''-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysene-2,7,10,15-tetramin (Abkürzung: DBC1), 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'-(Stilbene-4,4'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS2), 3,3',3''-(Benzen-1,3,5-triyl)tripyren (Abkürzung: TPB3) und dergleichen. Des Weiteren kann auch eine in der

Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung geeignet als ein Wirtsmaterial verwendet werden. Eine oder mehrere der Substanzen, welche eine breitere Energielücke aufweisen als die oben beschriebene Emissionszentrumsubstanz werden vorzugsweise aus diesen Substanzen und bekannten Substanzen ausgewählt. Des Weiteren kann in einem Fall, in dem die Emissionszentrumsubstanz eine Substanz ist, welche Phosphoreszenz emittiert, eine Substanz mit einer höheren Triplett-Anregungsenergie (Energieunterschied zwischen einem Grundzustand und einem Triplett-Anregungszustand) als die Emissionszentrumsubstanz als das Wirtsmaterial ausgewählt werden.

**[0140]** Es sollte festgehalten werden, dass eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung geeignet als ein lichtemittierendes Element verwendet werden kann, dessen Emissionszentrumsubstanz eine Substanz ist, die blaue Fluoreszenz emittiert. Dies liegt daran, dass es die breite Bandlücke der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ermöglicht, dass die blaue Fluoreszenz emittierende Substanz effektiv angeregt wird, so dass ein lichtemittierendes Element, welches blaue Fluoreszenz mit hoher Emissionseffizienz bereitstellt, einfach bereitgestellt werden kann. Da des Weiteren eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist, kann ein lichtemittierendes Element mit niedriger Antriebsspannung bereitgestellt werden.

**[0141]** Es sollte festgehalten werden, dass die lichtemittierende Schicht **113** auch ein Stapel aus zwei oder mehr Schichten sein kann. Zum Beispiel kann in dem Fall, dass die lichtemittierende Schicht **113** durch das Stapeln einer ersten lichtemittierenden Schicht und einer zweiten lichtemittierenden Schicht in der Reihenfolge auf der Lochtransportschicht gebildet wird, eine Substanz mit einer Lochtransportschicht als das Wirtsmaterial der ersten lichtemittierenden Schicht und eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft als das Wirtsmaterial der zweiten lichtemittierenden Schicht verwendet werden.

**[0142]** In dem Fall, dass die lichtemittierende Schicht mit der oben beschriebenen Struktur eine Vielzahl von Materialien umfasst, kann Co-Aufdampfung durch ein Vakuumaufdampfverfahren verwendet werden oder alternativ ein Tintenstrahlverfahren, ein Aufschleuderverfahren, ein Tauchverfahren oder dergleichen, bei dem eine Lösung der Materialien verwendet werden kann.

**[0143]** Die Elektronentransportschicht **114** ist eine Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft. Zum Beispiel kann eine Schicht verwendet werden, enthaltend einen Metallkomplex mit einem Chinolingerüst oder einem Benzochinolingerüst, wie Tris(8-qchinolinolato)aluminum (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminum (Abkürzung: Almq<sub>3</sub>), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium (Abkürzung: BeBq<sub>2</sub>) oder Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminum (Abkürzung: BAIq). Alternativ kann ein Metallkomplex mit einem auf Oxazol basierenden Liganden oder einem auf Thiazol basierenden Liganden verwendet werden, wie Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzoxazolato]zink (Abkürzung: Zn(BOX)<sub>2</sub>) oder Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzothiazolato]zink (Abkürzung: Zn(BTZ)<sub>2</sub>) oder dergleichen. Neben Metallkomplexen kann auch 2-(4-Biphenylyl)-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-Biphenylyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) oder dergleichen verwendet werden. Eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazole-Verbindung kann auch geeignet verwendet werden. Die hier genannten Substanzen weisen hauptsächlich eine Elektronenbeweglichkeit von 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs oder mehr auf. Es sollte festgehalten werden, dass anstelle dieser Substanzen eine Substanz für die Elektronentransportschicht verwendet werden kann, welche eine Eigenschaft aufweist, mehr Elektronen als Löcher zu transportieren.

**[0144]** Des Weiteren ist die Elektronentransportschicht **144** nicht auf eine einzelne Schicht beschränkt und kann ein Stapel aus zwei oder mehreren Schichten sein, enthaltend einer der obigen Substanzen.

**[0145]** Zwischen der Elektronentransportschicht und der lichtemittierenden Schicht kann eine Schicht bereitgestellt werden, welche den Transport der Elektronenträger kontrolliert. Dies ist eine Schicht, welche durch Zugabe einer kleinen Menge einer Substanz mit einer Elektronenfangeigenschaft zu einem Material mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft, wie oben beschrieben, gebildet wird und die Schicht ist in der Lage den Trägerausgleich einzustellen, indem der Transport der Elektronenträger unterdrückt wird. Solch eine Struktur ist sehr wirkungsvoll, um ein Problem (wie eine Verringerung der Lebensdauer) zu verhindern, welches entsteht, wenn Elektronen durch die lichtemittierende Schicht geleitet werden.

**[0146]** Da eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist, kann unter Verwendung der Verbindung als ein Material der Elektronentransportschicht **114** ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung einfach bereit-

gestellt werden. Da die Ddibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ferner eine breite Bandlücke aufweist, besteht eine geringere Gefahr, dass die Anregungsenergie der Emmissionszentrums substanz deaktiviert wird, auch wenn die Verbindung als ein Material der Elektronentransportschicht **114** neben der lichtemittierenden Schicht verwendet wird und ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz kann einfach bereitgestellt werden.

**[0147]** Zusätzlich kann eine Elektroneninjektionsschicht **115** in Kontakt mit der zweiten Elektrode **102** zwischen der Elektronentransportschicht **114** und der zweiten Elektrode **102** bereitgestellt werden. Als die Elektroneninjektionsschicht **115** kann ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall oder eine Verbindung dieser, wie Lithiumfluorid (LiF), Cesiumfluorid (CsF) oder Calciumfluorid (CaF<sub>2</sub>) verwendet werden. Zum Beispiel kann eine Schicht verwendet werden, die aus einer Substanz mit einer und welche eine ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, Magnesium (Mg) oder eine Verbindung dieser enthält. Zum Beispiel kann eine Alq-Schicht, enthaltend Magnesium (Mg), verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass die Elektroneninjektion von der zweiten **102** effizient unter Verwendung einer Schicht durchgeführt werden kann, welche aus einer Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft gebildet ist und ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall als die Elektroneninjektionsschicht **115** enthält, was bevorzugt ist.

**[0148]** Für die zweite Elektrode **102** kann jedes Metall, Legierung, elektrisch leitende Verbindung und deren Mischungen verwendet werden, welches eine niedrige Austrittsarbeit (insbesondere eine Austrittsarbeit von 3, 8 eV oder weniger) oder dergleichen aufweisen. Spezifische Materialien solch eines Kathodenmaterials umfassen Elemente der gruppen 1 und 2 des Periodensystems, d. h. Alkalimetalle, wie Lithium (Li) und Cesium (Cs), und Erdalkalimetalle, wie Magnesium (Mg), Calcium (Ca), und Strontium (Sr), Legierungen dieser (z. B., MgAg oder AlLi), Seltenerdmetalle, wie Europium (Eu) und Ytterbium (Yb), Legierungen dieser und dergleichen. Wenn die Elektroneninjektionsschicht jedoch zwischen der zweiten Elektrode **102** und der Elektronentransportschicht bereitgestellt ist, kann für die zweite Elektrode **102** jedes einer Vielzahl von leitenden Materialien, wie Al, Ag, ITO oder Indiumoxid-Zinnoxid, enthaltend Silizium oder Siliziumoxid, verwendet werden, unabhängig von der Austrittsarbeit. Filme bzw. Folien dieser elektrisch leitenden Materialien können durch ein Sputterverfahren, ein Tintenstrahlverfahren oder dergleichen hergestellt werden.

**[0149]** Des Weiteren kann jedes einer Vielzahl von Verfahren verwendet werden, um die EL-Schicht **103** zu bilden, unabhängig davon, ob es sich um ein Nassverfahren oder ein Trockenverfahren handelt. Zum Beispiel kann ein Vakuumaufdampfverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Aufschleuderverfahren oder dergleichen verwendet werden. Unterschiedliche Herstellungsverfahren können für die Elektroden oder die Schichten verwenden werden.

**[0150]** Zusätzlich kann die Elektrode durch ein Nassverfahren unter Verwendung eines Sol-Gel-Verfahrens oder durch ein Nassverfahren unter Verwendung einer Paste eines Metallmaterials, gebildet werden. Alternativ kann die Elektrode durch ein Trockenverfahren, wie ein Sputterverfahren oder ein Vakuumaufdampfverfahren, gebildet werden.

**[0151]** Bei dem oben beschriebenen lichtemittierenden Element fließt Strom aufgrund eines Potentialunterschiedes zwischen der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** und Löcher und Elektronen rekombinieren in der lichtemittierenden Schicht **113**, welche eine Substanz mit einer hohen lichtemittierenden Eigenschaft aufweist, so dass Licht emittiert wird. Das heißt ein lichtemittierender Bereich wird in der lichtemittierenden Schicht **113** gebildet.

**[0152]** Lichtemission wird durch eine oder beide der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** extrahiert. Daher ist einer oder sind beide der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** lichtübertragende bzw. lichtleitende Elektroden. In dem Fall, dass die erste Elektrode **101** eine lichtübertragende Elektrode ist, wird die Lichtemission durch die erste Elektrode **101** extrahiert. In dem Fall, dass die zweite Elektrode **102** eine lichtübertragende Elektrode ist, wird die Lichtemission durch die zweite Elektrode **102** extrahiert. In dem Fall, dass beide, die erste Elektrode **101** und die zweite Elektrode **102**, lichtübertragende Elektroden sind, wird die Lichtemission durch die erste Elektrode **101** und die zweite Elektrode **102** extrahiert.

**[0153]** Die Struktur der zwischen der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** bereitgestellten Schichten ist in der oben beschriebenen Struktur nicht besonders beschränkt. Vorzugsweise ist ein lichtemittierender Bereich, in welchem Löcher und Elektronen rekombinieren, von der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** weg angeordnet, so dass Quenchen aufgrund der Nähe des lichtemittierenden Bereichs und eines für die Elektroden verwendeten Metalls und von Trägertransportschichten verhindert werden kann.

**[0154]** Damit des Weiteren die Energieübertragung von einem in der lichtemittierenden Schicht erzeugten Exzitons unterdrückt werden kann, wird die Lochtransportschicht und die Elektronentransportschicht, welche sich in direktem Kontakt mit der lichtemittierenden Schicht befinden, insbesondere eine Trägertransportschicht, welche sich in Kontakt mit einer näher an dem lichtemittierenden Bereich angeordneten Seite der lichtemittierenden Schicht befindet, mit einer Substanz ausgebildet, welche eine größere Energielücke aufweist, als die lichtemittierende Substanz der lichtemittierenden Schicht oder die Emissionszentrumsubstanz, welche in der lichtemittierenden Schicht enthalten ist.

**[0155]** Wenn in einem lichtemittierenden Element dieser Ausführungsform eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung für die Lochtransportschicht oder die Elektronentransportschicht verwendet wird, ist eine effiziente Lichtemission auch mit der lichtemittierenden Substanz oder der Emissionszentrumsubstanz möglich, die eine große Energielücke aufweist und blaue Fluoreszenz oder grüne Phosphoreszenz mit großer Triplettanregungsenergie emittiert (ein Energieunterschied zwischen einem Grundzustand und einem angeregten Triplett Zustand); daher kann ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz und geringem Stromverbrauch bereitgestellt werden. Zusätzlich kann ein lichtemittierendes Element bereitgestellt werden, dass Licht mit hoher Farbreinheit emittieren kann. Des Weiteren weist ein in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft auf, und daher kann ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung bereitgestellt werden.

**[0156]** Da die in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ist gegenüber einer wiederholten Oxidation und Reduktion stabil, so dass ein lichtemittierendes Element mit langer Lebensdauer unter Verwendung der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung einfach bereitgestellt werden kann.

**[0157]** Ein lichtemittierendes Element dieser Ausführungsform wird vorzugsweise auf einem Substrat aus Glas, Kunststoff oder dergleichen hergestellt. Bezuglich der Stapelung der Schichten auf dem Substrat, können die Schichten aufeinanderfolgend auf der ersten Elektrode **101** oder aufeinanderfolgend auf der Seite der zweiten Elektrode aufgebracht werden.

**[0158]** Obwohl in einer lichtemittierenden Vorrichtung ein lichtemittierendes Element auf einem Substrat gebildet sein kann, können eine Vielzahl von lichtemittierenden Elementen auf einem Substrat gebildet werden.

**[0159]** Wenn eine Vielzahl von lichtemittierenden Elementen, wie oben beschrieben, auf einem Substrat gebildet werden, kann eine Beleuchtungsvorrichtung, bei welcher die Elemente voneinander getrennt sind, oder eine lichtemittierende Passivmatrix-Vorrichtung hergestellt werden.

**[0160]** Ein lichtemittierendes Element kann auf einer Elektrode gebildet werden, welche zum Beispiel elektrisch mit einem Dünnenschichttransistor (TFT) verbunden ist, der auf einem aus Glas, Kunststoff oder dergleichen gebildeten Substrat geformt ist, so dass eine lichtemittierende Aktivmatrix-Vorrichtung hergestellt werden kann, bei welcher der TFT die Ansteuerung des lichtemittierenden Elementes kontrolliert.

**[0161]** Es sollte festgehalten werden, dass es keine besondere Beschränkung bezüglich der Struktur des TFT gibt, welcher ein gestapelter TFT oder ein invertiert gestapelter TFT sein kann. Zusätzlich ist die Kristallinität eines für den TFT verwendeten Halbleiters nicht besonders beschränkt und ein amorpher Halbleiter oder ein kristalliner Halbleiter kann verwendet werden. Zusätzlich kann ein in einem TFT-Substrat gebildeter Ansteuerschaltkreis mit einem n-TFT und einem p-TFT oder entweder mit einem n-TFT oder einem p-TFT gebildet werden.

(Ausführungsform 6)

**[0162]** In dieser Ausführungsform wird eine Art eines lichtemittierenden Elementes unter Bezugnahme auf **Fig. 1B** beschrieben, mit einer Struktur, bei welcher eine Vielzahl von lichtemittierenden Elementen gestapelt sind (im Folgenden als ein Stapelement bezeichnet). Dieses lichtemittierende Element ist ein lichtemittierendes Element mit einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten zwischen einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode. Jede lichtemittierende Einheit kann die gleiche Struktur, wie die EL-Schicht **103** aufweist, welche in der Ausführungsform 5 beschrieben ist. In anderen Worten ist das in der Ausführungsform 6 beschriebenes lichtemittierende Element eine lichtemittierende Einheit, während das in der Ausführungsform 6 beschriebene lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element aufweist, mit einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten.

**[0163]** In der **Fig. 1B** sind eine erste lichtemittierende Einheit **511** und eine zweite lichtemittierende Einheit **512** zwischen einer ersten Elektrode **501** und einer zweiten Elektrode **502** gestapelt und eine Ladungserzeugungsschicht **513** ist zwischen der ersten lichtemittierenden Einheit **511** und der zweiten lichtemittierenden Einheit **512** bereitgestellt. Die erste Elektrode **501** und die zweite Elektrode **502** entsprechen jeweils der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** in der Ausführungsform 5 und die in der Ausführungsform 5 beschriebenen Materialien können verwendet werden. Des Weiteren können die Strukturen der ersten lichtemittierenden Einheit **511** und der zweiten lichtemittierenden Einheit **512** gleich oder verschieden sind.

**[0164]** Die Ladungserzeugungsschicht **513** enthält ein Verbundmaterial einer organischen Verbindung und eines Metalloxids. Dieses Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Metalloid ist das in der Ausführungsform 5 beschriebenes Verbundmaterial und enthält eine organische Verbindung und ein Metalloid, wie Vanadiumoxid, Molybdänoxid oder Wolframoxid. Als die organische Verbindung kann jede einer Vielzahl von Verbindungen verwendet werden, wie aromatische Aminverbindungen, Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindungen, Carbazolverbindungen, aromatische Kohlenwasserstoffe und hochmolekulare Verbindungen (Oligomere, Dendrimere, Polymere oder dergleichen). Es sollte festgehalten werden, dass als die organische Verbindung, eine verwendet werden kann, welche eine Löcherbeweglichkeit von  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  oder mehr aufweist, als eine organische Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft vorzugsweise verwendet werden. Des Weiteren kann neben diesen Substanzen jede Substanz verwendet werden, die eine Eigenschaft aufweist, mehr Löcher als Elektronen zu befördern. Da ein Verbund einer organischen Verbindung und eines Metalloxids ausgezeichnete Trägerinjektionseigenschaft und Trägertransporteigenschaft aufweist, kann eine niedrige Ansteuerspannung und niedriger Treiberstrom erzielt werden.

**[0165]** Die Ladungstransportschicht **513** kann auf solch eine Weise gebildet werden, dass eine Schichtenthaltend das Verbundmaterial aus einem organischen Material und einem Metalloid zum Beispiel mit einer ein anderes Material enthaltenden Schicht kombiniert werden, mit einer Schicht, welche eine Verbindung enthält, gewählt aus Substanzen mit einer elektronenabgebenden Eigenschaft und einer Verbindung mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft. Die Ladungserzeugungsschicht **513** kann auf solch eine Weise verwendet werden, dass eine Schicht enthaltend das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einem Metalloid mit einer transparenten leitfähigen Schicht kombiniert werden.

**[0166]** Die Ladungserzeugungsschicht **513** bereitgestellt zwischen der ersten lichtemittierenden Einheit **511** und der zweiten lichtemittierenden Einheit **512** kann jede Struktur aufweisen, solange Elektronen in eine lichtemittierende Einheit auf einer Seite injiziert werden können und Löcher in eine lichtemittierende Einheit auf einer anderen Seite injiziert werden, wenn ein Strom zwischen der ersten Elektrode **501** und der zweiten Elektrode **502** angelegt wird. Zum Beispiel kann in der **Fig. 1B** jede Schicht als die Ladungserzeugungsschicht **513** verwendet wird, so lange die Schicht Elektronen in die erste lichtemittierenden Einheit **511** und Löcher in die zweite lichtemittierende Einheit **512** injiziert, wenn eine Spannung angelegt wird, so dass die Spannung der ersten Elektrode höher ist, als die der zweiten Elektrode.

**[0167]** Obwohl das lichtemittierende Element, welches zwei lichtemittierende Einheiten aufweist, in dieser Ausführungsform beschrieben wird, kann die vorliegende gleichermaßen auf ein lichtemittierendes Element angewendet werden, bei welchem drei oder mehr lichtemittierende Einheiten gestapelt sind. Durch Anordnung einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten, welche durch die Ladungserzeugungsschicht zwischen einem Elektrodenpaar getrennt sind, wie in dem lichtemittierenden Element dieser Ausführungsform, kann Lichtemission in einem Bereich mit hoher Leuchtdichte realisiert werden, wobei die Stromdichte niedrig gehalten wird, so dass ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer realisiert werden kann. Des Weiteren kann bei dem Einsatz in Beleuchtungsvorrichtungen ein Spannungsabfall aufgrund des Widerstands eines Elektrodenmaterials verringert werden und demzufolge ist Lichtemission in einem großen Bereich möglich. Des Weiteren kann eine lichtemittierende Einrichtung mit einer niedrigen Ansteuerspannung und niedrigem Stromverbrauch realisiert werden.

**[0168]** Indem die lichtemittierenden Einheiten Licht mit voneinander unterschiedlichen Farben emittieren, kann das lichtemittierende Element Lichtemission mit einer gewünschten Farbe als Ganzes zu emittieren. Zum Beispiel kann, indem ein lichtemittierendes Element mit zwei lichtemittierenden Einheiten, wobei die Emissionsfarbe der ersten lichtemittierenden Einheit und die Emissionsfarbe der zweiten lichtemittierenden Einheit komplementäre Farben sind, das lichtemittierende Element als Ganzes Emission von Weißem Licht bereitstellen. Es sollte festgehalten werden, dass das Wort "komplementär" die Farbbeziehung bedeutet, bei welcher eine achromatische Farbe erzielt wird, wenn Farben vermischt werden. In anderen Worten kann, wenn Licht von Substanzen erhalten wird, welche Licht komplementärer Farben emittieren, vermischt werden, eine weiß Emision erzielt werden. Des Weiteren kann das gleiche auf ein lichtemittierendes Element mit drei lichtemittierenden-

den Einheiten angewendet werden. Zum Beispiel kann das lichtemittierende Element als Ganzes Emission von Weißem Licht bereitstellen, wenn die Emissionsfarbe von der ersten lichtemittierenden Einheit rot ist, die Emissionsfarbe der zweiten lichtemittierenden Einheit grün ist und die Emissionsfarbe der dritten lichtemittierenden Einheit blau ist.

**[0169]** Da ein lichtemittierendes Element in dieser Ausführungsform eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung umfasst, kann das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Lichtemission sein, ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung oder ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer. Da die Lichtemission mit hoher Farbreinheit, abgeleitet von der Emissionszentrumssubstanz der lichtemittierenden Einheit, ist die Farbeinstellung des lichtemittierenden Elements als Ganzes einfach.

**[0170]** Es sollte festgehalten werden, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 7)

**[0171]** In dieser Ausführungsform wird eine lichtemittierende Vorrichtung unter Verwendung eines lichtemittierenden Elementes mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, welche in der Ausführungsform 2 beschrieben ist (in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element), beschrieben.

**[0172]** In dieser Ausführungsform wird eine lichtemittierende Vorrichtung unter Verwendung eines lichtemittierenden Elementes mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, welche in der Ausführungsform 2 beschrieben ist (in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element), unter Bezugnahme auf die **Fig. 3A** und **Fig. 3B** beschrieben. Es sollte festgehalten werden, dass **Fig. 3A** eine Aufsicht ist, welche die lichtemittierende Vorrichtung darstellt und **Fig. 3B** stellt einen Querschnitt der **Fig. 3A** entlang der Linien A-B und C-D dar. Diese lichtemittierende Vorrichtung umfasst einen Treiberbereich (Source-Leitung-Treiber) **601**, einen Pixelbereich **602** und einen Treiberbereich (Gate-Leitung-Treiber) **603**, welche die Lichtemission des lichtemittierenden Elements steuern und mit gepunkteten Linie dargestellt sind. Des Weiteren bezeichnet ein Bezugszeichen **604** ein Dichtungssubstrat; **625** ein Trocknungsmittel; **605** ein Dichtungsmaterial; und **607** einem von dem Dichtungsmaterial **605** umgebenen Raum.

**[0173]** Das Referenzzeichen **608** bezeichnet eine Verdrahtung zur Übermittlung von Signalen, welche in den Source-Leitung-Treiber **601** und den Gate-Leitung-Treiber **603** eingibt und Signale empfängt, wie ein Videosignal, ein Zeitsignal, ein Startsignal und ein Resetsignal von einer FPC (flexiblen Leiterplatte) **609**, die als ein externer Eingabeanchluss dient. Obwohl hier nur die FPC dargestellt ist, kann eine Leiterplatte (PWB) an der FPC befestigt sein. Die lichtemittierende Vorrichtung der vorliegenden Beschreibung umfasst in dieser Kategorie nicht nur die lichtemittierende Vorrichtung selbst, sondern auch die lichtemittierende Vorrichtung, welche mit der FPC oder die PWB bereitgestellt ist.

**[0174]** Nachfolgend wird eine Querschnittsstruktur unter Bezugnahme auf **Fig. 3B** beschrieben. Der Ansteuer- bzw. Treiberbereich und der Pixelbereich werden auf einem Elementsubstrat **610** gebildet; der Source-Leitung-Treiber **601**, welcher ein Ansteuerbereich ist, und einer der Pixel des Pixelbereichs **602** ist hier dargestellt.

**[0175]** Als der Source-Leitung-Treiber **601** wird ein CMOS-Schaltkreis, bei welchem ein n-TFT **623** und ein p-TFT **624** kombiniert werden, gebildet. Zusätzlich kann die Ansteuerung von einer Vielzahl von Treiberschaltkreisen gebildet werden, wie einem CMOS Schaltkreis, einem PMOS Schaltkreis oder einem NMOS Schaltkreis. Obwohl ein integrierter Treiber, bei welchem der Treiber auf dem Substrat gebildet wird, in dieser Ausführungsform dargestellt ist, muss der Treiber nicht notwendigerweise auf dem Substrat gebildet werden und der Treiber kann auch außerhalb, nicht auf dem Substrat gebildet werden.

**[0176]** Der Pixelbereich **602** umfasst eine Vielzahl von Pixeln, umfassend einen Schalt-TFT **611**, einen stromsteuernden TFT **612** und eine erste Elektrode **613**, welche elektrisch mit einem Drain des stromsteuernden TFT **612** verbunden sind. Es sollte festgehalten werden, dass zur Bedeckung eines Endbereichs der ersten Elektrode **613** ein Isolator **614** gebildet wird, für den hier eine positive photoempfindliche Alrylharzfolie verwendet wird.

**[0177]** Um die Abdeckung zu verbessern wird der Isolator **614** mit einer gekrümmten Oberfläche mit einer Krümmung an dem oberen oder unteren Endbereich ausgebildet. Zum Beispiel wird in dem Fall, dass ein positives photoempfindliches Acryl als Material für den Isolator **614** verwendet wird, nicht nur der obere Endbereich des Isolators **614** vorzugsweise eine gekrümmte Oberfläche mit einem Krümmungsradius. Als der Isolator **614**

kann entweder ein negatives photoempfindliches Harz oder ein positives photoempfindliches Harz verwendet werden.

**[0178]** Eine EL-Schicht **616** und eine zweite Elektrode **617** werden auf der ersten Elektrode **613** gebildet. Hierbei wird als ein Material der ersten Elektrode **613**, welche als eine Anode dient, vorzugsweise ein Material mit einer hohen Austrittsarbeit verwendet **613**. Zum Beispiel kann eine einschichtige Folie aus einer ITO-Folie, einer Indiumzinnoxidfolie enthaltend Silizium, eine Indiumoxidfolie enthaltend Zinkoxid mit 2 Gew.-% bis 20 Gew.-%, eine Titannitridfolie, eine Chromfolie, eine Wolframfolie, eine Zn-Folie, eine Pt-Folie oder dergleichen, ein Stapel einer Titannitridfolie und eine Folie enthaltend Aluminium als ein Hauptbestandteil, ein Stapel aus drei Schichten einer Titannitridfolie, eine Folie enthaltend Aluminium als Hauptbestandteil und eine Titanitridfolie oder dergleichen verwendet werden. Es sollte festgehalten werden, dass wenn die Stapelstruktur verwendet wird, die erste Elektrode **613** eine niedrigen Widerstand als eine Verdrahtung aufweist, einen bevorzugten Ohmschen Kontakt aufweist und als eine Anode dient.

**[0179]** Zusätzlich wird die EL-Schicht **616** durch jedes einer Vielzahl von Verfahren gebildet, wie ein Aufdampfverfahren unter Verwendung einer Schattenmaske, einem Tintenstrahlverfahren und einem Aufschleuderverfahren. Die EL-Schicht **616** enthält eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung. Des Weiteren kann ein anderes in der EL-Schicht **616** enthaltenes Material eine niedermolekulare Verbindung sein oder eine hochmolekulare Verbindung (welche ein Oligomer oder Dendrimer sein kann).

**[0180]** Als ein für die zweite Elektrode **617**, welche auf der EL-Schicht **616** gebildet ist und als Kathode dient, verwendetes Material, kann vorzugsweise ein Material mit einer niedrigen Austrittsarbeit (z. B. Al, Mg, Li, Ca oder eine Legierung oder eine Verbindung dieser, wie MgAg, MgIn oder AlLi) verwendet werden. In dem Fall, dass in der EL-Schicht **616** erzeugtes Licht durch die zweite Elektrode **617** geleitet wird, wird vorzugsweise ein Stapel aus einer dünnen Metallfolie und einer transparenten leitenden Folie (z. B. ein Stapel ITO, Indiumoxid enthaltend Zinkoxid mit 2 Gew.-% bis 20 Gew.-%, Indiumzinnoxid enthaltend Silizium oder Zinkoxid (ZnO)) für die zweite Elektrode **617** verwendet.

**[0181]** Es sollte festgehalten werden, dass das lichtemittierende Element mit der ersten Elektrode **613**, der EL-Schicht **616** und der zweiten Elektrode **617** gebildet wird. Das lichtemittierende Element weist die in der Ausführungsform 5 beschriebene Struktur auf. Bei der lichtemittierenden Vorrichtung dieser Ausführungsform kann der Pixelbereich, welcher eine Vielzahl von lichtemittierenden Elementen umfasst, sowohl das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element mit der in den Ausführungsformen 5 oder 6 beschriebenen Struktur als auch eine lichtemittierendes Element mit einer anderen Struktur enthalten sein.

**[0182]** Des Weiteren ist das Dichtungssubstrat **604** an dem Elementsubstrat **610** über das Dichtungsmaterial **605** befestigt, so dass ein lichtemittierendes Element **618** in dem von dem Elementsubstrat **610**, dem Dichtungssubstrat **610** und dem Dichtungsmaterial **605** umgebenen Raum **607** gebildet wird. Der Raum **607** kann mit einem Füllstoff angefüllt sein, und kann mit einem Inertgas (wie Stickstoff oder Argon) gefüllt sein oder mit dem Dichtungsmaterial **605**.

**[0183]** Ein auf Epoxid basierendes Harz oder eine Glasfritte wird vorzugsweise als Dichtungsmaterial **605** verwendet. Es ist bevorzugt, dass solch ein Material so weit wie möglich keine Feuchtigkeit oder Sauerstoff durchlässt. Als das Dichtungssubstrat **604** kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat, gebildet aus Fiberglas verstärktem Kunststoff (FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester, Acryl oder dergleichen verwendet werden.

**[0184]** Wie oben beschrieben kann die lichtemittierende Vorrichtung, welche ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung verwendet (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element), erzielt werden.

**[0185]** Ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) wird in der lichtemittierenden Vorrichtung dieser Ausführungsform verwendet und daher kann eine lichtemittierende Vorrichtung mit vorteilhaften Eigenschaften erzielt werden. Insbesondere da eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazolin-Verbindung eine Große Energielücke und hohe Triplettanregungsenergie aufweist und die Energieübertragung von einer lichtemittierenden Substanz unterdrücken kann, kann ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz erzielt werden und demzufolge kann eine lichtemittierende Vorrichtung mit verringertem Stromverbrauch bereitgestellt werden. Zusätzlich kann ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung bereitgestellt werden und daher kann eine lichtemittierende Vorrichtung mit

niedriger Ansteuerspannung bereitgestellt werden. Da des Weiteren ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer bereitstellt, kann eine lichtemittierende Vorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt werden.

**[0186]** Obwohl eine lichtemittierende Aktivmatrix-Vorrichtung in der oben beschriebenen Ausführungsform beschrieben wird, kann auch eine lichtemittierende Passivmatrix-Vorrichtung hergestellt werden. Die **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen eine lichtemittierende Passivmatrix-Vorrichtung, hergestellt unter Verwendung der vorliegenden Erfindung. **Fig. 4A** zeigt eine perspektivische Ansicht der lichtemittierenden Vorrichtung und **Fig. 4B** zeigt einen Querschnitt entlang der Linie X-Y in **Fig. 4A**. In den **Fig. 4A** und **Fig. 4B**, ist über dem Substrat **951** eine EL-Schicht **955** zwischen einer Elektrode **952** und einer Elektrode **956** bereitgestellt. Ein Endbereich der Elektrode **952** ist mit einer Isolationsschicht **953** bedeckt. Zusätzlich wird eine Trennungsschicht **954** auf der Isolationsschicht **953** bereitgestellt. Die Seitenwände der Trennungsschicht **954** sind schräg, so dass sich der Abstand zwischen beiden Seitenwänden in Richtung der Oberfläche des Substrates stufenweise verringert. In anderen Worten ist ein entlang der Richtung der kurzen Seite der Trennungsschicht **954** trapezförmig und die untere Seite (eine Seite, welche sich in der gleichen Richtung wie eine plane Richtung der Isolationsschicht **953** und in Kontakt mit der Isolationsschicht **953** befindet) ist kürzer als die obere Seite (eine Seite, welche sich in der gleichen Richtung wie die plane Richtung der Isolationsschicht **953** befindet und sich nicht in Kontakt mit der Isolationsschicht **953** befindet). Die so bereitgestellte Trennungsschicht kann **954** Fehler in dem lichtemittierenden Element aufgrund der statischen Energie oder dergleichen verhindern. Die lichtemittierende Passivmatrix-Vorrichtung kann auch betrieben werden, wenn der Stromverbrauch niedrig gehalten wird, indem ein in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element enthalten ist, das bei einer niedrigen Spannung betrieben werden kann und eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung aufweist. Zusätzlich kann die lichtemittierende Vorrichtung betrieben werden, während der Stromverbrauch gering gehalten wird, indem ein in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element enthalten ist, das eine in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung aufweist und demzufolge eine hohe Emissionseffizienz aufweist. Des Weiteren kann eine lichtemittierende Vorrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, wenn ein in der Ausführungsform beschriebenes lichtemittierendes Element eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung aufweist, welche in der Ausführungsform 2 beschrieben ist.

(Ausführungsform 8)

**[0187]** In dieser Ausführungsform wird ein Beispiel eines lichtemittierenden Elementes mit einer in der Ausführungsform 2 (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, welches als eine Beleuchtungsvorrichtung verwendet wird, unter Bezugnahme **Fig. 5A** und **Fig. 5B** beschrieben. **Fig. 5B** zeigt eine Aufsicht der Beleuchtungsvorrichtung und **Fig. 5A** zeigt einen Querschnitt entlang der Linie E-F in **Fig. 5B**.

**[0188]** In der in dieser Ausführungsform dargestellten Beleuchtungsvorrichtung wird eine erste Elektrode **401** auf einem Substrat **400** gebildet, welche ein Träger ist und eine lichtübertragende Eigenschaft aufweist. Die erste Elektrode **401** entspricht der ersten Elektrode **101** in der Ausführungsform 5.

**[0189]** Eine Hilfselektrode **402** ist auf der ersten Elektrode **401** angeordnet. Da die Lichtemission in dem in der Ausführungsform beschriebenen Beispiels durch die Seite der ersten Elektrode **401** extrahiert wird, wird die erste Elektrode **401** unter Verwendung eines Materials mit einer lichtübertragenden Eigenschaft gebildet. Die Hilfselektrode **402** wird bereitgestellt, um die niedrige Leitfähigkeit des Materials mit der lichtübertragenden Eigenschaft zu kompensieren und besitzt eine Funktion die Ungleichmäßigkeit der Leuchtdichte einer Lichtemissionsoberfläche aufgrund eines Spannungsverlusts zu unterdrücken, welcher durch den hohen Widerstand der ersten Elektrode **401** bewirkt wird. Die Hilfselektrode **402** wird unter Verwendung eines Materials mit wenigstens höherer Leitfähigkeit als das Material der ersten Elektrode **401** geformt und wird vorzugsweise unter Verwendung eines Materials mit hoher Leitfähigkeit gebildet, wie Aluminium. Es sollte festgehalten werden, dass die Oberflächen der Hilfselektrode **402**, neben dem Teil der sich in Kontakt mit der ersten Elektrode **401** befindet, vorzugsweise mit einer Isolationsschicht bedeckt sind. Durch solch eine Struktur kann die Lichtemission über dem oberen Bereich der Hilfselektrode **402**, welche nicht extrahiert werden kann, unterdrückt werden, so dass eine Verringerung des Wirkungsgrades aufgrund von Blindstrom unterdrückt werden kann.

**[0190]** Es sollte festgehalten werden, dass ein Pad **412** zum Anlegen von Strom an die zweite Elektrode gleichzeitig mit der Bildung der Hilfselektrode **402** gebildet werden kann.

**[0191]** Eine EL-Schicht **403** wird auf der ersten Elektrode **401** und der Hilfselektrode **402** gebildet. Die EL-Schicht **403** entspricht einer Struktur der EL-Schicht **103** in der Ausführungsform 5 oder einer Struktur, welche die lichtemittierenden Einheiten **511** und **512** und die Ladungserzeugungsschicht **513** kombiniert. Siehe die Erläuterungen zu diesen Strukturen. Es sollte festgehalten werden, dass die EL-Schicht **403** vorzugsweise etwas größer als die erste Elektrode **401** ausgebildet werden sollte, wenn von oben betrachtet, da die EL-Schicht **403** in diesem Fall als eine Isolationsschicht dienen kann, um einen Kurzschluss zwischen der ersten Elektrode **401** und der zweiten Elektrode **404** zu verhindern.

**[0192]** Die zweite Elektrode **404** wird gebildet, um die EL-Schicht **403** abzudecken. Die zweite Elektrode **404** entspricht der zweiten Elektrode **102** der Ausführungsform 5 und weist eine ähnliche Struktur auf. In dieser Ausführungsform ist es bevorzugt, dass die zweite Elektrode **404** unter Verwendung eines Materials mit einem hohen Reflexionsvermögen gebildet wird, da die Lichtemission durch die Seite der ersten Elektrode **401** extrahiert wird. In dieser Ausführungsform ist die zweite Elektrode mit dem Pad **412** verbunden, wodurch Spannung angelegt wird.

**[0193]** Wie oben beschrieben umfasst die in dieser Ausführungsform beschriebene Beleuchtungsvorrichtung ein lichtemittierendes Element mit der ersten Elektrode **401**, der EL-Schicht **403** und der zweiten Elektrode **404** (und der Hilfselektrode **402**). Da das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz ist, kann die Beleuchtungsvorrichtung in dieser Ausführungsform eine Beleuchtungsvorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch sein. Des Weiteren ist das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung, daher kann die Beleuchtungsvorrichtung in dieser Ausführungsform eine Beleuchtungsvorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch sein. Da das lichtemittierende Element ein lichtemittierendes Element mit hoher Zuverlässigkeit ist, kann die Beleuchtungsvorrichtung dieser Ausführungsform eine Beleuchtungsvorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit sein.

**[0194]** Das lichtemittierende Element mit der obigen Struktur kann durch Dichtungsmaterialien **405** und **406** an ein Dichtungssubstrat **407** befestigt sein und die Abdichtung wird erzielt, wodurch die Beleuchtungsvorrichtung fertiggestellt wird. Es ist möglich entweder nur das Dichtungsmaterial **405** oder das Dichtungsmaterial **406** zu verwenden. Zusätzlich kann das innere Dichtungsmaterial **406** mit einem Trocknungsmittel vermischt sein, durch welches Feuchtigkeit adsorbiert werden kann, und die Zuverlässigkeit erhöht wird.

**[0195]** Wenn sie sich bis zu der Außenseite der Dichtungsmaterialien **405** und **406** erstrecken, können das Pad **412**, die erste Elektrode **401** und die Hilfselektrode **402** jeweils teilweise als ein externer Inputanschluss dienen. Ein IC-Chip **420** versehen mit einem Konverter oder dergleichen kann über den externen Inputanschlüssen bereitgestellt sein.

**[0196]** Da die lichtemittierende Vorrichtung, wie oben beschrieben, ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) als ein EL-Element enthält, kann die Beleuchtungsvorrichtung eine Beleuchtungsvorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch, eine Beleuchtungsvorrichtung mit niedriger Ansteuerspannung oder eine Beleuchtungsvorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit sein.

(Ausführungsform 9)

**[0197]** In dieser Ausführungsform sind Beispiele einer elektronischen Vorrichtung beschrieben, welche ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) enthält. Ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) ist ein lichtemittierendes Element mit einer vorteilhaften Emissionseffizienz und verringertem Stromverbrauch. Demzufolge kann die in dieser Ausführungsform beschriebene elektronische Vorrichtung eine elektronische Vorrichtung sein, welche einen lichtemittierenden Bereich mit verringertem Stromverbrauch umfasst. Da des Weiteren das lichtemittierende Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung ist, kann die in dieser Ausführungsform beschriebene elektronische Vorrichtung eine elektronische Vorrichtung mit niedriger Ansteuerspannung sein. Da des Weiteren ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer ist, kann die in dieser Ausführungsform beschriebene elektronische Vorrichtung eine elektronische Vorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit sein.

**[0198]** Beispiele der elektronischen Vorrichtungen in welchen das obige lichtemittierende Element eingesetzt werden kann, sind Fernseher (auch als Fernsehgerät oder Fernsehempfänger bezeichnet), Computermonitore oder dergleichen, Kameras, wie Digitalkameras oder digitale Videokameras, digitale Bilderrahmen, Mobiltelefone (auch als Handys oder Funktelefone bezeichnet), tragbare Spielekonsolen, tragbare Informationsterminals, Tonwiedergabevorrichtungen, große Spielegeräte, wie Pachinko-Geräte und dergleichen. Spezifische Beispiele dieser elektronischen Vorrichtungen sind nachfolgend beschrieben.

**[0199]** Fig. 6A zeigt ein Beispiel eines Fernsehers. Bei dem Fernseher ist eine Displaybereich **7103** in einem Gehäuse **7101** eingebaut. Zusätzlich wird das Gehäuse **7101** von einem Fuß **7105** getragen. Der Displaybereich **7103** ermöglicht die Darstellung von Bildern und umfasst lichtemittierende Elemente, welche in einer Matrix angeordnet sind, von denen jedes ein lichtemittierendes Element ist, mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element). Die lichtemittierenden Elemente können eine hohe Emissionseffizienz aufweisen. Des Weiteren können die lichtemittierenden Elemente eine niedrige Ansteuerspannung aufweisen. Des Weiteren können die lichtemittierenden Elemente eine lange Lebensdauer aufweisen. Demzufolge kann der Fernseher, welcher den Displaybereich **7103** mit lichtemittierenden Elementen aufweist, ein Fernseher sein, welcher einen reduzierten Stromverbrauch aufweist. Des Weiteren kann der Fernseher ein Fernseher sein, welcher eine niedrige Ansteuerspannung aufweist. Des Weiteren kann der Fernseher ein Fernseher mit hoher Zuverlässigkeit sein.

**[0200]** Der Betrieb des Fernsehers kann mit einem Bedienungsschalter des Gehäuses **7101** oder mit einer separaten Fernbedienung **7110** durchgeführt werden. Mit den Bedienungstasten **7109** der Fernbedienung **7110** können Kanäle und Lautstärke gesteuert werden und die auf dem Displaybereich **7103** dargestellten Bilder können gesteuert werden. Des Weiteren kann die Fernbedienung **7110** mit einem Displaybereich **7107** versehen sein, um die Datenausgabe der Fernbedienung **7110** darzustellen.

**[0201]** Es sollte festgehalten werden, dass der Fernseher mit einem Receiver, einem Modem, oder dergleichen ausgestattet sein kann. Mit dem Receiver kann eine allgemeine Fernsehübertragung empfangen werden. Wenn der Fernseher des Weiteren mit einem Kommunikationsnetzwerk über eine drahtgebundene oder drahtlose Verbindung über das Modem verbunden ist kann eine einseitige (von einem Transmitter zu einem Receiver) oder eine zweitseitige (zwischen einem Transmitter und einem Receiver, zwischen Receivern oder dergleichen) Datenkommunikation durchgeführt werden.

**[0202]** Fig. 6 zeigt einen Computer mit einem Hauptgehäuse **7201**, einem Gehäuse **7202**, einem Displaybereich **7203**, einer Tastatur **7204**, einem externen Verbindungsanschluss **7205**, einer Zeigevorrichtung **7206** und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass dieser Computer unter Verwendung der in einer Matrix angeordneten lichtemittierenden Elementen hergestellt wird, von denen jedes ein lichtemittierendes Element ist, mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element). Die lichtemittierenden Elemente können eine hohe Emissionseffizienz aufweisen. Des Weiteren können die lichtemittierenden Elemente eine niedrige Ansteuerspannung aufweisen. Des Weiteren können die lichtemittierenden Elemente eine lange Lebensdauer aufweisen. Demzufolge kann der Computer, der den Displaybereich **7203** mit den lichtemittierenden Elementen aufweist, ein Computer mit verringertem Stromverbrauch sein. Des Weiteren kann der Computer ein Computer mit einer niedrigen Ansteuerspannung sein. Des Weiteren kann der Computer ein Computer mit einer hohen Zuverlässigkeit sein.

**[0203]** Fig. 6C zeigt eine portable Spielekonsole mit zwei Gehäusen, einem Gehäuse **7301** und einem Gehäuse **7302**, welche über eine Gelenkverbindung **7303** miteinander verbunden sind, so dass die tragbare Spielekonsole geöffnet oder geschlossen werden kann. Ein Displaybereich **7304** mit in einer Matrix angeordneten lichtemittierenden Elementen, welche in der Ausführungsform dargestellt sind, ist in dem Gehäuse **7301** eingebaut, und ein Displaybereich **7305** ist in dem Gehäuse **7302** eingebaut. Zusätzlich umfasst die in der Fig. 6C dargestellt tragbare Spielekonsole einen Lautsprecherbereich **7306**, einen Einführbereich **7307** für ein Aufzeichnungsmedium, eine LED-Lampe **7308**, Eingabemittel (eine Bedienungstaste **7309**, ein Leistung, Strahlung, Flussrate, Spannung, Verbindungsanschluss **7310**, einen Sensor **7311** (einen Sensor mit einer Funktion eine Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Rotationsfrequenz, Entfernung, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus Temperatur, chemische Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrisches Feld, Strom, Spannung, elektrische Leistung, Strahlung, Flussrate, Leuchtgrad, Gradienten, Oszillation, Geruch oder Infrarotstrahlen zu messen) und ein Mikrofon **7312**) und dergleichen. Es ist nicht notwendig darauf hinzuweisen, dass die Struktur der tragbaren Spielkonsole nicht auf die obige beschränkt ist, in der Hinsicht, dass der Displaybereich mit den in einer Matrix angeordneten lichtemittierenden Elementen betroffen ist, bei denen jedes ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) ist,

entweder in dem Displaybereich **7304** oder dem Displaybereich **7305** oder beiden verwendet wird, und die Struktur kann andere Bestandteile enthalten, sofern geeignet. Die tragbare Spielekonsole, die in der **Fig. 6C** dargestellt ist, einem Speichermedium gespeichert sind auszulesen, und auf dem Displaybereich darzustellen und eine Funktion mit einer anderen tragbaren Spielekonsole durch drahtlose Kommunikation zu teilen. Die in der **Fig. 6C** dargestellt tragbare Spielkonsole kann eine Vielzahl von Funktionen aufweisen, ohne auf die obigen beschränkt zu werden. Da die lichtemittierenden Elemente, welche in dem Displaybereich **7304** verwendet werden, eine hohe Emissionseffizienz aufweisen, kann die tragbare Spielkonsole mit dem oben beschriebenen Displaybereich **7304**, eine tragbare Spielekonsole mit verringertem Stromverbrauch sein. Da die in dem Displaybereich **7304** verwendeten lichtemittierenden Elemente eine niedrige Ansteuerspannung aufweisen, kann die tragbare Spielekonsole eine tragbare Spielekonsole mit einer niedrigen Ansteuerspannung sein. Da die in dem Displaybereich **7304** verwendeten lichtemittierenden Elemente des Weiteren eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, kann die tragbare Spielekonsole eine tragbare Spielekonsole mit hoher Zuverlässigkeit sein.

**[0204]** **Fig. 6D** zeigt ein Beispiel eines Mobiltelefons. Ein Mobiltelefon **7400** ist mit einem Displaybereich **7402** bereitgestellt, welcher in einem Gehäuse **7401** eingebaut ist, Bedienungselemente **7403**, einem externen Verbindungsanschluss **7404**, einen Lautsprecher **7405**, einem Mikrophone **7406** und dergleichen. Es sollte festgehalten werden, dass das Mobiltelefon **7400** unter Verwendung der lichtemittierenden Vorrichtung für den Displaybereich **7402** hergestellt wird. Es sollte festgehalten werden, dass das Handy **7400** den Displaybereich **7402** aufweist, mit lichtemittierenden Elementen, welche in einer Matrix angeordnet sind, von denen jedes ein lichtemittierendes Element ist, mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element). Die lichtemittierenden Elemente können eine hohe Emissionseffizienz aufweisen. Ferner können die lichtemittierenden Elemente eine niedrige Ansteuerspannung aufweisen. Des Weiteren können die lichtemittierenden Elemente eine lange Lebensdauer aufweisen. Folglich weist das Handy mit dem Displaybereich **7402**, welches die lichtemittierenden Elemente aufweist, ein Handy mit verringertem Stromverbrauch sein. Des Weiteren kann das Mobiltelefon ein Mobiltelefon mit niedriger Ansteuerspannung sein. Ferner kann das Mobiltelefon ein Mobiltelefon mit hoher Zuverlässigkeit sein.

**[0205]** Wenn der Displaybereich **7402** des Mobiltelefons **7400**, welches in der **Fig. 6D** dargestellt ist, mit einem Finger oder dergleichen berührt wird, können Daten in das Mobiltelefon eingegeben werden. In diesem Fall können Bedienungen, wie ein Telefonat und Schreiben einer Mail, erzielt werden, indem der Displaybereich **7402** mit einem Finger oder dergleichen berührt wird.

**[0206]** Es gibt hauptsächlich drei Bildschirmmodi des Displaybereichs **7402**. Der erste Modus ist ein Displaymodus um Bilder darzustellen. Der zweite Modus ist ein Eingabemodus, der hauptsächlich zur Eingabe von Zeichen oder dergleichen dient. Der dritte Modus ist ein Display und Eingabe Modus, bei welchem die zwei Modi, Eingabemodus und Displaymodus, kombiniert sind.

**[0207]** Wenn zum Beispiel ein Anruf gemacht wird oder eine E-Mail erzeugt wird, wird ein Texteingabemodus für den Displaybereich **7402** ausgewählt, um ein Zeichen einzugeben, welches auf dem Bildschirm dargestellt wird. In diesem Fall ist es bevorzugt eine Tastatur oder Nummernknöpfe auf fast dem ganzen Bildschirm des Displaybereichs **7402** darzustellen.

**[0208]** Wenn eine Detektionsvorrichtung mit einem Sensor zur Ermittlung einer Neigung, wie ein Gyroskop oder ein Beschleunigungssensor, in einem Mobiltelefon bereitgestellt wird, kann die Darstellung auf dem Displaybereich **7402** automatisch geändert werden, indem die Ausrichtung des Mobiltelefons bestimmt wird (ob das Mobiltelefon horizontal oder vertikal gehalten wird, für das Querformat oder Hochformat).

**[0209]** Die Bildschirmmodi werden durch Berührung des Displaybereichs **7402** oder Bedienung der Bedienungsknöpfe **7403** des Gehäuses **7401** verändert. Die Bildschirmmodi können auch abhängig von der Art des auf dem Displaybereich **7402** dargestellten Bildes verändert bzw. geschaltet werden. Wenn zum Beispiel ein Signal eines auf dem Displaybereich dargestellten Bildes ein Signal sich bewegender Bilddaten ist, wird der Bildmodus in den Displaymodus geändert. Wenn das Signal ein Signal aus Textdaten ist, wird der Bildschirmmodus in den Eingabemodus geschaltet.

**[0210]** Des Weiteren kann der Bildschirmmodus, wenn eine Eingabe durch Berührung des Displaybereichs **7402** für eine bestimmte Dauer nicht durchgeführt wird, während ein von einem optischen Sensor ermitteltes Signal erkannt wird, in den Eingabemodus zu gesteuert werden, um so von dem Eingabemodus in den Displaymodus umgeschaltet zu werden.

**[0211]** Der Displaybereich **7402** kann als ein Bildsensor dienen. Zum Beispiel kann ein Bild eines Handabdrucks, eines Fingerabdrucks oder dergleichen erhalten werden, wenn der Displaybereich **7402** mit der Hand oder dem Finger berührt wird, wodurch eine persönliche Authentifizierung durchgeführt wird. Des Weiteren kann durch die Bereitstellung einer Hintergrundbeleuchtung oder einer Lichtquelle, welche Licht im nahen Infrarotbereich in dem Displaybereich emittiert, ein Bild einer Fingervene, einer Handvene oder dergleichen aufnehmen.

**[0212]** Es sollte festgehalten werden, dass die in dieser Ausführungsform beschriebene Elementstruktur mit jeder der in den Ausführungsformen 1 bis 8 beschriebenen Strukturen kombiniert werden kann.

**[0213]** Wie oben beschrieben ist der Anwendungsbereich der lichtemittierenden Einrichtung mit einem lichtemittierenden Element enthaltend ein in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) so breit, dass diese lichtemittierende Vorrichtung in elektronischen Vorrichtungen in einer Vielzahl von Gebieten eingesetzt werden kann. Unter eines lichemittierenden Elementes mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, kann eine elektronische Vorrichtung mit verringertem Stromverbrauch erzielt werden. Zusätzlich kann eine elektronische Vorrichtung mit einer niedrigen Ansteuerspannung erzielt werden.

**[0214]** **Fig. 7** zeigt ein Beispiel einer Flüssigkristalldisplayvorrichtung unter Verwendung eines lichtemittierenden Elements enthaltend eine in der Ausführungsform 2 dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) als eine Hintergrundbeleuchtung. Die in der **Fig. 7** dargestellte Flüssigkristallvorrichtung umfasst ein Gehäuse **901**, eine Flüssigkristallschicht **902**, eine Hintergrundbeleuchtung **903** und ein Gehäuse **904**. Die Flüssigkristallschicht **902** nist mit einem Treiber-IC **905** verbunden. Ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo [c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) wird in der Hintergrundbeleuchtung **903** verwendet, welche über den Anschluss **906** mit Strom verbunden ist.

**[0215]** Ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) wird als die Hintergrundbeleuchtung der Flüssigkristallvorrichtung verwendet, und daher kann eine Hintergrundbeleuchtung mit verringertem Stromverbrauch erhalten werden. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung eines lichtemittierenden Elementes mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung die Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung mit planarer Emission und des Weiteren einer großen Beleuchtungsvorrichtung mit planarer Emission, daher kann die Hintergrundbeleuchtung eine große Hintergrundbeleuchtung sein und die Flüssigkristalldisplayvorrichtung kann auch eine große Vorrichtung sein. Des Weiteren kann die Hintergrundbeleuchtung, welche ein lichtemittierendes Element enthält, mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) dünner als eine herkömmliche gefertigt werden, so dass auch die Displayvorrichtung dünner sein kann.

**[0216]** **Fig. 8** zeigt ein Beispiel, bei welchem ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) als Tischlampe, die eine Beleuchtungsvorrichtung ist, verwendet wird. Die in der **Fig. 8** dargestellte Tischlampe umfasst ein Gehäuse **2001** und eine Lichtquelle **2002**, und die in der Ausführungsform 8 beschriebene lichtemittierende Vorrichtung wird als die Lichtquelle **2002** verwendet.

**[0217]** **Fig. 9** zeigt ein Beispiel, bei welchem ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) als eine Innenbeleuchtung **3001** verwendet wird. Da ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung einen verringerten Stromverbrauch aufweist, kann eine Beleuchtungsvorrichtung mit einem verringerten Stromverbrauch erzielt werden. Da ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine große Fläche aufweisen kann, kann das lichtemittierende Element des Weiteren für eine große Beleuchtungsvorrichtung verwendet werden. Da ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 dargestellten Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung des Weiteren dünn ist, kann das für eine Beleuchtungsvorrichtung verwendete lichtemittierende Element eine verringerte Dicke aufweisen.

**[0218]** Ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) kann auch für eine Windschutzscheibe oder ein Armaturenbrett eines Kraftfahrzeuges verwendet werden. Ein Modus, in dem die lichtemittierenden Element mit der Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, welches in der Ausführungsform 1 be-

schrieben ist, für eine Windschutzscheibe oder ein Armaturenbrett eines Kraftfahrzeuges verwendet werden, ist in der **Fig. 10** dargestellt. 10. Displaybereiche **5000** bis **5005** enthalten jeweils ein in der Ausführungsform 2 beschriebene Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung.

**[0219]** Der Displaybereich **5000** und der Displaybereich **5001** sind Displayeinrichtungen welche in der Frontscheibe eines Fahrzeuges bereitgestellt sind, und in welche lichtemittierende Elemente mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (d. h. von denen jedes ein in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element ist) eingefügt sind. Das lichtemittierende Element mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung kann als eine sogenannte "Durchschau"-Displayvorrichtung ausgebildet sein, durch welche die gegenüberliegende Seite gesehen werden kann, enthaltend eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode, welche aus Elektroden mit licht durchlässigen Eigenschaften gebildet werden. Solche Displayvorrichtungen, durch welche man durchsehen kann, können sogar in der Windschutzscheibe eines Fahrzeuges bereitgestellt werden, ohne die Sicht zu beeinträchtigen. Es sollte festgehalten werden, dass in dem Fall, dass ein Transistor zur Ansteuerung bereitgestellt wird, ein Transistor mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft, wie ein organischer Transistor, welcher ein organisches Material einsetzt, oder ein Transistor, welcher ein Halbleiteroxid einsetzt, vorzugsweise verwendet wird.

**[0220]** Der Displaybereich **5002** ist eine Displayvorrichtung, welche in einer Säulenform bereitgestellt wird und bei welcher ein lichtemittierendes Element mit einer in der Ausführungsform 2 beschriebenen Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) eingebaut ist. Der Displaybereich **5002** kann die von dem Säulenbereich beeinträchtigte Sicht verbessern, indem ein Bild dargestellt wird, welches von einem in dem Fahrzeugkörper bereitgestellten Abbildungselement aufgenommen wird. Ähnlich kann der Displaybereich **5003**, welcher auf dem Armaturenbrett bereitgestellt ist, die von dem Fahrzeugkörper eingeschränkte Sicht kompensieren, indem ein Bild dargestellt wird, welches von einem außerhalb des Fahrzeugkörpers bereitgestellte Abbildungsvorrichtung aufgenommen wurde, was zu einer Eliminierung blinder Bereiche und zu einer Steigerung der Sicherheit führt. Die Darstellung eines Bildes, um den Bereich zu kompensieren, der von dem Fahrer nicht gesehen werden kann, ermöglicht dem Fahrer einfach und komfortabel Sicherheit.

**[0221]** Der Displaybereich **5004** und der Displaybereich **5005** kann eine Vielzahl von Informationen bereitstellen, wie Navigationswerte, ein Geschwindigkeitsmesser, ein Tachometer, einen Kilometerstand, eine Tankanzeige, eine Schaltanzeigen und eine Einstellung der Klimaanlagen. Der Inhalt oder das Layout des Displays kann von einem Benutzer geeignet verändert werden. Des Weiteren können solche Informationen auch von den Displaybereichen **5000** bis **5003** dargestellt werden. Es sollte festgehalten werden, dass die Displaybereiche **5000** bis **5005** auch als Beleuchtungsvorrichtungen verwendet werden können.

**[0222]** Ein lichtemittierendes Element mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, welche in der Ausführungsform 2 beschrieben ist, (das in der Ausführungsform 1 beschriebene lichtemittierende Element) kann ein lichtemittierendes Element mit einer niedrigen Ansteuerspannung sein oder ein lichtemittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch. Wenn daher eine große Anzahl von Bildschirmen, wie Displaybereich **5000** bis **5005** bereitgestellt werden, kann die Belastung der Batterie verringert werden, wodurch eine komfortable Verwendung bereitgestellt wird. Die lichtemittierende Vorrichtung und die Beleuchtungsvorrichtungen verwenden jeweils ein lichtemittierendes Element mit einer Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, welche in der Ausführungsform 2 beschrieben ist, und können geeignet als eine lichtemittierende Vorrichtung in einem Fahrzeug oder eine Beleuchtungsvorrichtung verwendet werden.

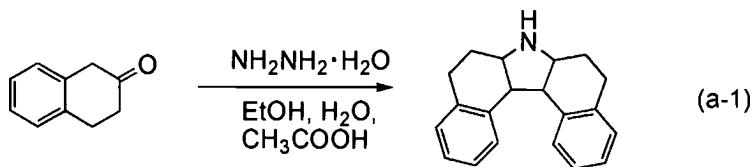
#### [Beispiel 1]

**[0223]** In diesem Beispiel wird ein Syntheseverfahren von 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: c9DBCzPA), bei welchem es sich um eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung handelt, dargestellt durch die in der Ausführungsform 2 beschriebene allgemeine Formel (G1), im Detail beschrieben.

#### Schritt 1: Synthese von 5,6,8,9-Tetrahydro-7H-dibenzo[c,g]carbazol

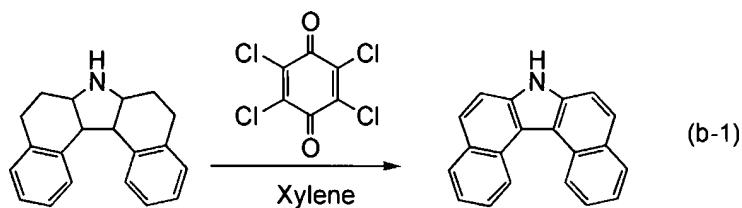
**[0224]** In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 1,0 g (20 mmol) Hydrazinmonohydrat und 14 ml Ethanol eingeführt. Zur dieser Lösung in einem Eisbad wurden tropfenweise 2,2 ml einer verdünnten Eisessigsäurelösung (1,7 M) mit einem Tropftrichter zugegeben. Zu dieser Lösung wurden tropfenweise 10 g (68 mmol)  $\beta$ -Tetralon, welches in 10 ml Ethanol aufgelöst war, mit einem Tropftrichter zugegeben. Diese Mischung wurde bei 80°C für 7 Stunden gerührt, wobei ein Feststoff ausgefällt wurde. Nach dem Rühren wurde diese Mischung zu ungefähr 50 ml Wasser zugegeben und die Mischung wurde für 30 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Nach dem

Röhren wurde diese Mischung abgenuscht um einen Feststoff zu erhalten. Methanol/Wasser mit einem Verhältnis von 1:1 wurde zu dem erhaltenen Feststoff zugegeben und die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und ein Feststoff wurde gewaschen. Nach dem Waschen wurde diese Mischung abgenuscht und ein Feststoff wurde erhalten, 3,5 g eines gelben Pulvers in einer Ausbeute von 63%. Ein Reaktionsschema (a-1) von Schritt 1 ist nachfolgend dargestellt.



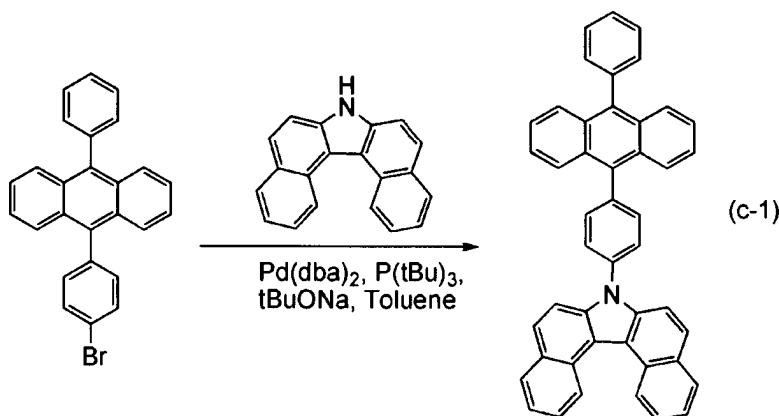
## Schritt 2: Synthese von 7H-Dibenzo[c,g]carbazol

**[0225]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 6,2 ml Chloranil (25 mmol), 40 ml Xylen und 3,5 g (12 mmol) 5,6,8,9-Tetrahydro-7H-benzo[c,g]carbazol, welches in 20 ml Xylen suspendiert war, eingeführt. Die Mischung wurde bei 150°C für 4 Stunden unter einem Stickstoffstrom refluxiert. Nach der Reaktion wurde die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt, wobei ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefällt Feststoff wurde abgepresst und ein Filtrat erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Toluol/Hexan in einem Verhältnis von 2:1) gereinigt, um einen roten Feststoff zu erhalten. Die Rekrystallisation des erhaltenen Feststoffes aus dem Toluol/Hexan führte zu blassroten nadelförmigen Kristallen. Die erhaltenen Kristalle wurden erneut aus Toluol/Hexan rekrystallisiert, so dass 2,5 g weißer nadelförmiger Kristalle in einer Ausbeute von 78% erhalten wurde. Ein Reaktionsschema (b-1) von Schritt 2 ist nachfolgend dargestellt.



### Schritt 3: Synthese von 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (cgDBCzPA)

**[0226]** In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 2,3 g (5,6 mmol) 9-(4-Bromphenyl)-10-phenylanthracen, 1,5 g (5,6 mol) 7H-Dibenzo[c,g]carbazol und 1,2 g (12 mmol) Natrium-tert-butoxid eingeführt. Nachdem die Luft in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt wurde, wurden 300 ml Toluol und 2,8 ml von Tri-(tert-butyl)phosphin (eine 10 Gew.-% Hexanlösung) zu dieser Mischung zugegeben. Die Mischung wurde durch Röhren entgast, während der Druck reduziert wurde. Nach dem Entgasen wurden 0,16 g (0,28 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) zu dieser Mischung zugegeben. Die Mischung wurde bei 110°C für 17 Stunden unter einem Stickstoffstrom gerührt, so dass ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefällte Feststoff wurde durch Abnutzen entfernt. Der erhaltene Feststoff wurde in ungefähr 30 ml heißem Toluol aufgelöst und diese Lösung wurde durch Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 531-16855), Aluminiumoxid und Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 540-00135) abgenutscht. Ein durch Konzentration des Filtrats erhaltener Feststoff wurde aus Toluol/Hexan rekristallisiert, um 2,3 g eines blassgelben Pulvers, welches Gegenstand der Synthese war, in einer Ausbeute von 70% zu erhalten. Ein Reaktionsschema (c-1) von Schritt 3 ist nachfolgend dargestellt.



**[0227]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 2,3 g des erhaltenen blassgelben pulverigen Feststoffes gereinigt. Bei der Reinigung wurde cgDBCzPA bei 310°C unter einem Druck von 3,6 Pa bei einer Durchflussmenge von Argon von 6,0 ml/min erwärmt. Nach der Reinigung wurden 2,1 g eines blassgelben Feststoffs aus cgDBCzPA in einer Ausbeute von 91% erhalten.

**[0228]** Die erhaltene Substanz wurde durch <sup>1</sup>H NMR gemessen. Die Messwerte sind nachfolgend dargestellt.  
<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 300 MHz): δ = 7,38-7,67 (m, 11H), 7,72-7,89 (m, 12H), 7,96 (d, J = 8,7 Hz, 2H), 8,10 (d, J = 7,2 Hz, 2H), 9,31 (d, J = 8,1 Hz, 2H)

**[0229]** Zusätzlich zeigen die **Fig. 11A** und **Fig. 11B** <sup>1</sup>H-NMR Diagramme. Die Messergebnisse zeigen, dass 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel, erhalten wurde.

**[0230]** Das Absorptionsspektrum und das Emissionsspektrum von cgDBCzPA in einer Toluollösung von cgDBCzPA sind in **Fig. 12A** dargestellt und das Absorptionsspektrum und das Emissionsspektrum einer Dünnschicht aus cgDBCzPA sind in **Fig. 12B** dargestellt. Die Absorptionsspektren wurden unter Verwendung eines UVNis-Spektrophotometers (Typ V550, hergestellt von Japan Spectroscopy Corporation) gemessen. Eine Toluollösung von cgDBCzPA wurde in eine Quarzzelle eingeführt und ein Absorptionsspektrum von cgDBCzPA in der Toluollösung wurde gemessen. Von diesem Absorptionsspektrum wurde ein Absorptionsspektrum der Toluollösung, gemessen mit der Quarzzelle, abgezogen und das resultierende Ergebnis wurde in der Figur dargestellt. Für das Absorptionsspektrum der Dünnschicht wurde eine Probe durch Verdampfung von cgDBCzPA auf einem Quarzsubstrat hergestellt, und das durch Subtraktion eines Absorptionsspektrum von Quarz von dem Absorptionsspektrum dieser Probe erhaltene Absorptionsspektrum ist in der Zeichnung dargestellt. Die Messungen der Absorptionsspektren wurden unter Verwendung eines UVNis-Spektrophotometers (Typ V550, hergestellt von Japan Spectroscopy Corporation) durchgeführt. Das Emissionsspektrum von cgDBCzPA in einer Toluollösung von cgDBCzPA wurde gemessen, wobei die Toluollösung von cgDBCzPA in eine Quarzzelle eingeführt wurde und das Emissionsspektrum der Dünnschicht wurde in eine Quarzzelle eingeführt und das Emissionsspektrum der Dünnschicht wurde gemessen, wobei die Probe durch Verdampfung von cgDBCzPA auf einem Quarzsubstrat hergestellt wurde. Es zeigt sich, dass die maximalen Absorptionswellenlängen von cgDBCzPA in der Toluollösung von cgDBCzPA ungefähr 396 nm, ungefähr 368 nm, ungefähr 351 nm, ungefähr 306 nm und ungefähr 252 nm betrugen und dass die maximalen Emissionswellenlängen dieser ungefähr 417 nm und ungefähr 432 nm betrugen (eine Anregungswellenlänge von 369 nm). Es wird auch gezeigt, dass die maximalen Absorptionswellenlängen der Dünnschicht ungefähr 402 nm, ungefähr 375 nm, ungefähr 357 nm, ungefähr 343 nm, ungefähr 306 nm, ungefähr 268 nm, ungefähr 252 nm und ungefähr 221 nm betrugen und dass die größte maximale Emissionswellenlänge ungefähr 442 nm betrug (eine Anregungswellenlänge von 402 nm).

**[0231]** Des Weiteren wurde das Ionisationspotential einer Dünnschicht von cgDBCzPA mit einem Photoelektronenspektrometer (AC-2, hergestellt von Riken Keiki, Co., Ltd.) in Luft gemessen. Der erhaltene Wert des Ionisationspotentials wurde in einen negativen Wert umgewandelt, was zeigt dass das HOMO-Niveau von cgDBCzPA -5,72 eV betrug. Aus den Werten der Absorptionspektren der Dünnschicht in **Fig. 12A** und **Fig. 12B**, betrug die Absorptionskante von cgDBCzPA, erhalten aus einer Tauc Darstellung unter der Annahme eines direkten Übergangs 2,95 eV. Daher wurde die optische Energiefülle von cgDBCzPA im festen Zustand mit 2,95 eV ermittelt; aus den Werten des HOMO-Niveaus, welche oben erhalten wurden, und dieser Energiefülle konnte das LUMO-Niveau von cgDBCzPA bei -2,77 eV ermittelt werden. Es zeigte sich daher, dass cgDBCzPA eine breite Energiefülle von 2,95 eV in dem festen Zustand aufweist.

**[0232]** Die Oxidations- und Reduktionseigenschaften von cgDBCzPA wurden gemessen. Sie wurden durch zyklische Voltammetrie (CV) Messungen untersucht. Ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) wurde für die Messungen verwendet.

**[0233]** Des Weiteren wurde als eine Lösung für die CV-Messungen dehydriertes Dimethylformamid (DMF, hergestellt von Sigma-Aldrich Inc., 99,8%, Katalognummer 22705-6) als ein Lösungsmittel verwendet, und Tetra-n-butylammoniumperchlorat ( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ , hergestellt von Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., Katalognummer T0836), welches ein tragendes Elektrolyt ist, wurde in dem Lösungsmittel aufgelöst, so dass die Konzentration 100 mmol/l betrug. Des Weiteren wurde der zu messende Gegenstand in dem Lösungsmittel aufgelöst, so dass die Konzentration 2 mmol/l betrug. Eine Platinelektrode (PTE Platinelektrode, hergestellt von BAS Inc.) wurde als seine Arbeitselektrode verwendet, eine Platinelektrode (Pt Gegenelektrode für VC-3 (5 cm), hergestellt von BAS Inc.) wurde als seine Hilfselektrode verwendet und eine Ag/Ag<sup>+</sup> Elektrode (RE-5 Referenzelektrode für ein nicht wässriges Lösungsmittel, hergestellt von BAS Inc.) wurde als eine Referenzelektrode verwendet. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur durchgeführt wurden (20 bis 25°C). Die Abtast- bzw. Prüfrate wurde auf 0,1 V/s durch die CV-Messungen festgelegt.

**[0234]** Bei der Messung der Oxidationseigenschaften wurde in einem Zyklus das Potential der Arbeitselektrode in Bezug auf die Referenzelektrode von 0,05 V auf 0,83 V und anschließend von 0,83 V auf 0,05 V geändert, und 100 Messzyklen wurden durchgeführt. Die Messergebnisse sind in **Fig. 13A** dargestellt.

**[0235]** Die Messergebnisse zeigten, dass cgDBCzPA Eigenschaften aufwies, die gegen eine Wiederholung von Redoxreaktionen zwischen einem oxidierten Zustand und einem neutralen Zustand wirksam sind, ohne große Änderungen des Oxidationspeaks auch nach 100 Messzyklen.

**[0236]** Bei der Messung der Reduktionseigenschaften wurde in einem Zyklus das Potential der Arbeitselektrode in Bezug auf die Referenzelektrode von -1,50 V auf -2,0 V und anschließend von -2,30 V auf -1,50 V geändert, und 100 Messzyklen wurden durchgeführt. Die Messergebnisse sind in **Fig. 13B** dargestellt.

**[0237]** Die Messergebnisse zeigten, dass cgDBCzPA Eigenschaften aufwies, die gegen eine Wiederholung von Redoxreaktionen zwischen einem reduzierten Zustand und einem neutralen Zustand wirksam sind, ohne große Änderungen des Reduktionspeaks auch nach 100 Messzyklen.

**[0238]** Des Weiteren wurden auch die HOMO und LUMO Niveaus von cgDBCzPA aus den Ergebnissen der CV Messungen berechnet.

**[0239]** Die Potentialenergie der Referenzelektrode in Bezug auf den Vakuumgrad betrug -4,94 eV. Gemäß der Messergebnisse der Oxidationseigenschaft von cgDBCzPA betrug das Oxidationspeakpotential  $E_{pa}$  0,81 V und das Reduktionspeakpotential  $E_{pc}$  betrug 0,69 V. Daher kann ein Halbstufenpotential (ein Zwischenpotential zwischen  $E_{pa}$  und  $E_{pc}$ ) bei 0,75 V bestimmt werden. Dies bedeutet, dass cgDBCzPA von einer elektrischen Energie von 0,75 [V vs. Ag/Ag<sup>+</sup>] oxidiert werden kann, und diese Energie entspricht dem HOMO-Niveau. Da die Potentialenergie der Referenzelektrode, welche in diesem Beispiel verwendet wurde, in Bezug auf den Vakuumgrad -4,94 [eV] beträgt, wie oben beschrieben wurde, konnte das HOMO-Niveau von cgDBCzPA wie folgt ermittelt werden:  $-4,94 - 0,75 = -5,69$  [eV]. Gemäß der Messergebnisse der Reduktionseigenschaft von cgDBCzPA, betrug das Oxidationspeakpotential  $E_{pc} - 2,25$  V und das Reduktionspeakpotential  $E_{pa}$  betrug -2,16 V. Daher kann ein Halbstufenpotential (ein Zwischenpotential zwischen  $E_{pc}$  und  $E_{pa}$ ) bei -2,21 V berechnet werden. Dies bedeutet, dass cgDBCzPA von einer elektrischen Energie von -2,21 [V vs. Ag/Ag<sup>+</sup>] reduziert werden kann, und diese Energie entspricht dem LUMO-Niveau. Da die Potentialenergie der Referenzelektrode, welche in diesem Beispiel verwendet wurde, in Bezug auf den Vakuumgrad -4,94 [eV] beträgt, wie oben beschrieben, wurde das LUMO-Niveau von cgDBCzPA wie folgt ermittelt werden:  $-4,94 - (-2,21) = -2,74$  [eV].

**[0240]** Es sollte festgehalten werden, dass die Potentialenergie der Referenzelektrode (Ag/Ag<sup>+</sup> Elektrode) in Bezug auf den Vakuumgrad dem Fermi-Niveau der Ag/Ag<sup>+</sup> Elektrode entspricht und sollte aus einem Wert erhalten werden, welcher durch Messen einer Substanz erhalten wird, deren Potentialenergie in Bezug auf das Vakuumgrad bekannt ist, unter Verwendung der Referenzelektrode (Ag/Ag<sup>+</sup> Elektrode).

**[0241]** Wie die Potentialenergie (eV) der Referenzelektrode (Ag/Ag<sup>+</sup> Elektrode), welche in diesem Beispiel verwendet wurde, in Bezug auf den Vakuumgrad durch Berechnung bestimmt wird, wird spezifisch beschrieben. Es ist bekannt, dass das Oxidationsreduktionspotential von Ferrocen in Methanol +0,610 [V vs. SHE] in Bezug auf die Standardwasserstoffelektrode beträgt (Referenz: Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Band 124, Nr. 1, S. 83-96, 2002). Im Gegensatz dazu wurde unter Verwendung der in diesem Beispiel

verwendeten Referenzelektrode das Oxidationsreduktionspotential von Ferrocen in Methanol mit +0,11 V [vs. Ag/Ag<sup>+</sup>] berechnen. Daher wurde herausgefunden, dass die Potentialenergie dieser Referenzelektrode um 0,50 [eV] niedriger war als die der Standardwasserstoffelektrode.

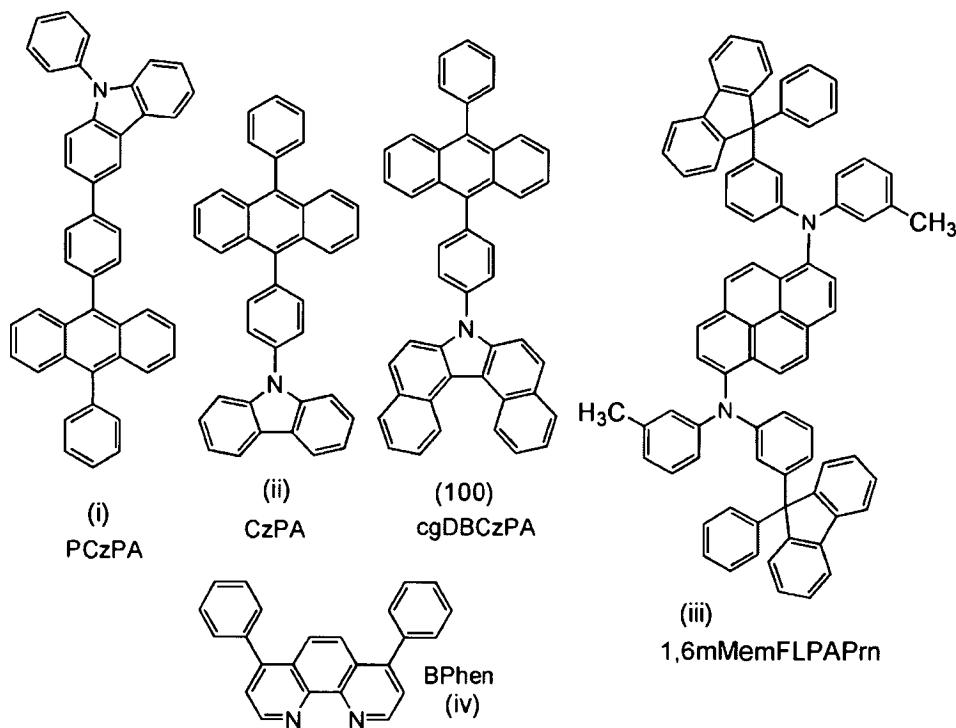
**[0242]** Es ist bekannt, dass die Potentialenergie der Standardwasserstoffelektrode in Bezug auf den Vakuumgrad -4,44 eV beträgt (Referenz: Toshihiro Ohnishi und Tamami Koyama, High molecular EL material, Kyoritsu shuppan, S. 64-67). Daher kann die Potentialenergie der in diesem Beispiel verwendeten Referenzelektrode in Bezug auf das Vakuumgrad wie folgt berechnet werden:  $-4,44 - 0,50 = -4,94$  [eV].

[Beispiel 2]

**[0243]** In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element beschrieben, welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung,

7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA, Struktur (100)) als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht verwendet, unter Verwendung einer Emissionzentrumspezies, welche blaue Fluoreszenz emittiert, und als ein Material einer Elektronentransportschicht, welches in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element ist.

**[0244]** Die molekularen Strukturen der in diesem Beispiel verwendeten organischen Verbindungen sind in den nachfolgenden Strukturformeln (i) bis (iv) und (100) dargestellt. Die Elementstruktur war der in Fig. 1A dargestellten ähnlich.



**[0245]** Zunächst wurde ein Glassubstrat, auf welchem Indiumzinnoxid, das Silizium enthielt, (ITSO) mit einer Dicke von 110 nm gebildet wurde, als erste Elektrode **101** hergestellt. Eine Oberfläche des ITSO wurde mit einem Polyimidfilm bedeckt, so dass die Fläche der freiliegenden Oberfläche  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  betrug. Die Elektrodenfläche betrug  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ . Als eine Vorbehandlung zur Ausbildung des lichtemittierenden Elementes auf diesem Substrat wurde eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen, bei  $200^\circ\text{C}$  für 1 Stunde erhitzt und einer UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden unterworfen. Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumaufdampfvorrichtung überführt, in der der Druck auf etwa  $10^{-4}$  Pa verringert worden war und einem Vakuumerhitzen bei  $170^\circ\text{C}$  für 30 Minuten in einer Heizkammer der Vakuumaufdampfvorrichtung unterworfen und anschließend wurde das Substrat für etwa 30 Minuten abgekühlt.

**[0246]** Anschließend wurde das Substrat so an einer Haltevorrichtung in der Vakuumaufdampfvorrichtung befestigt, dass die Oberfläche des Substrates, auf welche die ITSO-Schicht gebildet wurde, nach unten gerichtet war.

**[0247]** Nachdem der Druck in der Vakuumaufdampfvorrichtung auf  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, wurden 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (i), und Molybdän(VI)oxid co-aufgedampft, so dass das Verhältnis von PCzPA zu Molybdänoxid 2:1 (Gewichtsverhältnis) betrug, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** gebildet wurde. Die Dicke der Lochinjektionsschicht **111** wurde auf 70 nm eingestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Co-Aufdampfung ein Aufdampfungsverfahren ist, bei welchem eine Vielzahl von Substanzen gleichzeitig von jeweils unterschiedlichen Aufdampfungsquellen verdampft werden.

**[0248]** Anschließend wurde PCzPA mit einer Dicke von 30 nm aufgedampft, so dass eine Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde.

**[0249]** Des Weiteren wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (100), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm auf die Lochtransportschicht **112** aufgedampft, wobei das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn auf 1:0,03 eingestellt wurde, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0250]** Anschließend wurde cgDBCzPA mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft und dann wurde Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), dargestellt durch die obige Strukturformel (iv) mit einer Dicke von 15 nm aufgedampft, wodurch die Elektronentransportschicht **114** gebildet wurde.

**[0251]** Des Weiteren wurde Lithiumfluorid mit einer Dicke von 1 nm auf der Elektronentransportschicht **114** aufgedampft, wodurch die Elektroneninjektionsschicht gebildet wurde. Als letztes wurde Aluminium mit einer Dicke von 200 nm als die zweite Elektrode **102** ausgebildet, welche als eine Kathode diente. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 1 vervollständigt. Es sollte festgehalten werden, dass bei allen obigen Aufdampfschritten, die Aufdampfung durch eine Widerstandsheizverfahren durchgeführt wurde.

#### Herstellung des lichtemittierenden Vergleichsbeispieles 1

**[0252]** Das lichtemittierende Vergleichselement 1 wurde mit Ausnahme der lichtemittierenden Schicht **113** und der Elektronentransportschicht **114** wie das lichtemittierende Element 1 hergestellt. Bei der lichtemittierenden Schicht **113** wurden, nachdem die Lochtransportschicht **112** gebildet wurde, 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (ii), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm co-aufgedampft, so dass das Gewichtsverhältnis von CzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,05 betrug, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0253]** Nach der Bildung der lichtemittierenden Schicht **113** gebildet wurde, wurde CzPA mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft, und anschließend Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen) dargestellt durch die obige Strukturformel (iv) mit einer Dicke von 15 aufgedampft, wodurch die Elektronentransportschicht **114** gebildet wurde.

**[0254]** Die andere Struktur als die lichtemittierende Schicht **113** und die Elektronentransportschicht **114** ist der des lichtemittierenden Elementes 1 ähnlich und eine Wiederholung der Erläuterung der Struktur wird weggelassen. Es sollte auf das Herstellungsverfahren des lichtemittierenden Elementes 1 Bezug genommen werden.

**[0255]** Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Vergleichselement 1 fertiggestellt.

Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1

**[0256]** Das lichtemittierende Element 1 und das lichtemittierende Vergleichselement 1, welche wie oben beschrieben erhalten wurden, wurden in eine Glovebox, die eine Stickstoffatmosphäre enthielt, eingeschlossen, damit sie nicht der Luft ausgesetzt waren (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante jedes Elementes aufgebracht und eine Wärmebehandlung wurde bei 80°C für 1 Stunde zum Zeitpunkt des

Einschließens durchgeführt). Anschließend wurden die Betriebseigenschaften der lichtemittierenden Elemente gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in einer bei 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

**[0257]** **Fig.** 14 zeigt eine Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 1, **Fig.** 15 zeigt die Spannung-Strom-Kennlinie, **Fig.** 16 zeigt die Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie und **Fig.** 17 zeigt die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Kennlinie. In **Fig.** 14 stellt die vertikale Achse die Stromausbeute ( $cd/A$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $cd/m^2$ ) dar. In **Fig.** 17 stellt die vertikale Achse den Strom ( $mA$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Spannung ( $V$ ) dar. In **Fig.** 32 stellt die vertikale Achse den Wirkungsgrad ( $lm/W$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $cd/m^2$ ) dar. In **Fig.** 17 stellt die vertikale Achse die externe Quanteneffizienz (%) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $cd/m^2$ ) dar.

**[0258]** Aus **Fig.** 14 wird deutlich, dass die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1, welches blaue Fluoreszenz bereitstellt und cgDBCzPA, welches eine durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ist, als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht und als ein Elektronentransportmaterial einer Elektronentransportschicht einsetzt, der Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Vergleichselementes, welches CzPA wie cgDBCzPA in lichtemittierenden Element 1 einsetzt, vergleichbar oder überlegen ist. Dies zeigt, dass das lichtemittierende Element 1 ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz ist.

**[0259]** **Fig.** 15 zeigt, dass die Spannung-Strom-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 1 besser oder im Wesentlichen der des lichtemittierenden Vergleichselementes 1 gleich ist, was zeigt, dass das lichtemittierende Element 1 ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung ist. Das bedeutet, dass die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist.

**[0260]** Aus **Fig.** 16 wird deutlich, dass das lichtemittierende Element 1 eine bessere Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie als das lichtemittierende Element 1 zeigt, was darauf hindeutet, dass das lichtemittierende Element 1 ein lichtemittierendes Element mit einem geringen Energieverbrauch ist. Daher weist das lichtemittierende Element 1, welches cgDBCzPA einsetzt, das eine durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ist, ein lichtemittierendes Element mit bevorzugten Eigenschaften, wie niedriger Ansteuerspannung und hoher Emissionseffizienz zur Verfügung.

**[0261]** Aus **Fig.** 17 wird deutlich, dass die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Kennlinie des lichtemittierenden Elements 1 bevorzugt sind und im Wesentlichen denen des lichtemittierenden Vergleichselementes 1 entsprechen, was zeigt, dass das lichtemittierende Element 1 ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz ist.

**[0262]** **Fig.** 18 zeigt die Emissionsspektren, welche bei einem Strom von 0,1 mA für das lichtemittierende Element 1 und das lichtemittierende Vergleichselement 1 erhalten wurden. In **Fig.** 18 stellt die vertikale Achse die Emissionsintensität (willkürliche Einheit) dar und die horizontale Achse stellt die Wellenlänge ( $nm$ ) dar. Die Emissionsintensität ist als ein Wert relativ zu der maximalen Emissionsintensität, die als 1 angenommen wird, dargestellt. **Fig.** 18 zeigt sowohl das lichtemittierenden Element 1 als auch das lichtemittierende Vergleichselement 1, die Emission von blauem Licht zeigen, welche von 1,6mMemFLPAPr stammt, welches die zentrale Emissionssubstanz ist.

**[0263]** Nachfolgend wurden das lichtemittierende Element 1 und das lichtemittierende Vergleichselemente 1 mit einer auf  $5000\text{ cd/m}^2$  eingestellten anfänglichen Leuchtdichte, mit einer konstanten Stromdichte betrieben und Änderungen der Leuchtdichte relativ zu der Betriebsdauer wurden untersucht. **Fig.** 19 zeigt die normalisierte Leuchtdichte-Zeit-Kennlinie.

**[0264]** Nachfolgend wurde das lichtemittierende Element 1 und das lichtemittierende Vergleichselement 1 bei einer auf  $5000\text{ cd/m}^2$  eingestellten anfänglichen Leuchtdichte bei einer konstanten Stromdichte betrieben und die Änderung der Leuchtdichte über die Antriebsdauer wurde untersucht. **Fig.** 19 zeigt die normalisierte Leuchtdichte versus Zeit. **Fig.** 19 zeigt, dass obwohl das CzPA einsetzende lichtemittierende Vergleichselement 1 ein lichtemittierendes Element mit langer Lebensdauer ist, das cgDBCzPA einsetzende lichtemittierende Element 1 ein extreme zuverlässiges Element ist, mit einer längeren Lebensdauer, als das lichtemittierende Vergleichselement 1.

**[0265]** Im Vergleich mit CzPA ist cgDBCzPA gegenüber Verdampfung sehr stabil und kann einfach ein lichtemittierendes Element mit stabilen Qualitäten bereitstellen.

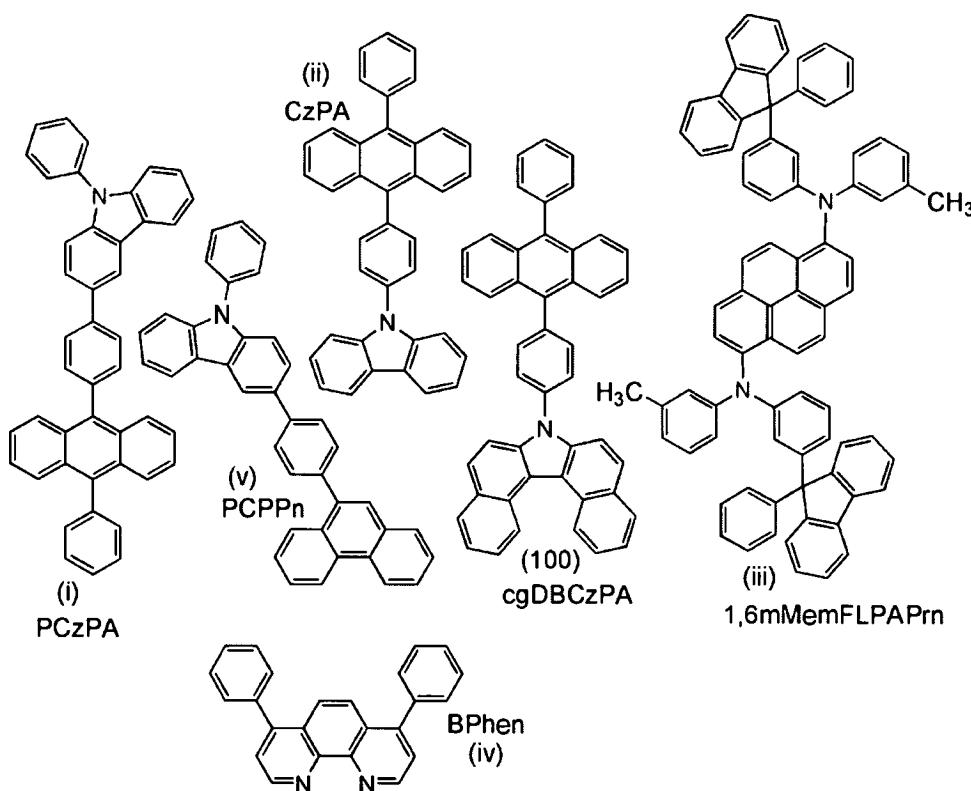
**[0266]** Wie oben beschrieben, hat sich herausgestellt, dass cgDBCzPA ein Material ist, mit welchem ein lichtemittierendes Element bereitgestellt werden kann, das die richtige Kombination ausgezeichneter Eigenschaften aufweist.

[Beispiel 3]

**[0267]** In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element beschrieben, welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung,

7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA, Struktur (100)) als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht verwendet, unter Verwendung einer Emissionzentrumsubstanz, welche blaue Fluoreszenz emittiert, und als ein Material einer Elektronentransportschicht, welches ein in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element ist.

**[0268]** Die molekularen Strukturen der in diesem Beispiel verwendeten organischen Verbindungen sind in den nachfolgenden Strukturformeln (i) bis (v) und (100) dargestellt. Die Elementstruktur war der in **Fig. 1A** dargestellten ähnlich.



Herstellung des lichtemittierenden Elementes 2

**[0269]** Zunächst wurde ein Glassubstrat, auf welchem Indiumzinnoxid, das Silizium enthielt, (ITSO) mit einer Dicke von 110 nm gebildet wurde, als erste Elektrode **101** hergestellt. Eine Oberfläche des ITSO wurde mit einem Polyimidfilm bedeckt, so dass die Fläche der freiliegenden Oberfläche  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  betrug. Die Elektrodenfläche betrug  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ . Als eine Vorbehandlung zur Ausbildung des lichtemittierenden Elementes auf diesem Substrat wurde eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen, bei  $200^\circ\text{C}$  für 1 Stunde erhitzt und einer UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden unterworfen. Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumaufdampfvorrichtung überführt, in der der Druck auf etwa  $10^{-4}\text{ Pa}$  verringert worden war und einem Vakuumerhitzen bei  $170^\circ\text{C}$  für 30 Minuten in einer Heizkammer der Vakuumaufdampfvorrichtung unterworfen und anschließend wurde das Substrat für etwa 30 Minuten abgekühlt.

**[0270]** Anschließend wurde das Substrat so an einer Haltevorrichtung in der Vakuumaufdampfvorrichtung befestigt, dass die Oberfläche des Substrates, auf welche die ITSO-Schicht gebildet wurde, nach unten gerichtet war.

**[0271]** Nachdem der Druck in der Vakuumaufdampfvorrichtung auf  $10^{-4}$  Pa verringert wurde, wurden 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (i), und Molybdän(VI)oxid co-aufgedampft, so dass das Verhältnis von PCzPA zu Molybdänoxid 2:1 (Gewichtsverhältnis) betrug, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** gebildet wurde. Die Dicke der Lochinjektionsschicht **111** wurde auf 70 nm eingestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Co-Aufdampfung ein Aufdampfungsverfahren ist, bei welchem eine Vielzahl von Substanzen gleichzeitig von jeweils unterschiedlichen Aufdampfungsquellen verdampft werden.

**[0272]** Anschließend wurde 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn) dargestellt durch die obige Strukturformel (v) mit einer Dicke von 30 nm aufgedampft, so dass eine Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde.

**[0273]** Des Weiteren wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (100), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm auf die Lochtransportschicht **112** aufgedampft, wobei das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn auf 1:0,03 eingestellt wurde, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0274]** Als Nächstes wurde cgDBCzPA mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft und anschließend wurde Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), dargestellt durch die obige Strukturformel (iv), mit einer Dicke von 15 nm aufgedampft, wodurch die Elektronentransportschicht **114** gebildet wurde.

**[0275]** Des Weiteren wurde Lithiumfluorid mit einer Dicke von 1 nm auf der Elektronentransportschicht **114** gebildet, wodurch die Elektroneninjektionsschicht gebildet wurde. Zuletzt wurde Aluminium mit einer Dicke von 200 nm als die zweite Elektrode **102** aufgedampft, welche als Kathode diente. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 2 vervollständigt. Es sollte festgehalten werden, dass alle obigen Aufdampfungsschritte durch ein Widerstandsheizverfahren durchgeführt wurden.

#### Herstellung des lichtemittierenden Vergleichselementes 2

**[0276]** Das lichtemittierende Vergleichselement 2 wurde wie das lichtemittierende Element 2 gebildet, mit Ausnahme der lichtemittierenden Schicht **113** und der Elektronentransportschicht **114**. Bezuglich der lichtemittierenden Schicht **113** wurden nach der Bildung der Lochtransportschicht **112** 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (ii), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm co-aufgedampft, so dass das Gewichtsverhältnis von CzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,05 betrug, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0277]** Nachdem die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde, wurde CzPA mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft und anschließend wurde Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), dargestellt durch die obige Strukturformel (iv), mit einer Dicke von 15 nm aufgedampft, wodurch die Elektronentransportschicht **114** gebildet wurde.

**[0278]** Die andere Struktur außer der lichtemittierenden Schicht **113** und der Elektronentransportschicht **114** ist der des lichtemittierenden Elementes 2 ähnlich und eine Wiederholung der Erläuterung der Struktur wird weggelassen. Es sollte auf das Herstellungsverfahren des lichtemittierenden Elementes 2 Bezug genommen werden.

**[0279]** Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Vergleichselement 2 fertiggestellt.

#### Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2

**[0280]** Das lichtemittierende Element 2 und das lichtemittierende Vergleichselement 2, welche wie oben beschrieben erhalten wurden, wurden in eine Glovebox, die eine Stickstoffatmosphäre enthielt, eingeschlossen,

damit sie nicht der Luft ausgesetzt waren (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante jedes Elementes aufgebracht und eine Wärmebehandlung wurde bei 80°C für 1 Stunde zum Zeitpunkt des Einschließens durchgeführt). Anschließend wurden die Betriebseigenschaften der lichtemittierenden Elemente gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in einer bei 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

**[0281]** **Fig. 20** zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 2, **Fig. 21** zeigt die Spannung-Strom-Kennlinie, **Fig. 22** zeigt die Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie und **Fig. 23** zeigt die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Kennlinie. In **Fig. 20** stellt die vertikale Achse die Stromausbeute ( $cd/A$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $cd/m^2$ ) dar. In **Fig. 21** stellt die vertikale Achse den Strom ( $mA$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Spannung ( $V$ ) dar. In **Fig. 22** stellt die vertikale Achse den Wirkungsgrad ( $lm/W$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $cd/m^2$ ) dar. In **Fig. 23** stellt die vertikale Achse die externe Quanteneffizienz (%) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $cd/m^2$ ) dar.

**[0282]** Wie aus **Fig. 20** deutlich wird, ist Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 2, welches blaue Fluoreszenz bereitstellt und cgDBCzPA, bei welcher es sich um ein durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung handelt, als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht und als ein Elektronentransportmaterial einer Elektronentransportschicht verwendet, im Wesentlichen der Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Vergleichselementes 2 gleich, welches CzPA wie cgDBCzPA in dem lichtemittierenden Element 2 verwendet. Dies zeigt, dass das lichtemittierende Element 2 ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz ist.

**[0283]** Aus **Fig. 21** wird deutlich, dass das lichtemittierende Element 2 eine bessere Strom-Spannung-Kennlinie aufweist, als das lichtemittierende Element 2, was zeigt, dass das lichtemittierende Element 2 ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung ist. Dies bedeutet, dass die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung eine ausgezeichnete Trägertransporteigenschaft aufweist.

**[0284]** Wie aus **Fig. 22** deutlich wird, zeigt das lichtemittierende Element 2 eine sehr vorteilhafte Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie, die besser ist als die des lichtemittierenden Vergleichselementes 2, was zeigt, dass das lichtemittierende Element 2 ein lichtemittierendes Element mit niedrigem Stromverbrauch ist. Daher ist das lichtemittierende Element 2, welches cgDBCzPA, welches eine durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-verbindung ist, ein lichtemittierendes Element mit vorteilhaften Eigenschaften, wie niedrige Ansteuerspannung und hohe Emissionseffizienz.

**[0285]** Aus **Fig. 23** wird deutlich, dass die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Kennlinie des lichtemittierenden Elements 2 bevorzugt sind und dass sie im Wesentlichen denen des lichtemittierenden Elementes 2 gleich sind, was zeigt, dass das lichtemittierende Element 2 ein lichtemittierende Element mit einer sehr hohen Emissionseffizienz ist.

**[0286]** **Fig. 24** zeigt die Emissionsspektren, erhalten wenn eine Strom von 0,1 mA in durch das hergestellt lichtemittierende Element 2 und das lichtemittierende Vergleichselement 2 geleitet wird. In der **Fig. 24** stellt die vertikale Achse die Emissionsintensität (willkürliche Einheit) und die horizontale Achse die Wellenlänge (nm) dar. Die Emissionsintensität ist als ein Wert relativ zu der als 1 angenommenen maximalen Emissionsintensität dargestellt. **Fig. 24** zeigt, dass die Spektren des lichtemittierenden Elementes 2 und des lichtemittierenden Vergleichselementes vollständig überlappen, was zeigt, dass beide lichtemittierenden Elemente blaues Licht emittierend abgeleitet von 1,6mMemFLPAPrn, welches die Emissionszentrumsubstanz war.

**[0287]** Anschließend wurde mit einer anfänglichen Leuchtdichte von 5000  $cd/m^2$  das lichtemittierende Element 2 und das lichtemittierende Vergleichselement 2 unter einer Bedingung betrieben, bei welcher der Strom konstant war, und die Änderungen der Leuchtdichte relativ zu der Betriebsdauer überprüft wurden. **Fig. 25** zeigt, dass, obwohl das lichtemittierende Vergleichselement 2, welches CzPA verwendet, ein lichtemittierendes Element mit einer langen Lebensdauer ist, das lichtemittierende Element 2, welches cgDBCzPA verwendet, ein extrem zuverlässiges Element mit einer längeren Lebensdauer ist, als das lichtemittierende Vergleichselement 2.

**[0288]** Im Vergleich mit CzPA ist cgDBCzPA gegenüber Verdampfung sehr stabil und kann einfach ein lichtemittierendes Element mit stabilen Qualitäten bereitstellen.

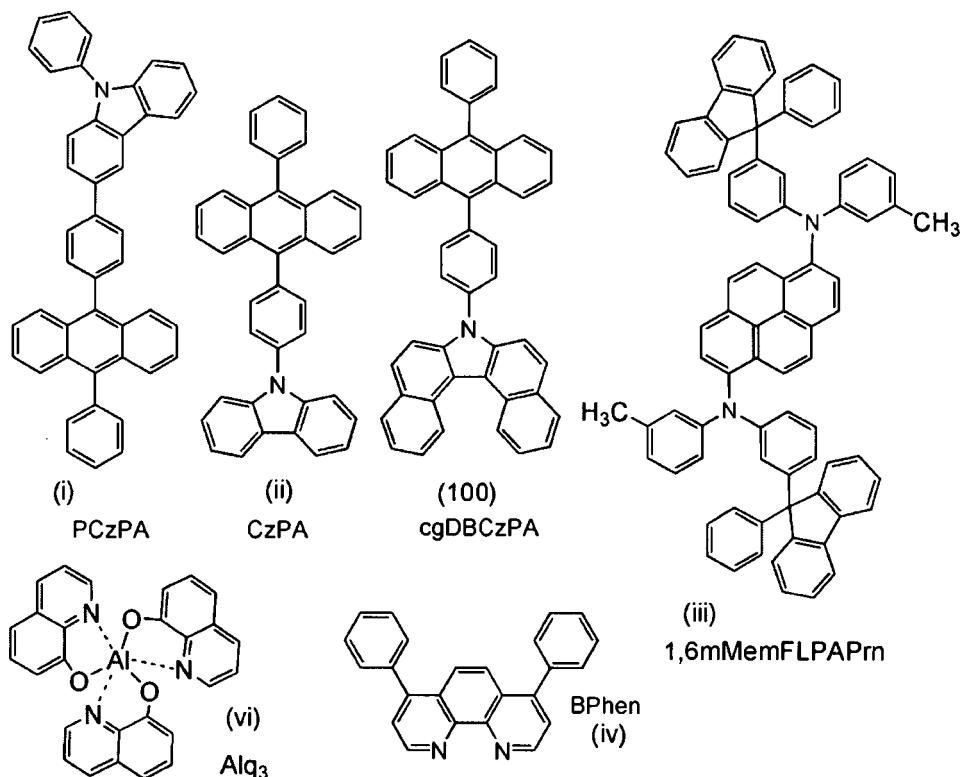
**[0289]** Wie oben beschrieben, wird in diesem Beispiel auch bestätigt, dass cgDBCzPA ein Material ist, welches ein lichtemittierendes Element mit der richtigen Kombination ausgezeichneter Eigenschaften bereitstellt.

[Beispiel 4]

**[0290]** In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element beschrieben, welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung,

7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA, Strukturformel (100)), als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht verwendet, unter Verwendung einer Emissionzentrumssubstanz, welche blaue Fluoreszenz emittiert, und als ein Material einer Elektronentransportschicht, welches ein in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element ist.

**[0291]** Die molekularen Strukturen der in diesem Beispiel verwendeten organischen Verbindungen sind in den nachfolgenden Strukturformeln (i) bis (iv) und (100) dargestellt. Die Elementstruktur war der in Fig. 1A dargestellten ähnlich.



Herstellung des lichtemittierenden Elementes 3

**[0292]** Zunächst wurde ein Glassubstrat, auf welchem Indiumzinnoxid, das Silizium enthielt, (ITSO) mit einer Dicke von 110 nm gebildet wurde, als erste Elektrode **101** hergestellt. Eine Oberfläche des ITSO wurde mit einem Polyimidfilm bedeckt, so dass die Fläche der freiliegenden Oberfläche  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  betrug. Die Elektrodenfläche betrug  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ . Als eine Vorbehandlung zur Ausbildung des lichtemittierenden Elementes auf diesem Substrat wurde eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen, bei  $200^\circ\text{C}$  für 1 Stunde erhitzt und einer UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden unterworfen. Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumaufdampfvorrichtung überführt, in der der Druck auf etwa  $10^{-4}\text{ Pa}$  verringert worden war und einem Vakuumerhitzen bei  $170^\circ\text{C}$  für 30 Minuten in einer Heizkammer der Vakuumaufdampfvorrichtung unterworfen und anschließend wurde das Substrat für etwa 30 Minuten abgekühlt.

**[0293]** Anschließend wurde das Substrat so an einer Haltevorrichtung in der Vakuumaufdampfvorrichtung befestigt, dass die Oberfläche des Substrates, auf welche die ITSO-Schicht gebildet wurde, nach unten gerichtet war.

**[0294]** Nachdem der Druck in der Vakuumaufdampfvorrichtung auf  $10^{-4}\text{ Pa}$  verringert wurde, wurden 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (i) und Molybdän(VI)oxid co-aufgedampft, so dass das Gewichtsverhältnis von PCzPA zu Molybdän-

oxid 2:1 betrug, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** gebildet wurde. Die Dicke der Lochinjektionsschicht **111** wurde auf 50 nm eingestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Co-Aufdampfung ein Aufdampfungsverfahren ist, bei welches eine Vielzahl von Materialien gleichzeitig von verschiedenen Verdampfungsquellen verdampft wird.

**[0295]** Anschließend wurde PCzPA mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft, so dass die Lochtransportschicht **112** gebildet wurde.

**[0296]** Des Weiteren wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (100), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 30 nm auf die Lochtransportschicht **112** aufgedampft, wobei das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn auf 1:0,05 eingestellt wurde, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0297]** Als Nächstes wurde Tris(8-chinolinolato)aluminum(III) (Abkürzung: Alq), dargestellt durch die obige Strukturformel (vi), mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft und anschließend wurde Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), dargestellt durch die obige Strukturformel (iv), mit einer Dicke von 15 nm aufgedampft, wodurch die Elektronentransportschicht **114** gebildet wurde.

**[0298]** Des Weiteren wurde Lithiumfluorid mit einer Dicke von 1 nm auf der Elektronentransportschicht **114** aufgebracht, wodurch die Elektroneninjektionsschicht gebildet wurde. Zuletzt wurde Aluminium mit einer Dicke von 200 nm als die zweite Elektrode **102** gebildet, welche als Kathode diente. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 3 fertiggestellt. Es sollte festgehalten werden, dass bei allen obigen Aufdampfungs-schritten ein Widerstandsheizverfahren verwendet wurde.

### Herstellung des lichtemittierenden Vergleichselementes 3

**[0299]** Das lichtemittierende Vergleichselement 3 wurde wie das lichtemittierende Element 3 hergestellt, mit Ausnahme der lichtemittierenden Schicht **113**. Für das lichtemittierende Vergleichselement 3 wurden, nachdem die Lochtransportschicht gebildet wurde, 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (ii), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 30 nm co-aufgedampft, so dass das Gewichtsverhältnis von CzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,05 betrug, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0300]** Die Struktur, außer der lichtemittierenden Schicht **113**, war der des lichtemittierenden Elementes 3 ähnlich, und die Wiederholung der Erläuterung der Struktur wird vermieden. In diesem Zusammenhang wird auf das Herstellungsverfahren des lichtemittierenden Elementes 3 Bezug genommen. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 3 fertiggestellt.

### Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3

**[0301]** Das lichtemittierende Element 3 und das lichtemittierende Vergleichselement 3, welche wie oben beschrieben erhalten wurden, wurden in eine Glovebox, die eine Stickstoffatmosphäre enthielt, eingeschlossen, damit sie nicht der Luft ausgesetzt waren (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante jedes Elementes aufgebracht und eine Wärmebehandlung wurde bei 80°C für 1 Stunde zum Zeitpunkt des Einschließens durchgeführt). Anschließend wurden die Betriebseigenschaften der lichtemittierenden Elemente gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in einer bei 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

**[0302]** **Fig.** 26 zeigt eine Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3, **Fig.** 27 zeigt die Spannung versus Strom. In **Fig.** 26 stellt die vertikale Achse die Stromausbeute (cd/A) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m<sup>2</sup>) dar. In **Fig.** 27 stellt die vertikale Achse den Strom (mA) dar und die horizontale Achse stellt die Spannung (V) dar.

**[0303]** Wie aus **Fig.** 26 deutlich wird, sind die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Elements 3, welches blaue Fluoreszenz bereitstellt und cgDBCzPA verwendet, welches eine durch die allgemeine Formel (G1) dargestellte Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung, als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht und als ein Elektronentransportmaterial einer Elektronentransportschicht verwendet, der Leucht-

dichte-Stromausbeute-Kennlinie des lichtemittierenden Vergleichselementes 3 entspricht, welches CzPA wie cgDBCzPA in der lichtemittierenden Schicht 3 verwendet. Dies zeigt, dass das lichtemittierende Element 3 ein lichtemittierendes Element mit hoher Emissionseffizienz ist.

**[0304]** Aus **Fig. 27** wird deutlich, dass das lichtemittierende Element 3 eine viel bessere Spannung-Strom-Kennlinie aufweist als das lichtemittierende Vergleichselement 3, was zeigt, dass das lichtemittierende Element 3 ein lichtemittierendes Element mit niedriger Ansteuerspannung ist. Das bedeutet, dass die Dibenzo [c,g]carbazol-Verbindung, dargestellt durch die allgemeine Formel (G1) eine ausgezeichnete Ladungsträger-transporteigenschaft aufweist

**[0305]** **Fig. 28** zeigt Emissionsspektren, welche erhalten wurden, wenn ein Strom von 0,1 mA durch das hergestellte lichtemittierende Element 3 und das lichtemittierende Vergleichselement 3 fließt. In **Fig. 28** stellt die vertikale Achse die Emissionsintensität (willkürliche Einheit) dar und die horizontale Achse stellt die Wellenlänge (nm) dar. Die Emissionsintensität wird als ein Wert relativ zu der maximalen Emissionsintensität, welche als 1 angenommen wird, dargestellt. **Fig. 28** zeigt, dass die Spektren des lichtemittierenden Elementes 3 und des lichtemittierenden Vergleichselementes 3 nicht sehr unterschiedlich sind, was zeigt, dass beide Elemente blaue Lichtemission aus 1,6mMemFLPAPrn emittieren, welches die Emissionzentrumsubstanz war.

**[0306]** Im Vergleich mit CzPA, ist cgDBCzPA gegenüber Verdampfung sehr stabil und kann einfach ein lichtemittierendes Element mit stabilen Eigenschaften bereitstellen.

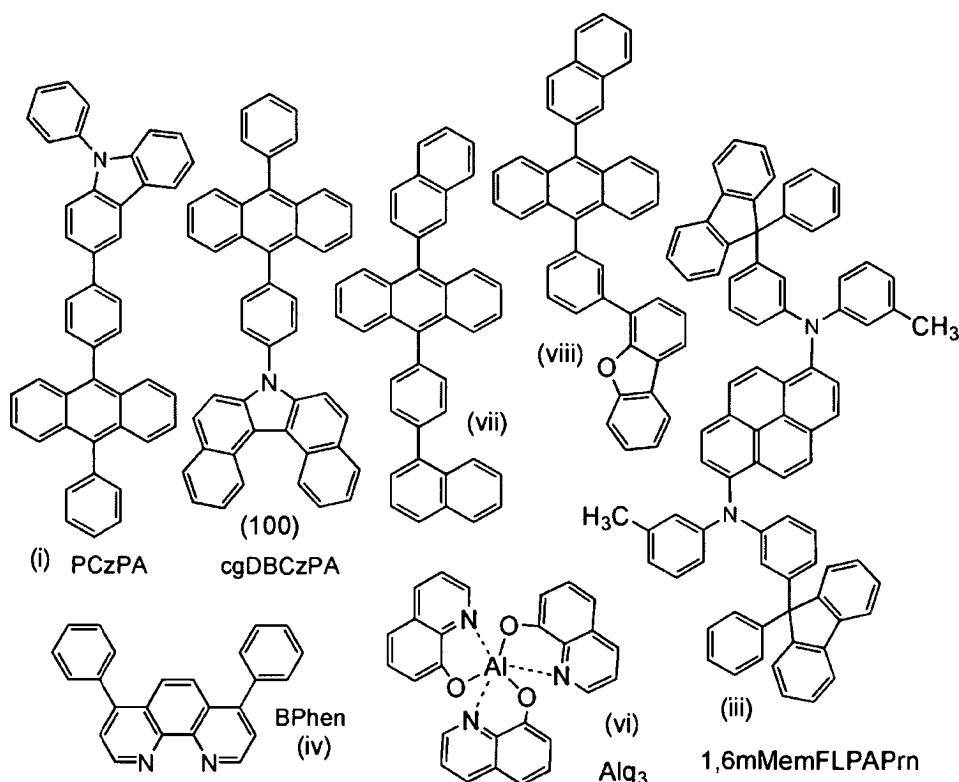
**[0307]** Wie oben beschrieben, wird in diesem Beispiel auch bestätigt, dass cgDBCzPA ein Material ist, mit welchem ein lichtemittierendes Material bereitgestellt werden kann mit der richtigen Kombination ausgezeichneter Eigenschaften.

#### [Beispiel 5]

**[0308]** In diesem Beispiel wird ein lichtemittierendes Element beschrieben, welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung,

7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA, Strukturformel (100)) als ein Wirtsmaterial einer lichtemittierenden Schicht verwendet, unter Verwendung einer Emissionzentrumsubstanz, welche blaue Fluoreszenz emittiert, und als ein Material einer Elektronentransportschicht, welches in der Ausführungsform 1 beschriebenes lichtemittierendes Element ist.

**[0309]** Die molekularen Strukturen der in diesem Beispiel verwendeten organischen Verbindungen sind in den nachfolgenden Strukturformeln (i), (iii), (iv), (vi) bis (viii), und (100). Die Elementstruktur war der in **Fig. 1A** ähnlich.



## Herstellung des lichtemittierenden Elementes 4

**[0310]** Zunächst wurde ein Glassubstrat, auf welchem Indiumzinnoxid, das Silizium enthielt, (ITSO) mit einer Dicke von 110 nm gebildet wurde, als erste Elektrode **101** hergestellt. Eine Oberfläche des ITSO wurde mit einem Polyimidfilm bedeckt, so dass die Fläche der freiliegenden Oberfläche  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  betrug. Die Elektrodenfläche betrug  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ . Als eine Vorbehandlung zur Ausbildung des lichtemittierenden Elementes auf diesem Substrat wurde eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen, bei  $200^\circ\text{C}$  für 1 Stunde erhitzt und einer UV-Ozonbehandlung für 370 Sekunden unterworfen. Anschließend wurde das Substrat in eine Vakuumaufdampfvorrichtung überführt, in der der Druck auf etwa  $10^{-4}\text{ Pa}$  verringert worden war und einem Vakuumerhitzen bei  $170^\circ\text{C}$  für 30 Minuten in einer Heizkammer der Vakuumaufdampfvorrichtung unterworfen und anschließend wurde das Substrat für etwa 30 Minuten abgekühlt.

**[0311]** Anschließend wurde das Substrat so an einer Haltevorrichtung in der Vakuumaufdampfvorrichtung befestigt, dass die Oberfläche des Substrates, auf welche die ITSO-Schicht gebildet wurde, nach unten gerichtet war.

**[0312]** Nachdem der Druck in der Vakuumaufdampfvorrichtung auf  $10^{-4}\text{ Pa}$  verringert wurde, wurden 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (i), und Molybdän(VI)oxid co-aufgedampft, so dass das Verhältnis von PCzPA zu Molybdänoxid 2:1 (Gewichtsverhältnis) betrug, wodurch die Lochinjektionsschicht **111** gebildet wurde. Die Dicke der Lochinjektionsschicht **111** wurde auf 50 nm eingestellt. Es sollte festgehalten werden, dass die Co-Aufdampfung ein Aufdampfungsverfahren ist, bei welchem eine Vielzahl von Substanzen gleichzeitig von jeweils unterschiedlichen Aufdampfungsquellen verdampft werden.

**[0313]** Anschließend wurde PCzPA mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft, so dass eine Lochtransportschicht **112** ausgebildet wurde.

**[0314]** Des Weiteren wurden 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), dargestellt durch die obige Strukturformel (100), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm auf die Lochtransportschicht **112** aufgedampft, wobei das Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn auf 1:0,03 eingestellt wurde, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0315]** Als Nächstes wurde Tris(8-chinolinolato)aluminum(III) (Abkürzung: Alq), dargestellt durch die obige Strukturformel (vi), mit einer Dicke von 10 nm aufgedampft und anschließend wurde Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), dargestellt durch die obige Strukturformel (iv), mit einer Dicke von 15 nm aufgedampft, wodurch die Elektronentransportschicht **114** gebildet wurde.

**[0316]** Des Weiteren wurde Lithiumfluorid mit einer Dicke von 1 nm auf der Elektronentransportschicht **114** gebildet, wodurch die Elektroneninjektionsschicht gebildet wurde. Zuletzt wurde Aluminium mit einer Dicke von 200 nm als die zweite Elektrode **102** aufgedampft, welche als Kathode diente. Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Element 4 vervollständigt. Es sollte festgehalten werden, dass alle obigen Aufdampschritte durch ein Widerstandsheizverfahren durchgeführt wurden.

#### Herstellung eines lichtemittierenden Vergleichselementes 4-1

**[0317]** Das lichtemittierende Vergleichselement 4-1 wurde mit Ausnahme der lichtemittierenden Schicht **113** wie das lichtemittierende Element 4 hergestellt. Bei dem lichtemittierenden Vergleichselement 4-1 wurde, nach der Bildung der Lochtransportschicht **112**, ein bekanntes Anthracenderivativ, dargestellt durch die obige Strukturformel (vii), und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm co-aufgedampft, so dass das Gewichtsverhältnis des Anthracenderivatives zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0.03 betrug, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0318]** Die weitere Struktur, außer der lichtemittierenden Schicht **113**, ist der des lichtemittierenden Elementes 4 ähnlich und eine Wiederholung der Erläuterung der Struktur wird vermieden. Hier wird auf die Herstellung des lichtemittierenden Elementes 4 Bezug genommen.

**[0319]** Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Vergleichselement 4-1 fertiggestellt.

#### Herstellung eines lichtemittierenden Vergleichselementes 4-2

**[0320]** Das lichtemittierende Vergleichselement 4-2 wurde mit Ausnahme der lichtemittierenden Schicht **113** wie das lichtemittierende Element 4 hergestellt. Bei dem lichtemittierenden Vergleichselement 4-1 wurde, nach der Bildung der Lochtransportschicht **112**, ein bekanntes Anthracenderivativ, dargestellt durch die obige Strukturformel (viii) und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), dargestellt durch die obige Strukturformel (iii), mit einer Dicke von 25 nm co-aufgedampft, so dass das Gewichtsverhältnis des Anthracenderivatives zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0.03 betrug, wodurch die lichtemittierende Schicht **113** gebildet wurde.

**[0321]** Die weitere Struktur, außer der lichtemittierenden Schicht **113**, ist der des lichtemittierenden Elementes 4 ähnlich und eine Wiederholung der Erläuterung der Struktur wird vermieden. Hier wird auf die Herstellung des lichtemittierenden Elementes 4 Bezug genommen.

**[0322]** Auf diese Weise wurde das lichtemittierende Vergleichselement 4-2 fertiggestellt.

#### Betriebseigenschaften des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2

**[0323]** Das lichtemittierende Element 4 und die lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2, welche wie oben beschrieben erhalten wurden, wurden in eine Glovebox, die eine Stickstoffatmosphäre enthielt, eingeschlossen, damit sie nicht der Luft ausgesetzt waren (insbesondere wurde ein Dichtungsmaterial auf eine Außenkante jedes Elementes aufgebracht und eine Wärmebehandlung wurde bei 80°C für 1 Stunde zum Zeitpunkt des Einschließens durchgeführt). Anschließend wurden die Betriebseigenschaften der lichtemittierenden Elemente gemessen. Es sollte festgehalten werden, dass die Messungen bei Raumtemperatur (in einer bei 25°C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurden.

**[0324]** **Fig.** 29 zeigt eine Stromdichte-Leuchtdichte-Kennlinie des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2, **Fig.** 30 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie, **Fig.** 31 zeigt die Spannung-Strom-Kennlinie, **Fig.** 32 zeigt die Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie und **Fig.** 33 zeigt die Spannung-Leuchtdichte-Kennlinie. In **Fig.** 29 stellt die vertikale Achse die Leuchtdichte ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Stromdichte ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) dar. In **Fig.** 30 stellt die vertikale Achse die Stromausbeute ( $\text{cd}/\text{A}$ ) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) dar. In **Fig.** 31 stellt die

vertikale Achse den Strom (mA) dar und die horizontale Achse stellt die Spannung (V) dar. In **Fig.** 32 stellt die vertikale Achse den Wirkungsgrad (lm/W) dar und die horizontale Achse stellt die Leuchtdichte (cd/m<sup>2</sup>) dar. In **Fig.** 33 stellt die vertikale Achse die Leuchtdichte (cd/m<sup>2</sup>) dar und die horizontale Achse stellt die Spannung (V) dar.

**[0325]** Aus **Fig.** 29 wird deutlich, dass das lichtemittierende Element 4 und die lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 im Wesentlichen gleiche Stromdichte-Leuchtdichte-Kennlinie aufweisen. Zusätzlich zeigt **Fig.** 30, dass das lichtemittierende Element 4 und die lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 im Wesentlichen gleiche Leuchtdichte-Stromausbeute-Kennlinie bei einer Leuchtdichte von wenigstens 1000 cd/m<sup>2</sup> aufweisen, die eine Leuchtdichte in der praktischen Anwendung ist.

**[0326]** Des Weiteren zeigt **Fig.** 31, dass das lichtemittierende Element 4 eine viel bessere Spannung-Strom-Kennlinie aufweist, als die lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2. Dies deutet auf die vorteilhaften Ladungstransport-eigenschaften von cgDBCzPA hin. Daher ist das lichtemittierende Element 4, wie aus **Fig.** 32 deutlich wird, ein Element mit sehr vorteilhafter Leuchtdichte-Wirkungsgrad-Kennlinie. Es sollte festgehalten werden, dass **Fig.** 33 die hohe Ansteuerspannung der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 zeigt, und um eine Leuchtdichte von 1000 cd/m<sup>2</sup>, die von praktischer Verwendung ist, zu erzielen, muss eine Spannung von ungefähr 3,3 V an das lichtemittierende Element 4 angelegt werden, es muss jedoch eine Spannung von 4 V oder mehr an jedes der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 angelegt werden. Die Ansteuerspannung des lichtemittierenden Vergleichselementes 4-1 ist besonders hoch.

**[0327]** **Fig.** 34 zeigt die Emissionsspektren, welche bei einem Strom von 0,1 mA für das lichtemittierende Element 4 und die lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 erhalten wurden. In **Fig.** 34 stellt die vertikale Achse die Emissionsintensität (willkürliche Einheit) dar und die horizontale Achse stellt die Wellenlänge (nm) dar. Die Emissionsintensität ist als ein Wert relativ zu der maximalen Emissionsintensität, die als 1 angenommen wird, dargestellt. **Fig.** 34 zeigt, dass die Spektren des lichtemittierenden Elementes 4 und der lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 nicht sehr unterschiedlich sind, was darauf hindeutet, dass bei beiden Elementen die Emission von blauem Licht von 1,6mMemFLPAPrn stammt, welches die zentrale Emissionssubstanz ist.

**[0328]** Nachfolgend wurden das lichtemittierende Element und die lichtemittierenden Vergleichselemente 4-1 und 4-2 bei einer auf 5000 cd/m<sup>2</sup> eingestellten anfänglichen Leuchtdichte mit einer konstanten Stromdichte betrieben und Änderungen der Leuchtdichte relativ zu der Betriebsdauer wurden untersucht. **Fig.** 35 zeigt die normalisierte Leuchtdichte-Zeit-Kennlinie. **Fig.** 35 zeigt, dass das lichtemittierende Vergleichselement 4-2, welches die durch die obige Strukturformel (viii) dargestellt Substanz einsetzt, eine kürzere Lebensdauer besitzt als die anderen Elemente. Obwohl das lichtemittierende Vergleichselement 4-1, die durch die obige Strukturformel (vii) dargestellt Substanz anstelle von cgDBCzPA aufweist, weist es auf den ersten Blick eine Lebensdauer auf, welche der des lichtemittierenden Elementes 4 entspricht, das lichtemittierende Vergleichselement 4-1 zeigt nicht nur eine Erhöhung der anfänglichen Leuchtdichte, sondern auch eine Erhöhung der Verschlechterung nach einem bestimmten Zeitpunkt; daher nimmt man an, dass die Halbwertszeit des lichtemittierenden Vergleichselementes 4-1 ungefähr die Hälfte des lichtemittierenden Elementes 4 ist.

**[0329]** Das lichtemittierende Vergleichselement 4-1 weist folglich einen Nachteil hinsichtlich der Ansteuerspannung auf und das lichtemittierende Vergleichselement 4-2 weist Nachteile hinsichtlich der Ansteuerspannung und der Lebensdauer auf, und es ist für jedes Element schwierig die richtige Kombination an Eigenschaften zu besitzen. Im Gegensatz dazu kann unter Verwendung von cgDBCzPA ein lichtemittierendes Element mit guter Leistung, welches eine ausgezeichnete Kombination von Eigenschaft in Bezug auf Wirkungsgrad, Ansteuerspannung und Lebensdauer, aufweist, hergestellt werden. Außergewöhnlich ist die Ansteuerspannung, welche es ermöglicht, dass ein lichtemittierendes Element mit hohem Wirkungsgrad bereitzustellen.

**[0330]** Wie oben beschrieben wurde in diesem Beispiel auch bestätigt, dass cgDBCzPA ein Material ist, mit welchem ein lichtemittierendes Element bereitgestellt werden kann, das die richtige Kombination ausgezeichneter Eigenschaften aufweist.

#### [Beispiel 6]

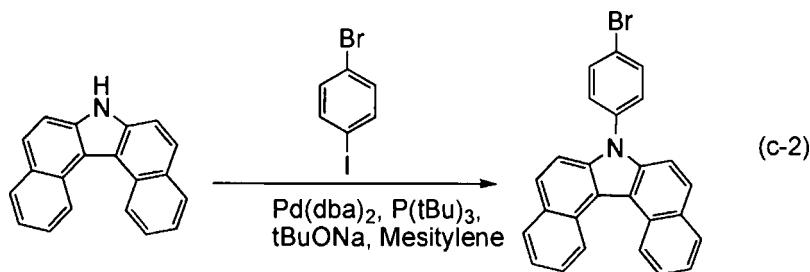
**[0331]** In diesem Beispiel wird ein Syntheseverfahren von 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), welches eine Dibenzo[c,g]carbazol-Verbindung ist, dargestellt durch die in der Ausführungsform beschriebene allgemeine Formel (G1), beschrieben, welches sich von dem Syntheseverfahren des Beispiels 1 unterscheidet.

**[0332]** Die Schritte bis zu der Synthese von und umfassend die Synthese von 7H-Dibenzo[c,g]carbazol, entsprachen den Schritten 1 und 2 in Beispiel 1.

Schritt 3: 7-(4-Bromphenyl)-7H-dibenzo[c,g]carbazol

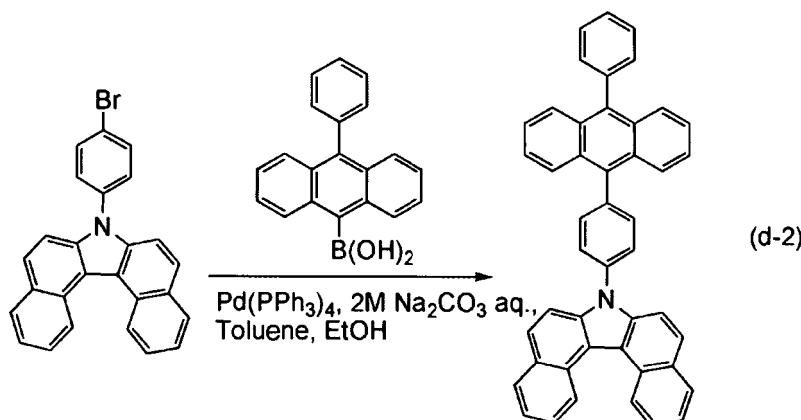
**[0333]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 5,0 g (18 mmol) 7H-Dibenzo[c,g]carbazol, 13 g (47 mol) 4-Bromiodobenzen und 1,9 g (20 mmol) Natrium-tert-butoxid eingeführt.

**[0334]** Nachdem die Luft in dem Kolben durch Stickstoff ersetzt wurde, wurden 100 ml Mesitylen und 0,90 ml Tri-(tert-butyl)phosphin (eine 10 Gew.-% Hexanlösung) zu der Mischung zugegeben. Die Mischung wurde durch Röhren entgast, während der Druck reduziert wurde. Nach dem Entgasen wurden 0,51 g (0,90 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) zu der Mischung zugegeben. Diese Mischung wurde bei 170°C für 17 Stunden unter einem Stickstoffstrom gerührt. Nach dem Röhren wurden 200 ml Wasser zu der erhaltenen Mischung zugegeben. Die wässrige Lösung wurde mit Toluol extrahiert und die Lösung des Extrakts und die organische Schicht wurden verbunden und mit gesättigter Salzlösung. Die organische Schicht wurde mit Magnesiumsulfat getrocknet und diese Mischung wurde mittels Schwerkraft filtriert. Ein erhaltener Feststoff wurde in ungefähr 30 ml Toluol aufgelöst. Diese Lösung wurde durch Celite (hergestellt von Wake Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 531-16855), Aluminiumoxid und Florisil (hergestellt von Wake Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 540-00135) abgenutscht. Ein durch Konzentration des Filtrats erhaltener Feststoff wurde aus Toluol/Hexan rekristallisiert, um 2,9 g blassgelber nadelförmiger Kristalle, welche Gegenstand der Synthese waren, in einer Ausbeute von 38% zu erhalten. Ein Reaktionsschema (c-2) von Schritt 3 ist nachfolgend dargestellt.



Schritt 4: 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (cgDBCzPA)

**[0335]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 1,7 g (4,0 mmol) 7-(4-Bromphenyl)-7H-dibenzo[c,g]carbazol und 1,2 g (4,0 mmol) 10-Phenylanthracen-9-boronsäure eingeführt und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Zu dieser Mischung wurden 15 ml Toluol, 5,0 ml Ethanol und 4,0 ml einer wässrigen Lösung aus Natriumcarbonat zugegeben. Die Mischung wurde durch Röhren entgast, während der Druck reduziert wurde. Zu dieser Mischung wurden 0,23 g (0,20 mmol) Tetrakis(triphenylphosphin)palladium(0) zugegeben und die Mischung wurde bei 90°C für 10 Stunden unter einem Stickstoffstrom gerührt, so dass ein Feststoff ausgefällt wurde. Der ausgefällte Feststoff wurde durch Abnutschen entfernt. Der erhaltene Feststoff wurde in ungefähr 50 ml heißem Toluol aufgelöst und diese Lösung wurde durch Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 531-16855), Aluminiumoxid und Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 540-00135) abgenutscht. Ein durch Konzentration des Filtrats erhaltener Feststoff wurde mit Toluol/Hexan gewaschen, um 1,3 g eines blassgelben Pulvers, welches Gegenstand der Synthese war, in einer Ausbeute von 55% zu erhalten. Ein Syntheseschema von Schritt (d-2), ist nachfolgend beschrieben.



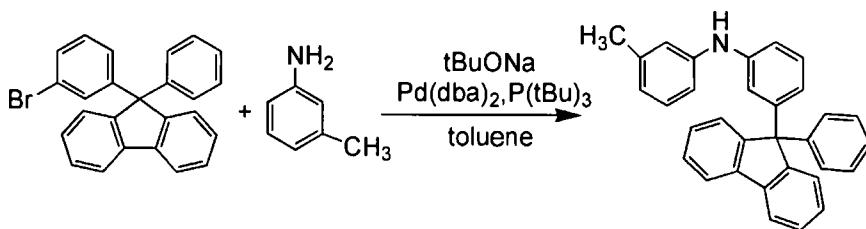
**[0336]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 1,3 g des erhaltenen blassgelben pulverigen Feststoffes gereinigt. Bei der Reinigung wurde cgDBCzPA bei 300°C unter einem Druck von 3,6 Pa bei einer Durchflussmenge von Argon von 5,0 ml/min erwärmt. Nach der Reinigung wurden 1,1 g eines blassgelben Feststoffs aus cgDBCzPA in einer Ausbeute von 86% zurückgewonnen.

(Referenzbeispiel 1)

**[0337]** Ein Verfahren zur Synthese von N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), welches in den obigen Beispielen verwendet wird, wird beschrieben.

Schritt 1: Synthese von 3-Methylphenyl-3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenylamin (Abkürzung: mMemFLPA)

**[0338]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 3,2 g (8,1 mmol) 9-(3-Bromphenyl)-9-phenylfluoren und 2,3 g (24,1 mmol) Natrium-tert-butoxid eingeführt. Die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Anschließend wurden 40,0 ml Toluol, 0,9 ml (8,3 mmol) m-Toluidin und 0,2 ml einer 10%-igen Hexanlösung von Tri(tertbutyl)phosphin zu dieser Mischung zugegeben. Die Temperatur dieser Mischung wurde auf 60°C eingestellt und 44,5 mg (0,1 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) wurden zu der Mischung zugegeben. Die Temperatur der Mischung wurde auf 80°C angehoben und die Mischung für 2,0 Stunden gerührt. Nach dem Rühren wurde die Mischung durch (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 540-00135), Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 531-16855) und Aluminiumoxid abgenuscht, um ein Filtrat zu erhalten. Das Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten, welcher anschließend durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Hexan/Toluol in einem Verhältnis von 1:1) gereinigt wurde. Rekristallisation aus einem gemischten Lösungsmittel aus Toluol und Hexan führte zu 2,8 g eines weißen Feststoffes, welcher der Gegenstand der Synthese war, in einer Ausbeute von 82%. Ein Syntheseschema des obigen Schrittes 1, ist nachfolgend beschrieben.

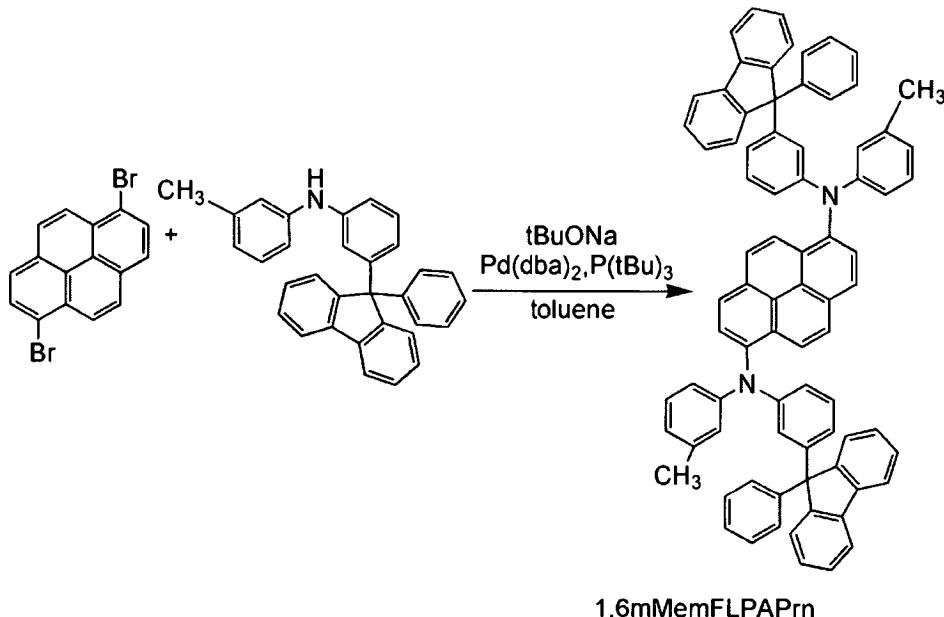


Schritt 2: Synthese von N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn)

**[0339]** In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 0,6 g (1,7 mmol) 1,6-Dibrompyren, 1,4 g (3,4 mmol) 3-Methylphenyl-3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenylamin, welches in dem obigen Schritt 1 erhalten wurde, und 0,5 g (5,1 mmol) Natrium-tert-butoxid eingeführt. Die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Zu dieser Mischung wurden 21,0 ml Toluol und 0,2 ml einer 10%-igen Hexanlösung von Tri(tertbutyl)phosphin zugegeben. Die Temperatur der Mischung wurde auf 60°C eingestellt und 34,9 mg (0,1 mmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) wurden zu der Mischung zugegeben. Die Temperatur dieser Mischung wurde auf 80°C eingestellt und die Mischung wurde für 3,0 Stunden gerührt. Nach dem Rühren wurden 400 ml Toluol zu der Mischung zugegeben und die Mischung wurde erwärmt. Während die Mischung heiß gehalten wurde, wurde sie durch

Florisil (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 540-00135), Celite (hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Katalognummer 531-16855) und Aluminiumoxid abgenuscht, um ein Filtrat zu erhalten. Das Filtrat wurde konzentriert, um einen Feststoff zu erhalten, welcher durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Hexan/Toluol in einem Verhältnis von 3:2) gereinigt wurde, um einen gelben Feststoff zu erhalten. Rekristallisation des erhaltenen gelben Feststoffes aus einem gemischten Lösungsmittel aus Toluol und Hexan führte zu 1,2 g eines gelben Feststoffes, welcher der Gegenstand der Synthese war, in einer Ausbeute von 67%.

**[0340]** Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 1,0 g des erhaltenen gelben Feststoffes gereinigt. Bei der Reinigung wurde der gelbe Feststoff bei 317°C unter einem Druck von 2,2 Pa bei einer Durchflussmenge von Argon von 5,0 ml/min erwärmt. Nach der Reinigung wurden 1,0 g eines gelben Feststoffs, welcher der Gegenstand der Synthese war, in einer Ausbeute von 93% erhalten. Ein Syntheseschema des obigen Schrittes 2 ist nachfolgend dargestellt.



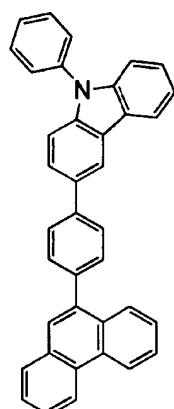
**[0341]** Eine Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) identifizierte diese Verbindung als N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), welches Gegenstand der Synthese war.

**[0342]** Die <sup>1</sup>H NMR Werte der erhaltenen Verbindung sind nachfolgend dargestellt.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 300 MHz): δ = 2,21 (s, 6H), 6,67 (d, J = 7,2 Hz, 2H), 6,74 (d, J = 7,2 Hz, 2H), 7,17-7,23 (m, 34H), 7,62 (d, J = 7,8 Hz, 4H), 7,74 (d, J = 7,8 Hz, 2H), 7,86 (d, J = 9,0 Hz, 2H), 8,04 (d, J = 8,7 Hz, 4H).

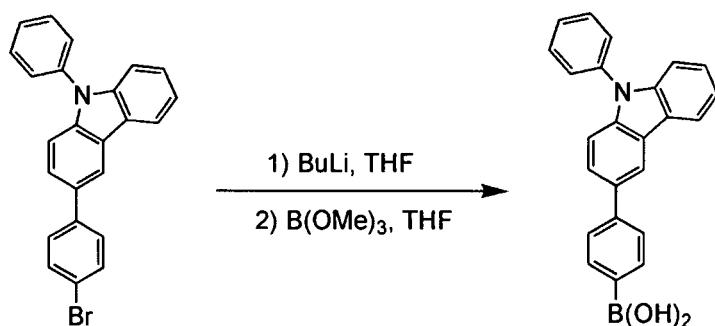
(Referenzbeispiel 2)

**[0343]** Ein Beispiel der Synthese von 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn) wird beschrieben.



## Schritt 1: Synthese von 4-(9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenylboronsäure

**[0344]** In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 8,0 g (20 mmol) 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol eingeführt, die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt, 100 ml dehydriertes Tetrahydrofuran (Abkürzung: THF) wurde zugegeben und die Temperatur wurde auf -78°C verringert. Zu dieser Mischungslösung 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 wurden 3,4 ml (30 mmol) Trimethylborat zugegeben und die Mischung wurde bei -78°C für 2 Stunden und bei Raumtemperatur für 18 Stunden gerührt. Nach der Reaktion wurde verdünnte Salzsäure (1M) zu dieser Reaktionslösung zugegeben, bis die Lösung sauer wurde und die Lösung mit der zugegebenen verdünnten Salzsäure wurde für 7 Stunden gerührt. Diese 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 konzentriert und Hexan zugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwelle bestrahlt und anschließend rekristallisiert, um 6,4 g eines weißen Pulvers, welches der Gegenstand der Synthese war, in einer Ausbeute von 88% zu erhalten. Ein Reaktionsschema von dem oben beschriebenen Schritt 1, ist nachfolgend dargestellt.

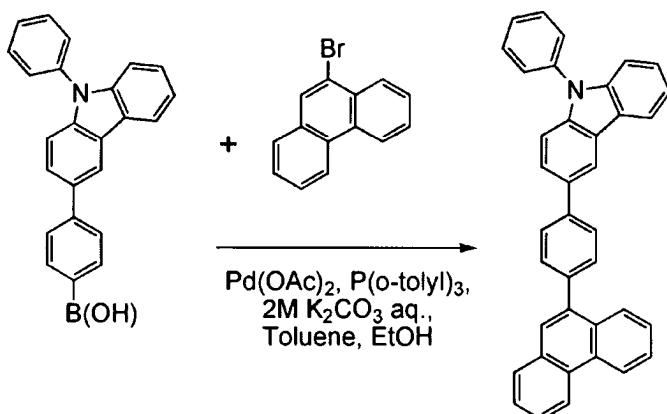


**[0345]** Die Rf-Werte der Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, und von 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol waren jeweils 0 (Ursprung) und 0,53, ermittelt durch Dünnschichtchromatographie (TLC) (Laufmittel: Ethylacetat/Hexan in einem Verhältnis von 1:10). Zusätzlich waren die Rf-Werte des Gegenstandes der Synthese und von 3-(4-Bromphenyl)-9-phenyl-9H-carbazol jeweils 0,72 und 0,93, ermittelt durch Dünnschichtchromatographie (TLC) unter Verwendung von Ethylacetat als ein Laufmittel.

## Schritt 2: Synthese von 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn)

**[0346]** In einen 200 ml Dreihalskolben wurde eine Mischung aus 1,5 g (5,0 mmol) 9-Phenyl-9H-carbazol-3-yl-phenyl-4-boronsäure, 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 wässrigen Kaliumcarbonatlösung (2M) entgast, während sie unter verringertem Druck gerührt wurde, und durch Röhren reagiert und bei 90°C für 6 Stunden in einer Stickstoffatmosphäre erwärmt.

**[0347]** Nach der Reaktion wurden 200 ml Toluol zu dieser Reaktionsmischungslösung zugegeben und die organische Schicht der Mischungslösung wurde durch Florisil, Aluminiumdioxid und Celite filtriert. Das erhaltene Filtrat wurde mit Wasser gewaschen und Magnesiumsulfat zugegeben, 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 = 1:4) als ein was Laufmittel für die Chromotographie verwendet. Die erhaltene Fraktion war konzentriert und Aceton und Methanol wurden zugegeben. Die Mischung wurde mit Ultraschallwellen bestrahlt und anschließend rekristallisiert, so dass PCPPn, der Gegenstand der Synthese, als 2,2 g eines weißen Pulvers in einer Ausbeute von 75% gewonnen wurde. Ein Reaktionsschema von Schritt 2 ist nachfolgend dargestellt.



**[0348]** Die Rf-Werte der Substanz, welche der Gegenstand der Synthese war, und von 9-Bromphenanthren waren jeweils 0,33 und 0,70, ermittelt durch Dünnschichtchromatographie (TLC) (Laufmittel: Ethylacetat/Hexan in einem Verhältnis von 1:10).

**[0349]** Die erhaltene Verbindung wurde einer Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) unterworfen. Die Messergebnisse bestätigten, dass PCPPn erhalten wurde. Die Messergebnisse sind wie folgt:

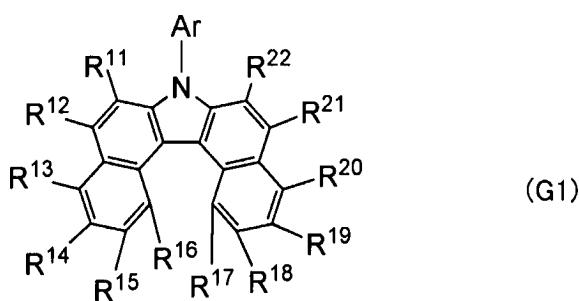
$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz):  $\delta$  (ppm) = 7,30-7,35 (m, 11H), 7,43-7,78 (m, 16H), 7,86-7,93 (m, 3H), 8,01 (dd,  $J$  = 0,9 Hz, 7,8 Hz, 1H), 8,23 (d,  $J$  = 7,8 Hz, 1H), 8,47 (d,  $J$  = 1,5 Hz, 1H), 8,74 (d,  $J$  = 8,1 Hz, 1H), 8,80 (d,  $J$  = 7,8 Hz, 1H).

#### Bezugszeichen

**[0350]** **101:** erste Elektrode, **102:** zweite Elektrode, **103:** EL-Schicht, **111:** Lochinjektionsschicht, **112:** Lochtransportschicht, **113:** lichtemittierende Schicht, **114:** Elektronentransportschicht, **115:** Elektroneninjektionschicht, **400:** Substrat, **401:** erste Elektrode, **402:** Hilfselektrode, **403:** EL-Schicht, **404:** zweite Elektrode, **405:** Dichtungsmaterial, **406:** Dichtungsmaterial, **407:** Dichtungssubstrat, **408:** Raum, **412:** Kissen, **420:** IC Chip, **501:** erste Elektrode, **502:** zweite Elektrode, **511:** ersten lichtemittierende Einheit, **512:** zweite lichtemittierende Einheit, **513:** Ladungserzeugungsschicht, **601:** Treiberbereich (Source-Leitung-Treiber), **602:** Pixelbereich, **603:** Treiberbereich (Gate-Leitung-Treiber), **604:** Dichtungssubstrat, **605:** Dichtungsmaterial, **607:** Raum, **608:** Verdrahtung, **609:** FPC (flexible Schaltung), **610:** Elementsubstrat, **611:** Schaltungs-TFT, **612:** Stromsteuerungs-TFT, **613:** erste Elektrode, **614:** Isolator, **616:** EL-Schicht, **617:** zweite Elektrode, **618:** lichtemittierendes Element, **623:** n-Kanal TFT, **624:** p-Kanal TFT, **901:** Gehäuse, **902:** Flüssigkristallschicht, **903:** Hintergrundbeleuchtungseinheit, **904:** Gehäuse, **905:** Treiber IC, **906:** Terminal, **951:** Substrat, **952:** Elektrode, **953:** Isolationsschicht, **954:** Trennungsschicht, **955:** EL-Schicht, **956:** Elektrode, **1201:** Source-Elektrode, **1202:** aktive Schicht, **1203:** Drain-Elektrode, **1204:** Gate-Elektrode, **2001:** Gehäuse, **2002:** Lichtquelle, **3001:** Beleuchtungseinrichtung, **5000:** Displaybereich, **5001:** Displaybereich, **5002:** Displaybereich, **5003:** Displaybereich, **5004:** Displaybereich, **5005:** Displaybereich, **7101:** Gehäuse, **7103:** Displaybereich, **7105:** Full bzw. Ständer, **7107:** Displaybereich, **7109:** Bedienungstaste, **7110:** Fernbedienung, **7201:** Hauptkörper, **7202:** Gehäuse, **7203:** Displaybereich, **7204:** Tastatur, **7205:** externer Verbindungsanschluß, **7206:** Zeigeeinrichtung, **7301:** Gehäuse, **7302:** Gehäuse, **7303:** Verbindungsreich, **7304:** Displaybereich, **7305:** Displaybereich, **7306:** Lautsprecher, **7307:** Einführungsbereich für ein Aufzeichnungsmedium, **7308:** LED Lampe, **7309:** Bedienungstaste, **7310:** Verbindungsanschluss, **7311:** Sensor, **7401:** Gehäuse, **7402:** Displaybereich, **7403:** Bedienungsknopf, **7404:** externer Verbindungsanschluss **7405:** Lautsprecher, **7406:** Mikrophone, **7400:** Mobiltelefon.

#### Patentansprüche

1. Verbindung dargestellt durch eine allgemeine Formel (G1),



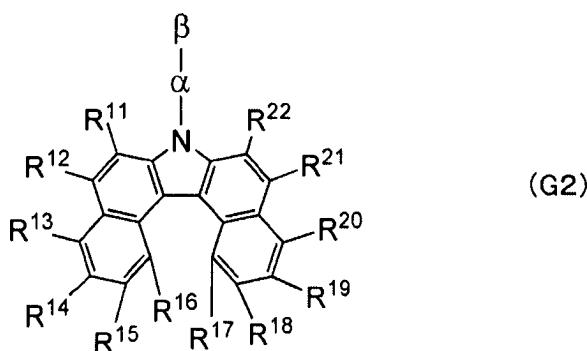
wobei Ar eine Arylgruppe mit 14 bis 30 Kohlenstoffatomen darstellt und wenigstens ein Anthracengerüst umfasst,

wobei das Anthracengerüst über eine Arylgruppe an ein Stickstoffatom in der allgemeinen Formel (G1) gebunden ist, und

wobei R<sup>11</sup> bis R<sup>22</sup> jeweils unabhängig jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen darstellen.

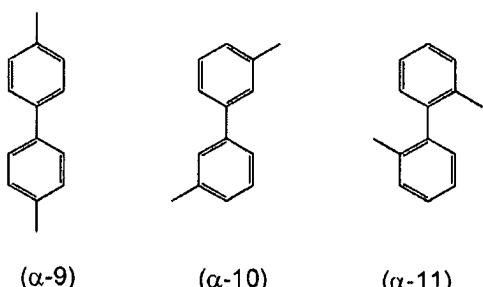
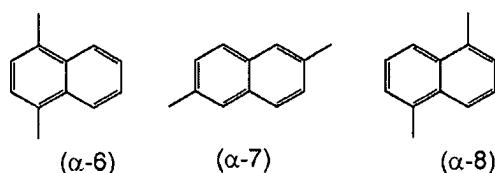
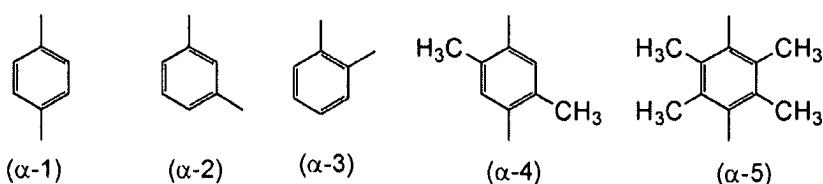
2. Verbindung nach Anspruch 1,

wobei die Verbindung durch eine allgemeine Formel (G2) dargestellt ist,

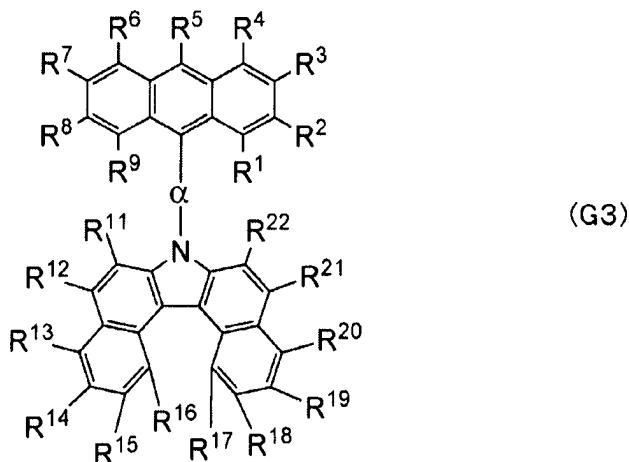


wobei α eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe darstellt, und  
wobei β eine substituierte oder nicht substituierte Anthrylgruppe darstellt.

3. Verbindung nach Anspruch 1, wobei α durch eine der Strukturformeln (α-1) bis (α-11) dargestellt ist:



4. Verbindung nach Anspruch 1,  
wobei die Verbindung durch eine allgemeine Formel (G3) dargestellt ist,

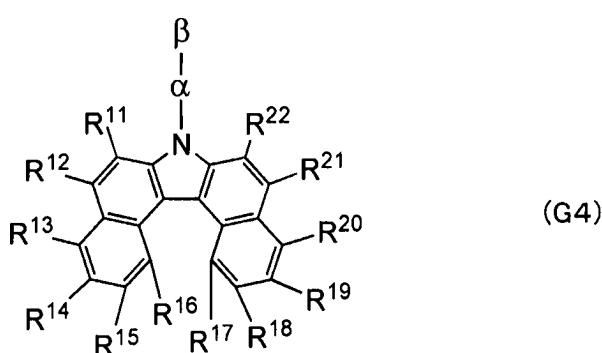


wobei  $R^5$  jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen darstellt;

wobei  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^6$ ,  $R^7$ ,  $R^8$  und  $R^9$  jeweils unabhängig Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen darstellen, und

wobei  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe darstellt.

5. Verbindung nach Anspruch 1,  
wobei die Verbindung durch eine allgemeine Formel (G4) dargestellt ist,

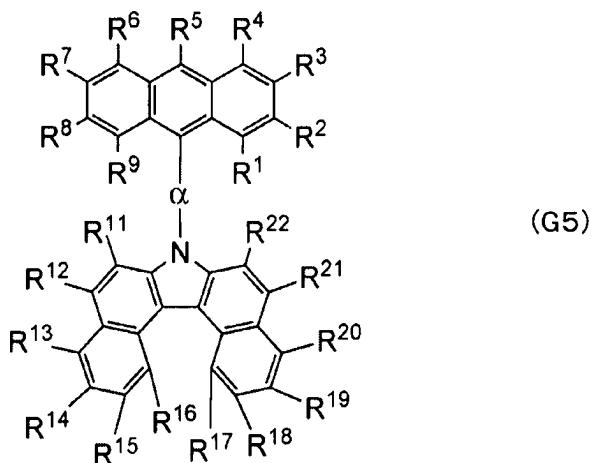


wobei  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe darstellt,

wobei  $\beta$  eine substituierte oder nicht substituierte Anthrylgruppe darstellt, und

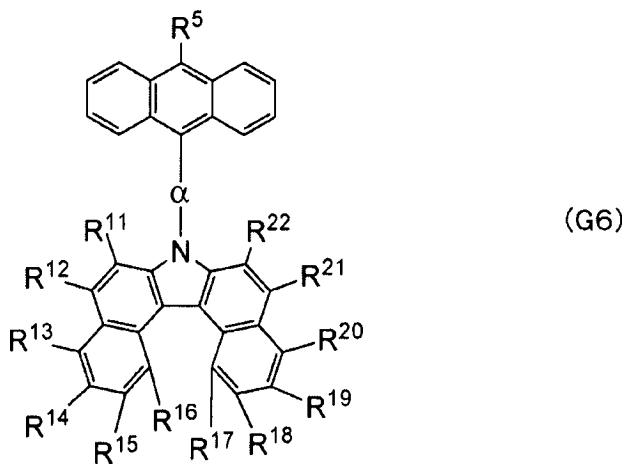
wobei eine Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $\alpha$  und  $\beta$  20 bis 30 beträgt.

6. Verbindung nach Anspruch 1,  
wobei die Verbindung durch eine allgemeine Formel (G5) dargestellt ist,



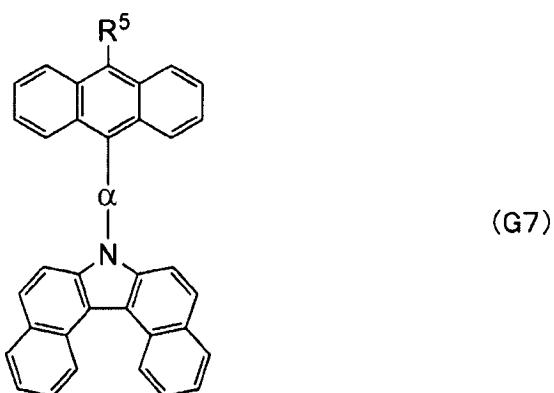
wobei  $R^5$  jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen darstellen,  
wobei  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^6$ ,  $R^7$ ,  $R^8$  und  $R^9$  jeweils unabhängig Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen darstellen,  
wobei  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe darstellt und  
wobei eine Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $R^1$  bis  $R^9$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

7. Verbindung nach Anspruch 1,  
wobei die Verbindung durch eine allgemeine Formel (G6) dargestellt ist,



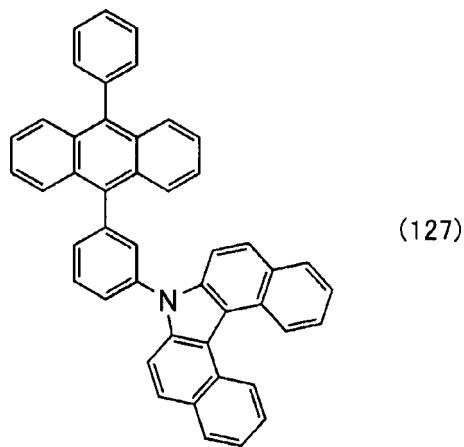
wobei  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe darstellt,  
wobei  $R^5$  jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen darstellt, und  
wobei eine Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $R^5$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

8. Verbindung nach Anspruch 1,  
wobei die Verbindung durch eine allgemeine Formel (G7) dargestellt ist,



wobei  $\alpha$  eine substituierte oder nicht substituierte Phenylengruppe darstellt,  
wobei  $R^5$  jedes aus Wasserstoff, einer Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und einer Arylgruppe mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen darstellt, und  
wobei eine Gesamtanzahl an Kohlenstoffatomen von  $R^5$  und  $\alpha$  6 oder mehr und 16 oder weniger beträgt.

9. Verbindung nach Anspruch 1, wobei die Verbindung durch eine Strukturformel (127) dargestellt ist,



10. Lichtemittierendes Element umfassend:  
eine erste Elektrode;  
eine lichtemittierende Schicht auf der ersten Elektrode; und  
eine zweite Elektrode auf der lichtemittierenden Schicht,  
wobei die lichtemittierende Schicht die Verbindung nach Anspruch 1 umfasst.

11. Beleuchtungsvorrichtung umfassend das lichtemittierende Element nach Anspruch 10. 12. Displayvorrichtung umfassend das lichtemittierende Element nach Anspruch 10.

Es folgen 25 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

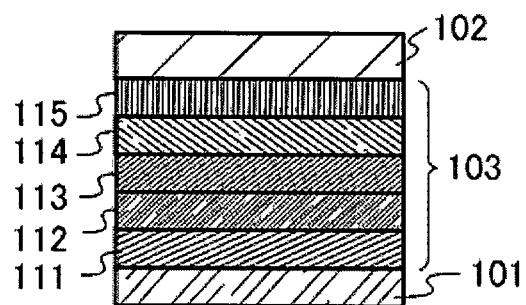


FIG. 1B

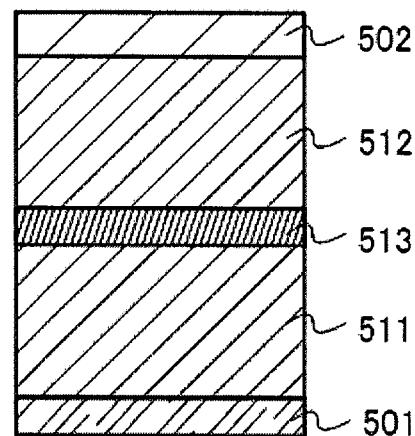
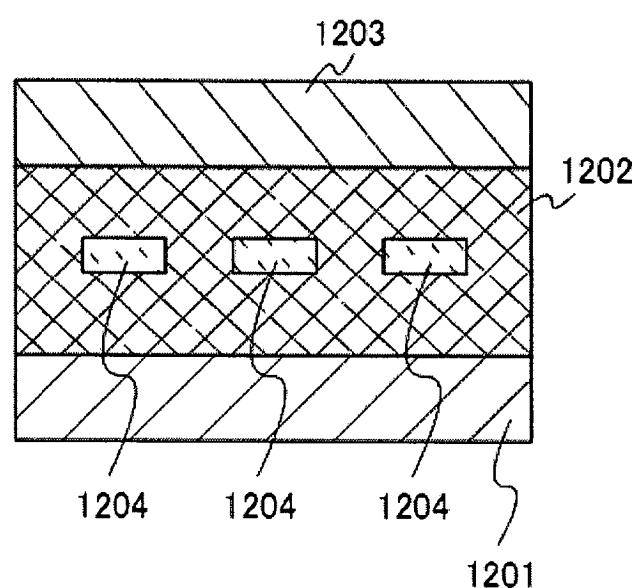


FIG. 2



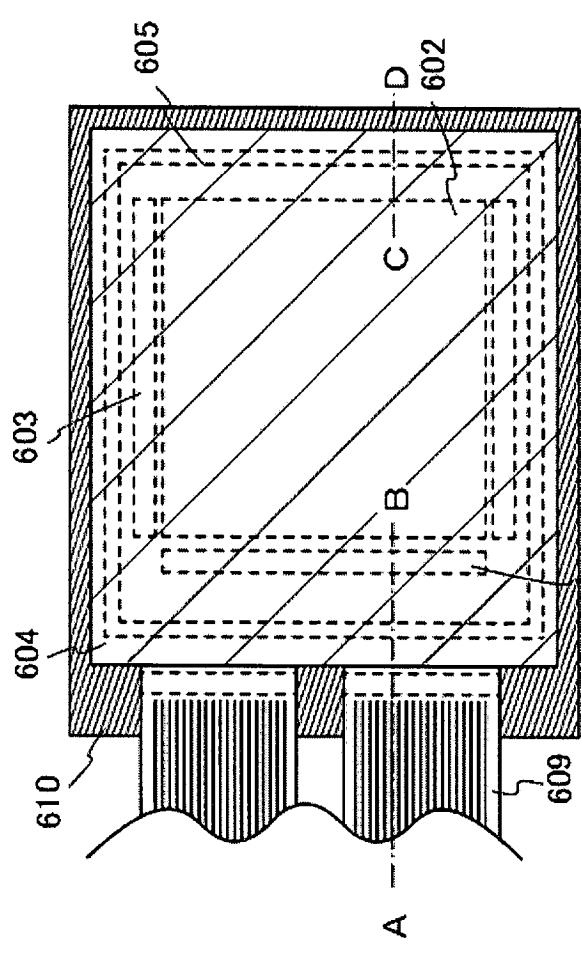


FIG. 3A

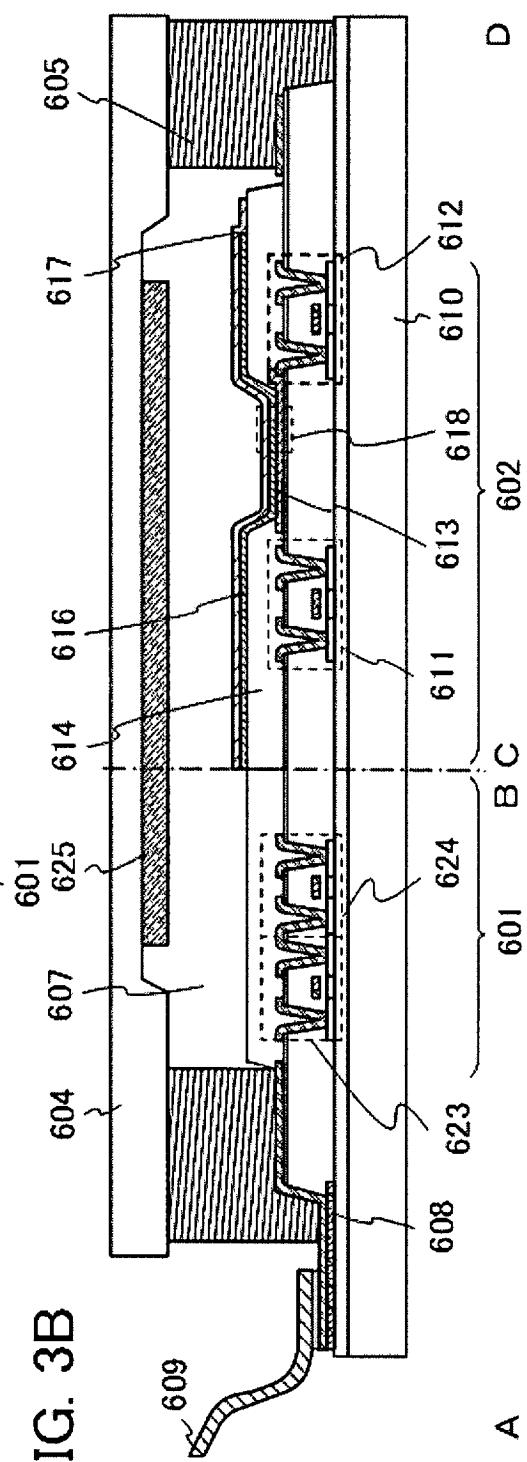


FIG. 3B

FIG. 4A

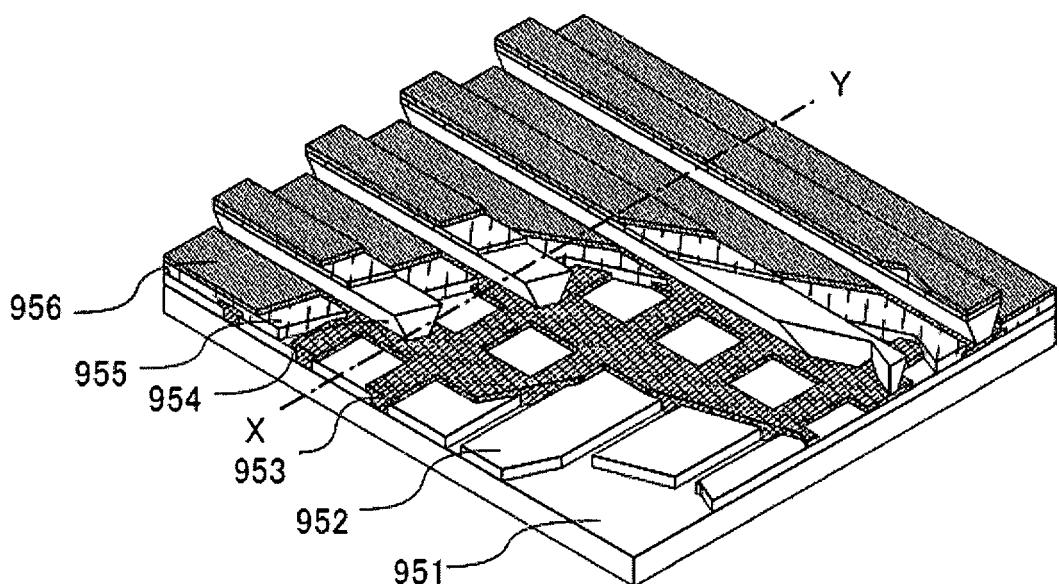


FIG. 4B

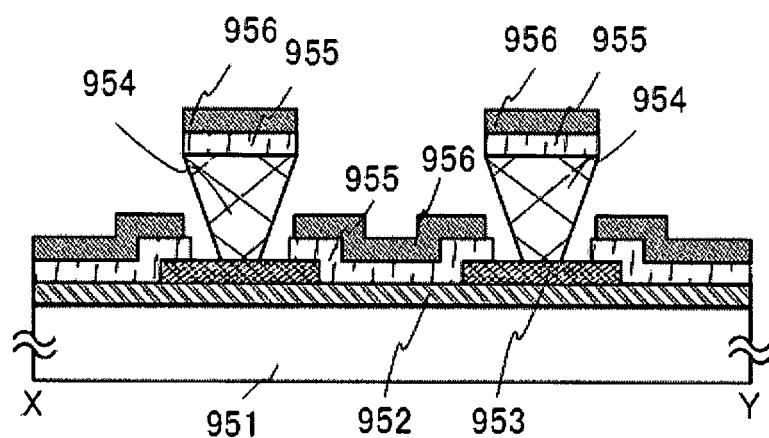


FIG. 5A

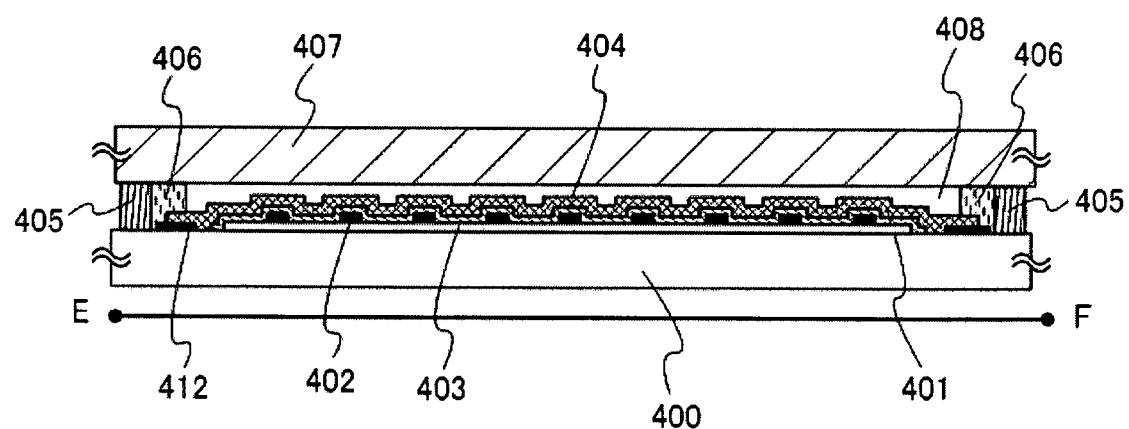


FIG. 5B

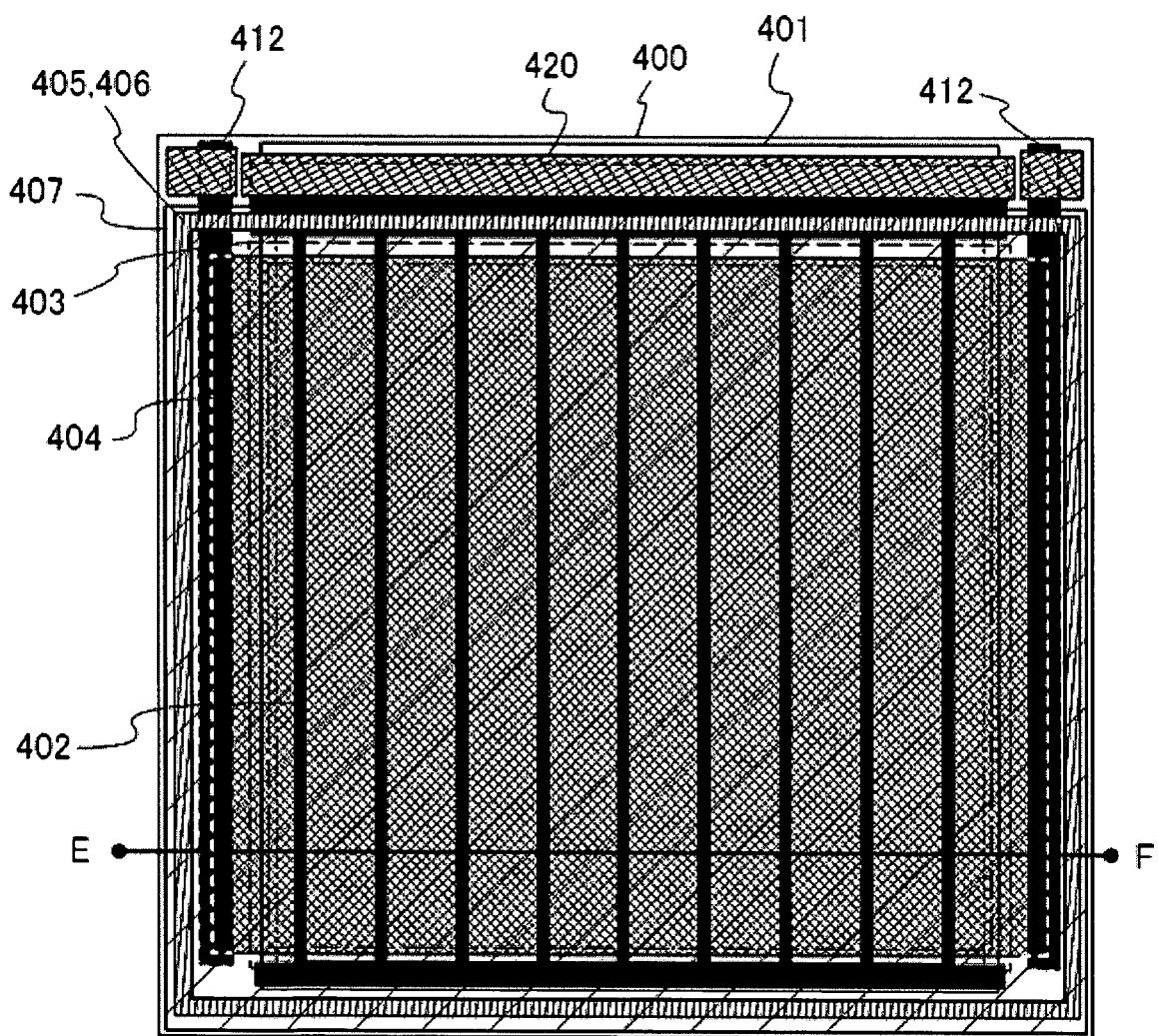


FIG. 6A

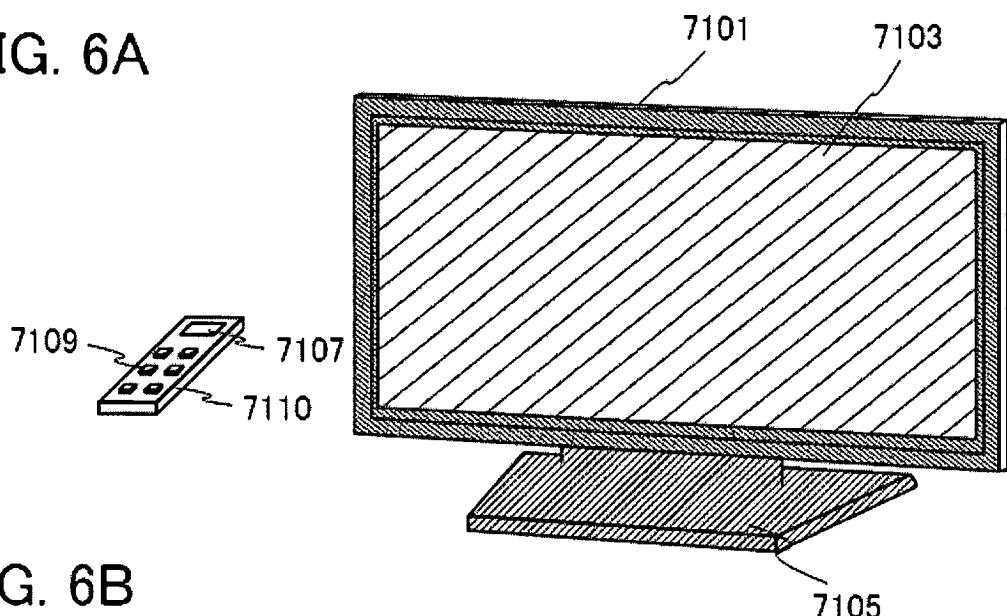


FIG. 6B

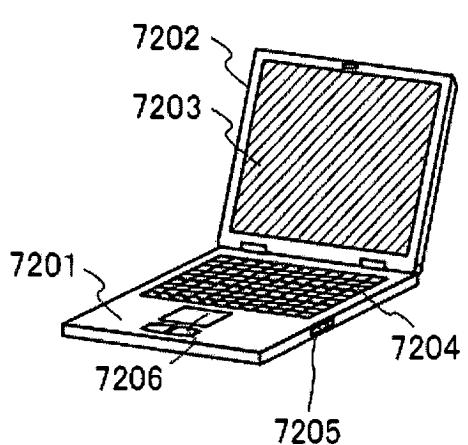


FIG. 6C

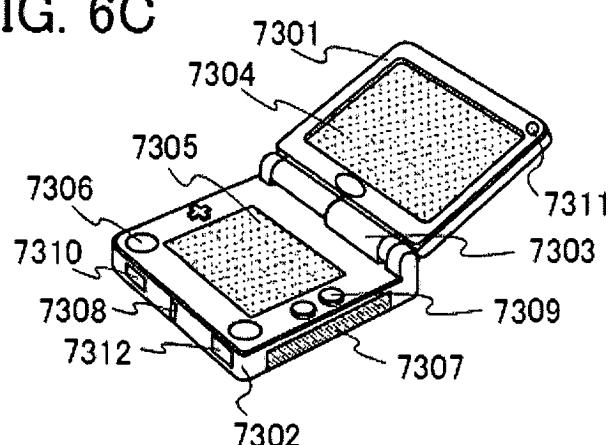


FIG. 6D

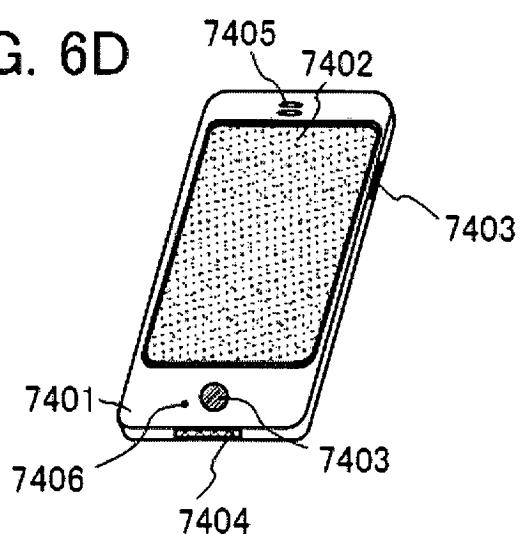


FIG. 7

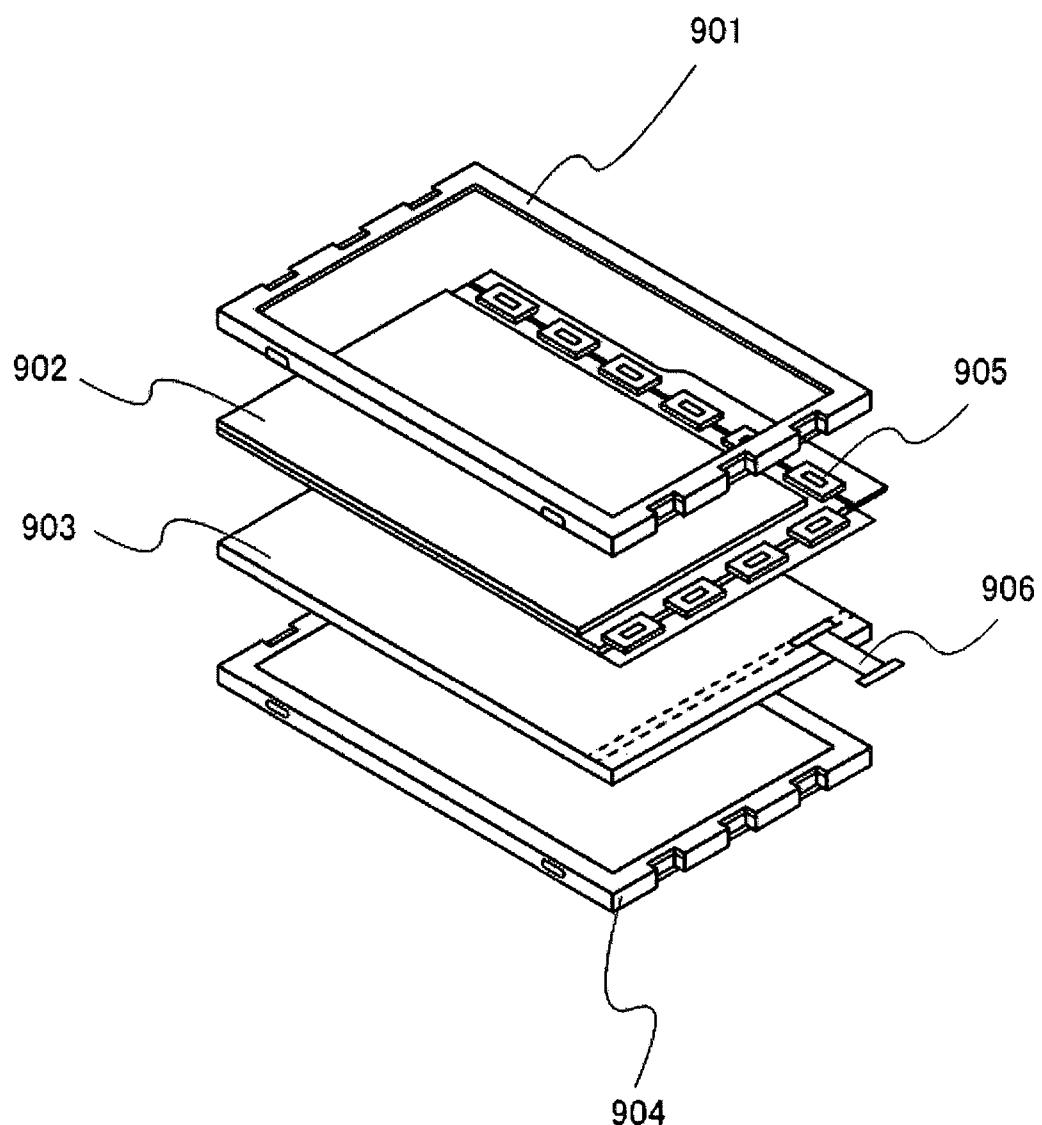


FIG. 8

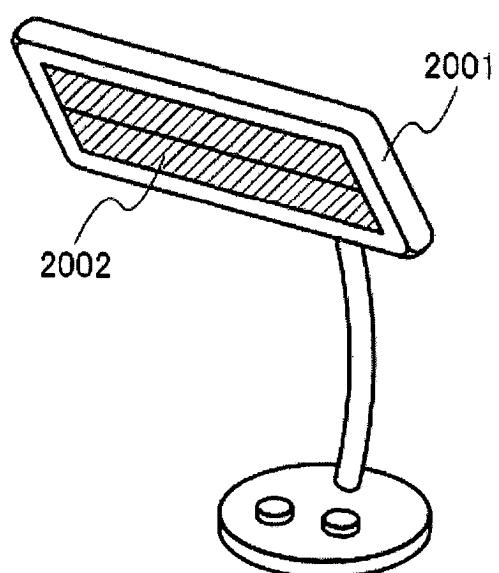


FIG. 9

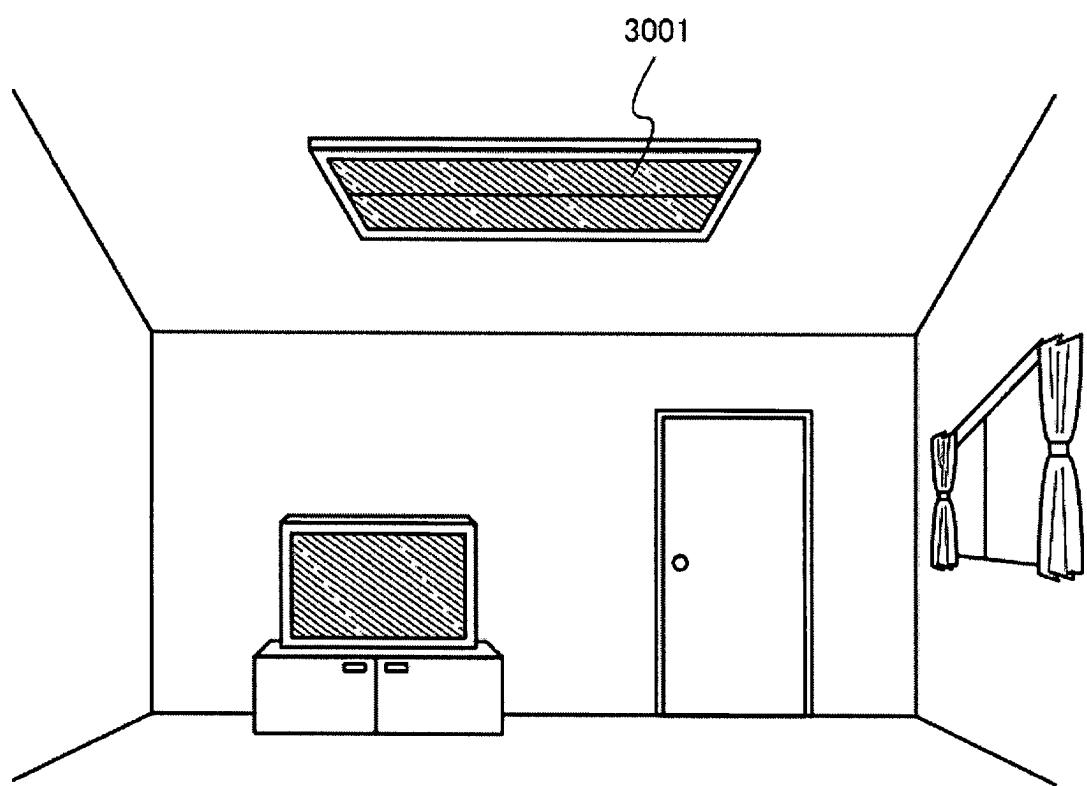


FIG. 10

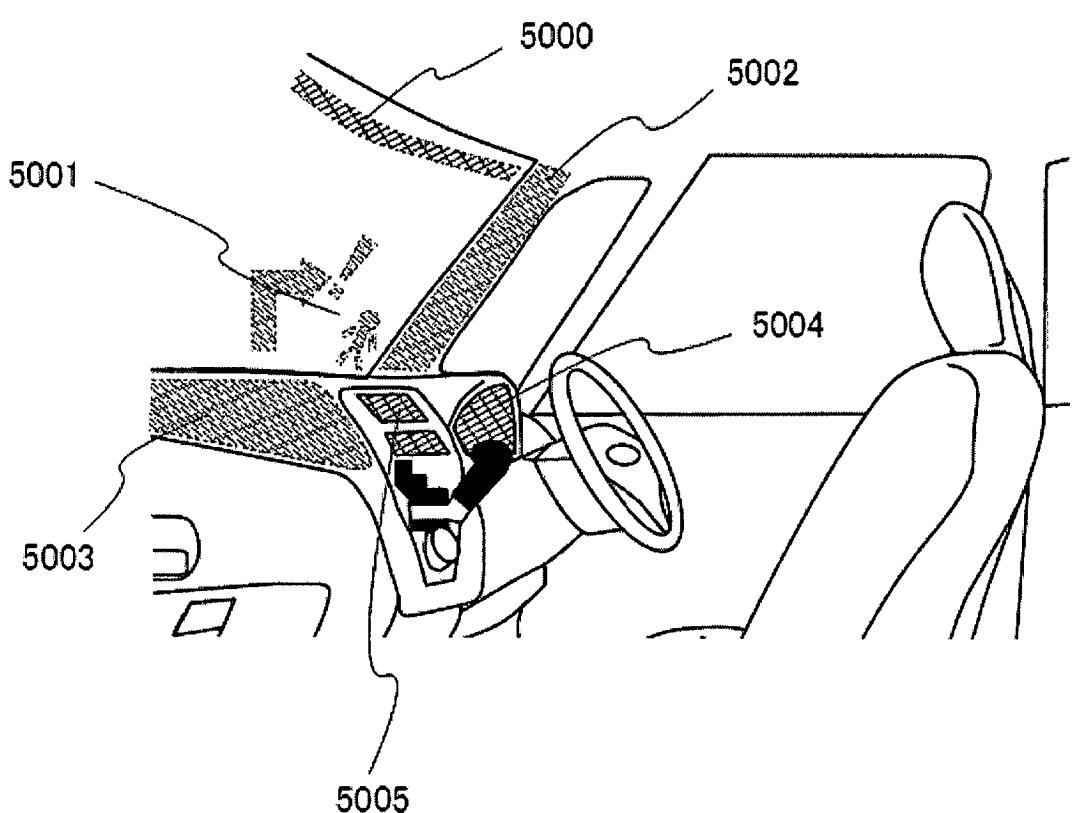


FIG. 11A

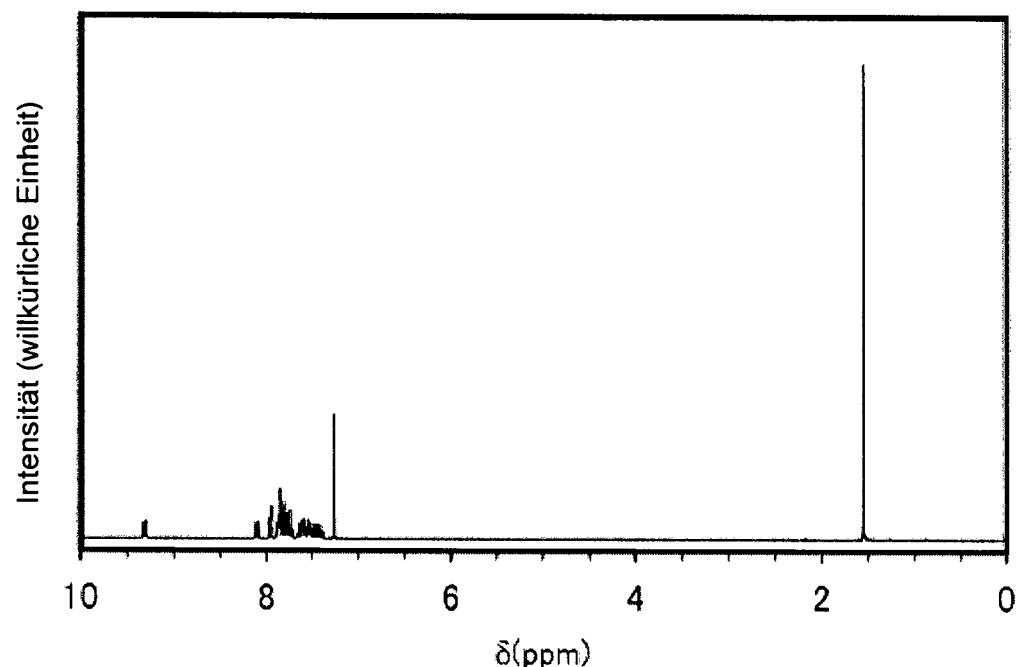


FIG. 11B

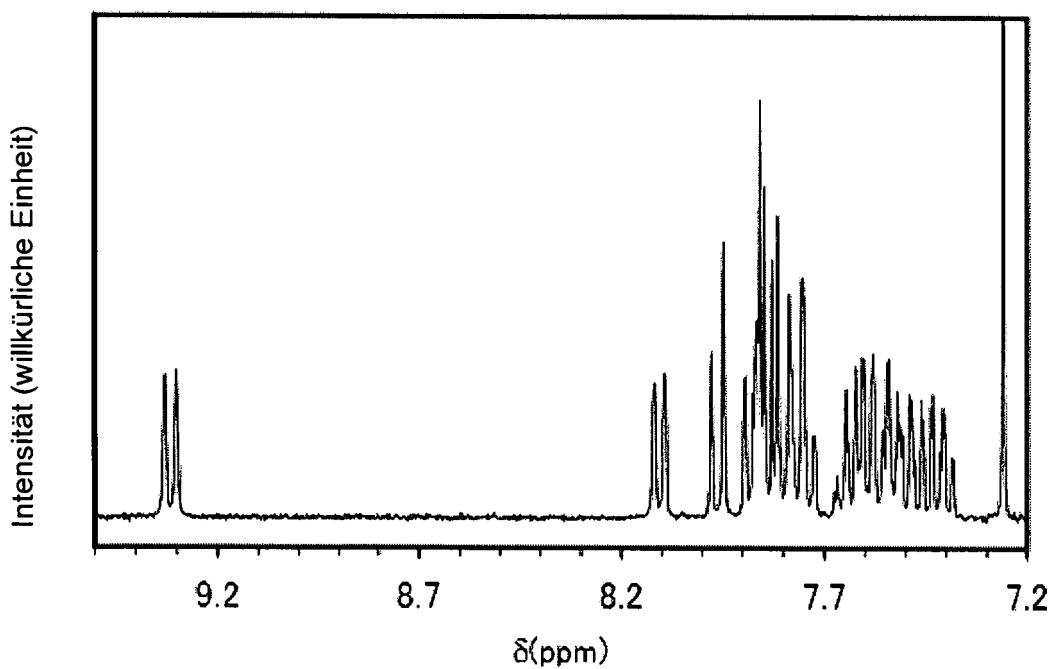


FIG. 12A

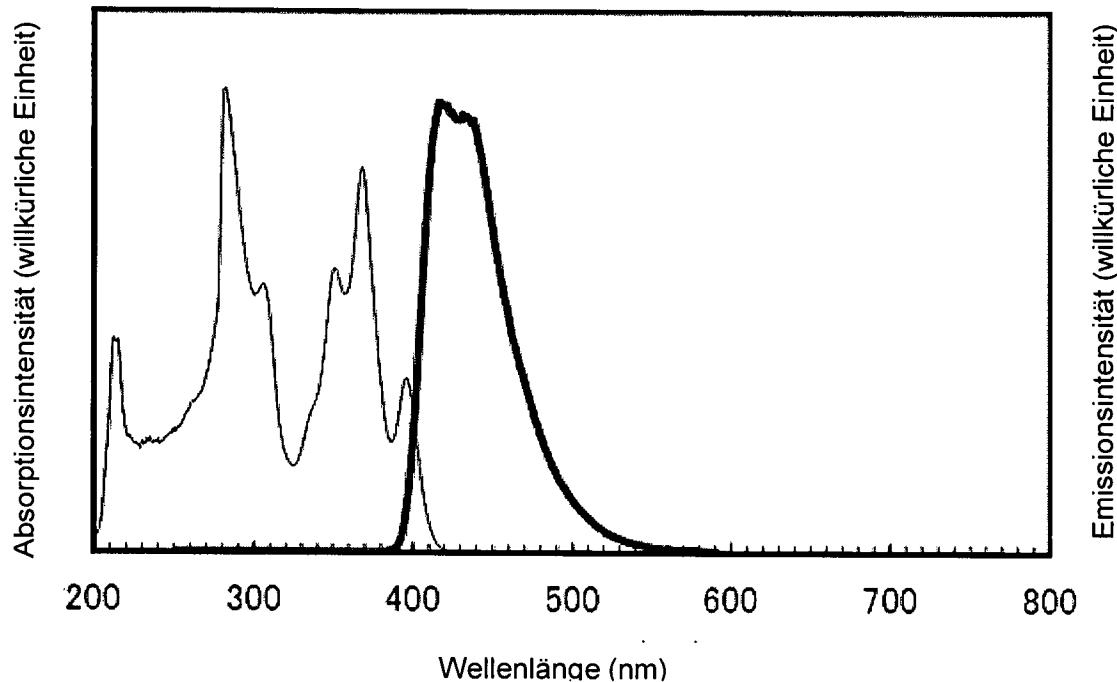


FIG. 12B

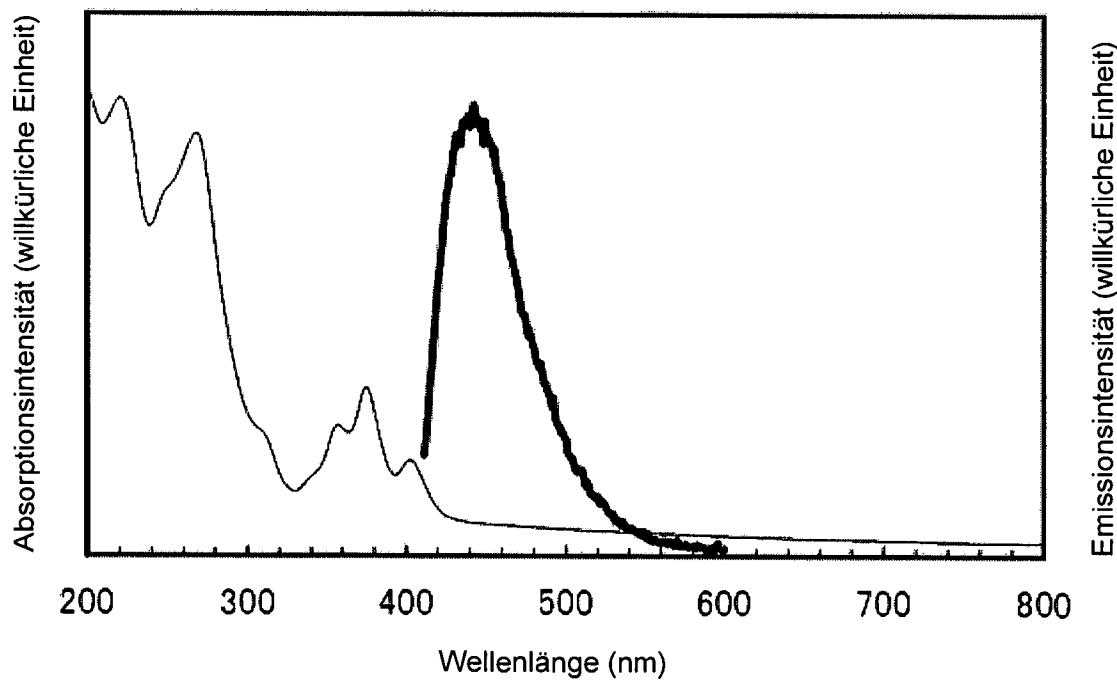


FIG. 13A

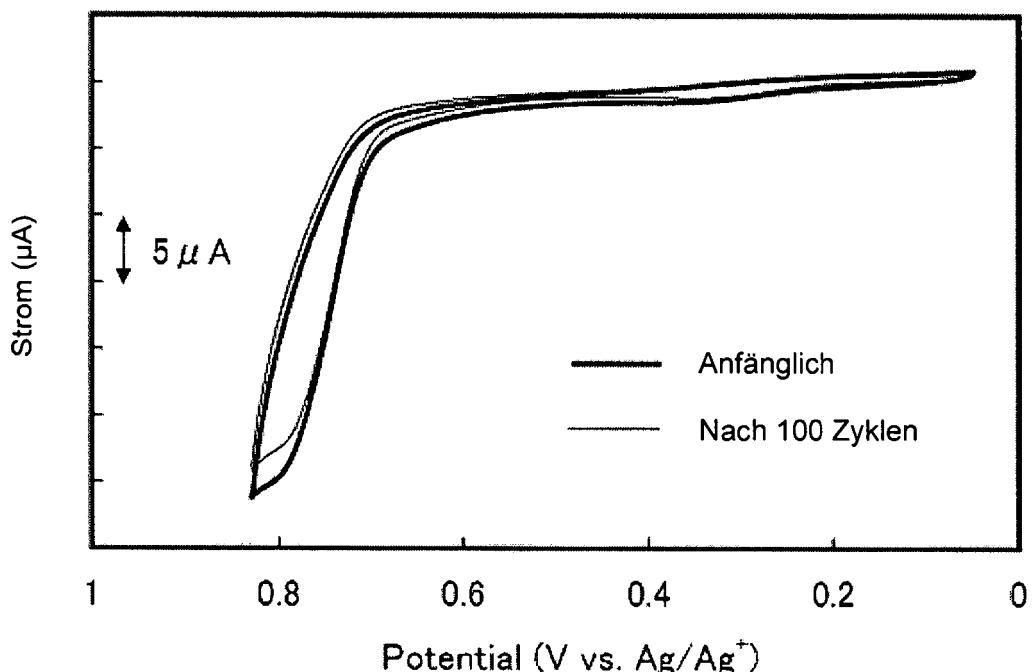


FIG. 13B

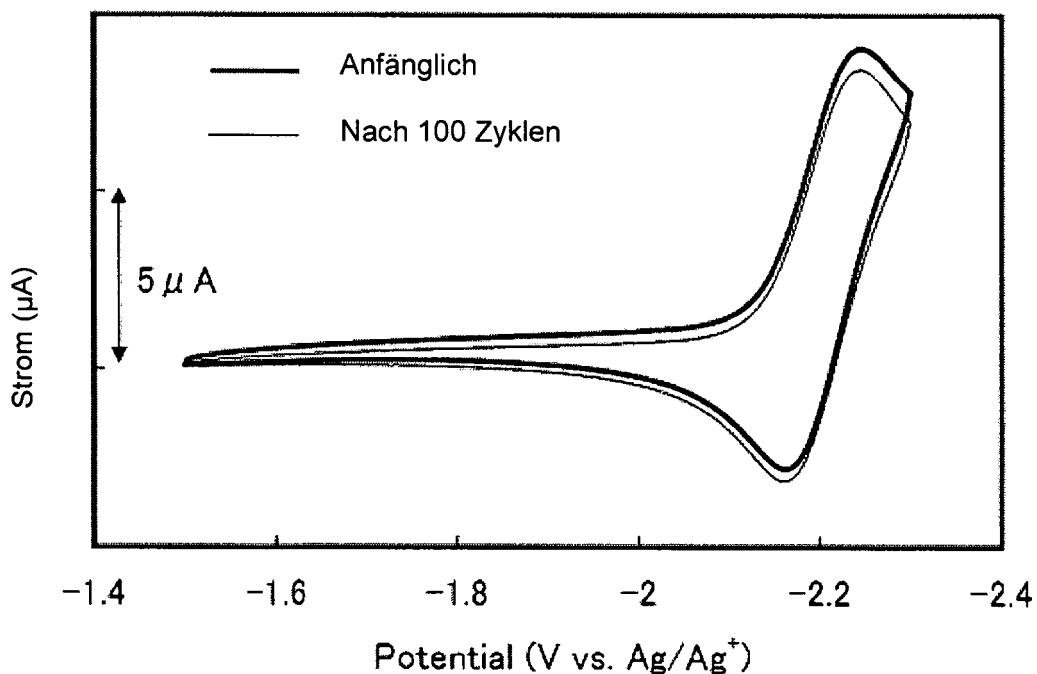


FIG. 14

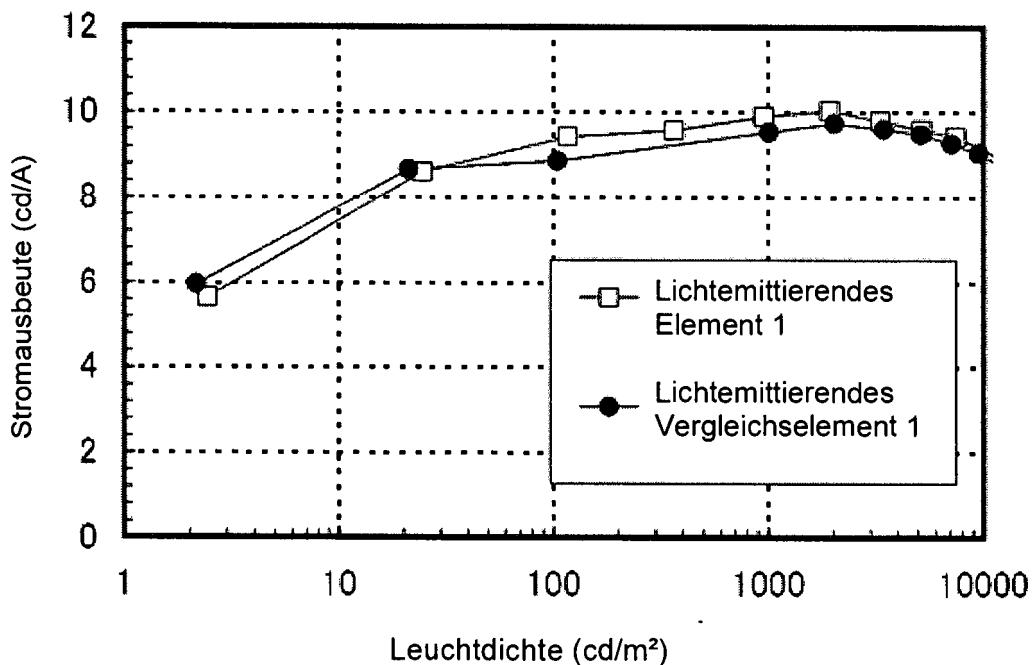


FIG. 15

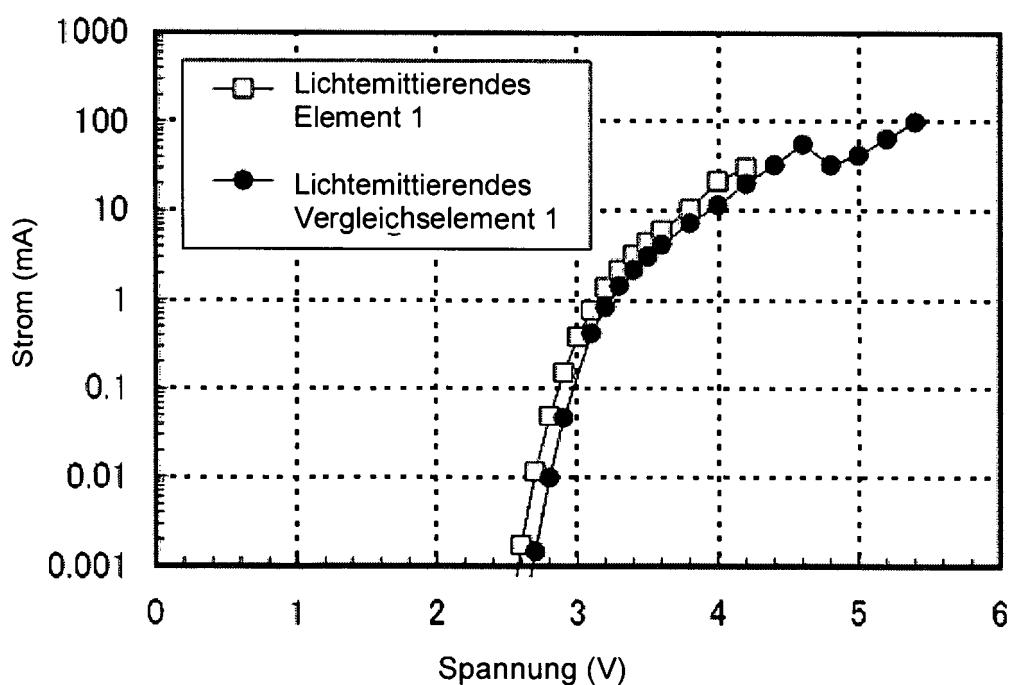


FIG. 16

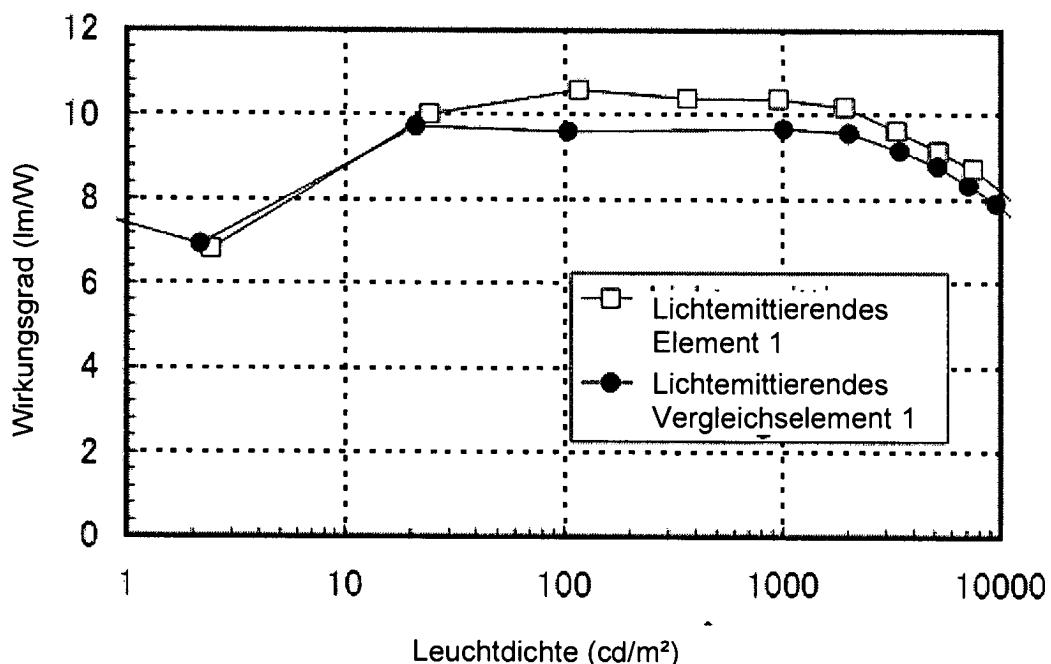


FIG. 17

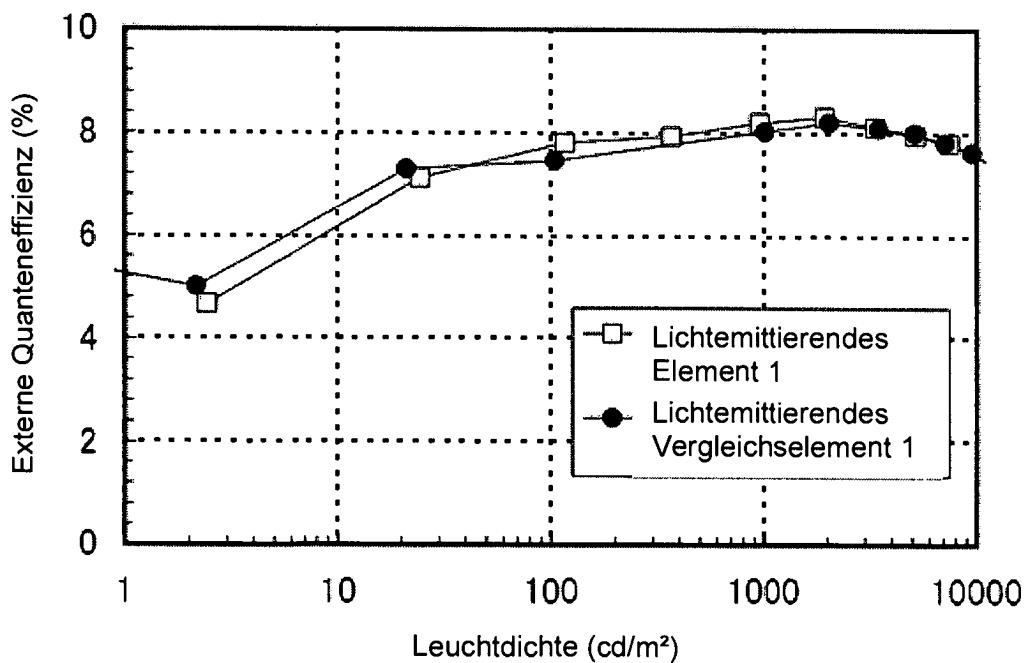


FIG. 18

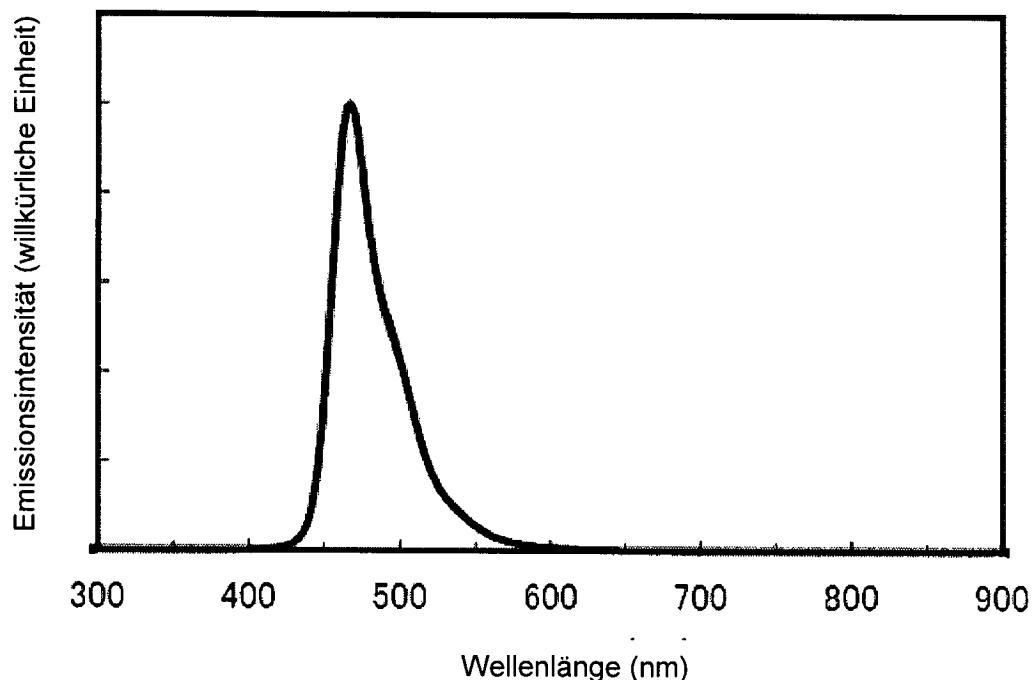


FIG. 19

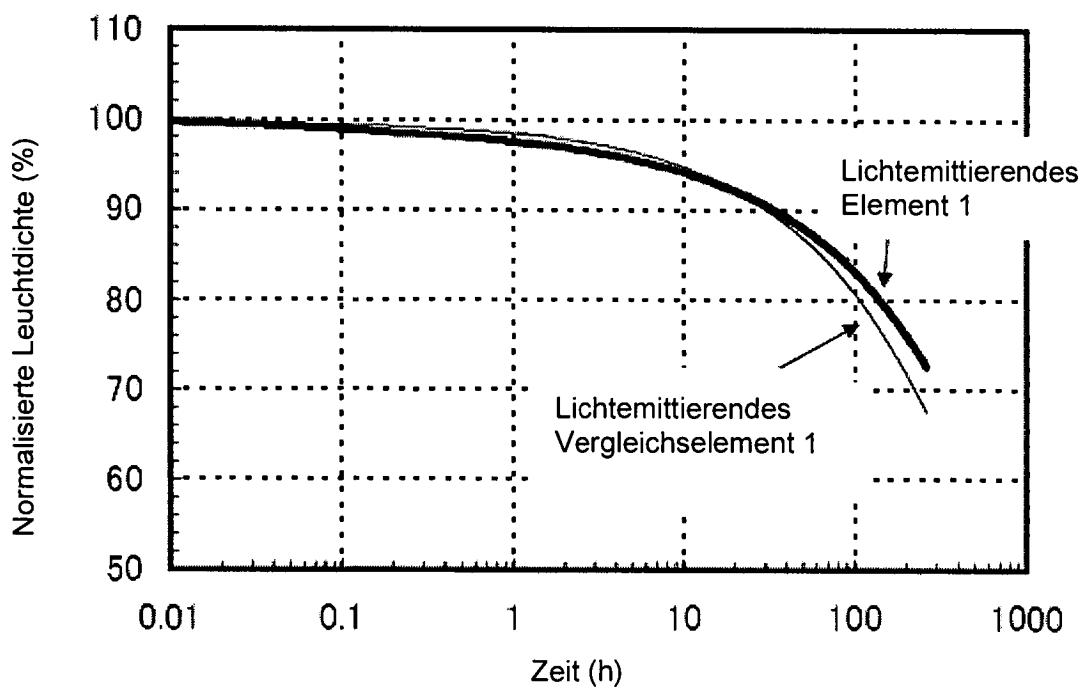


FIG. 20

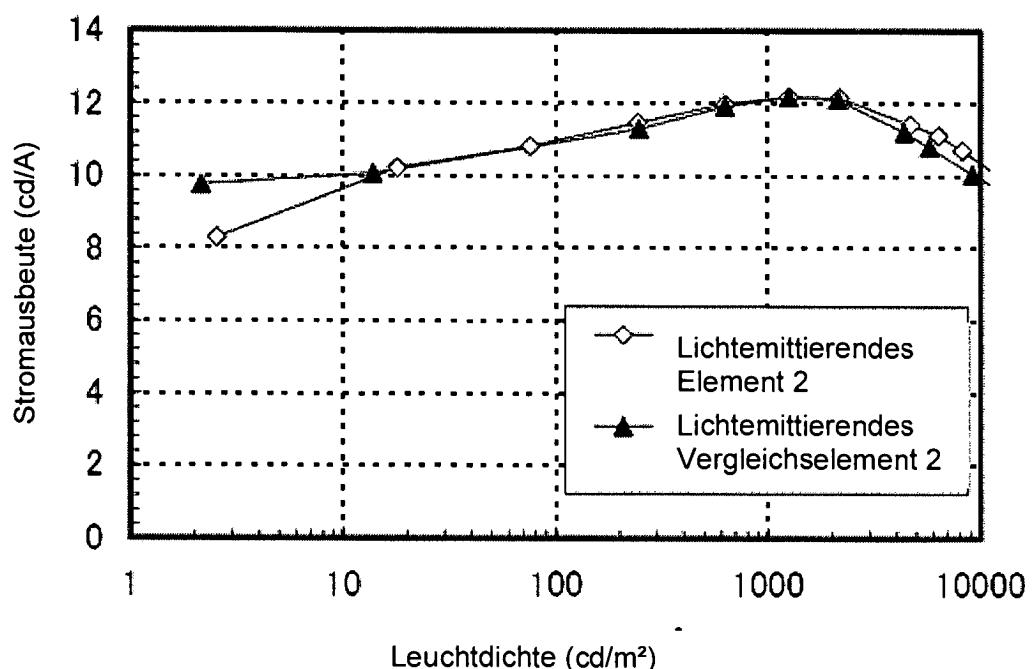


FIG. 21

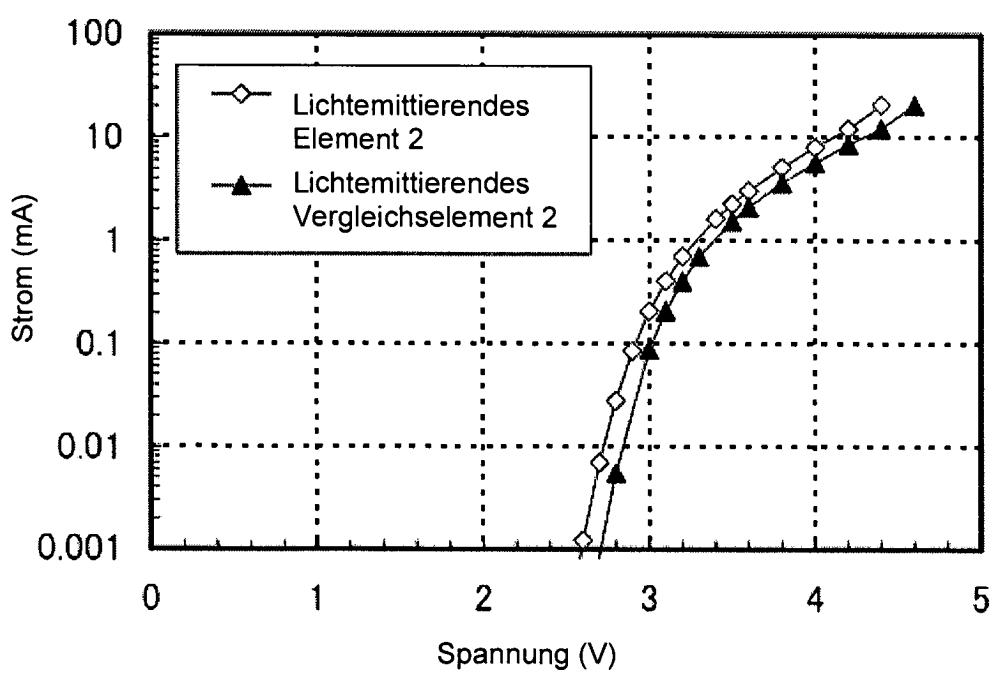


FIG. 22

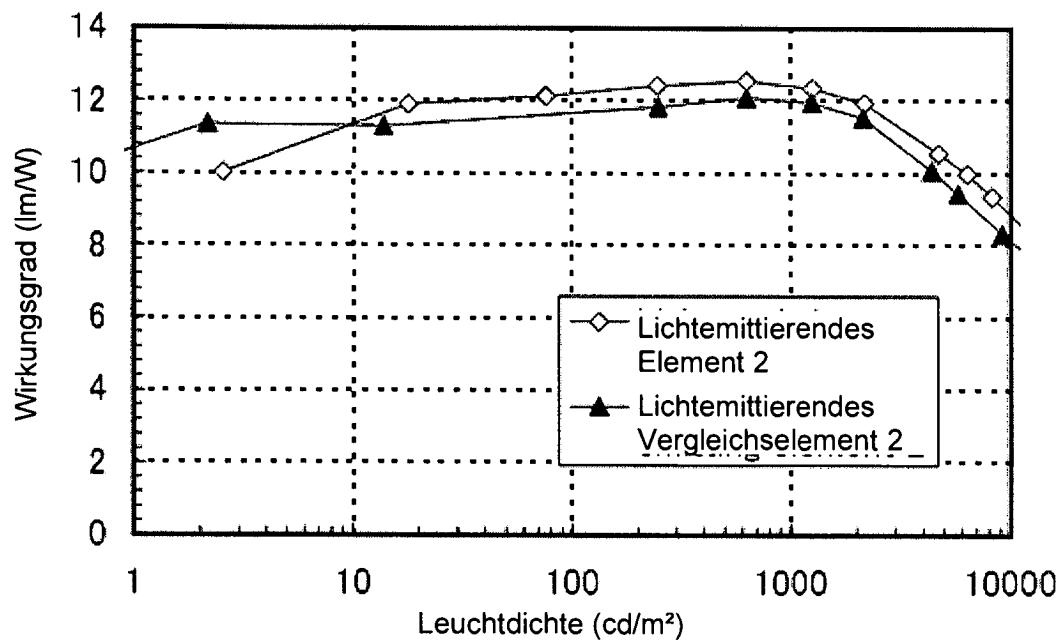


FIG. 23

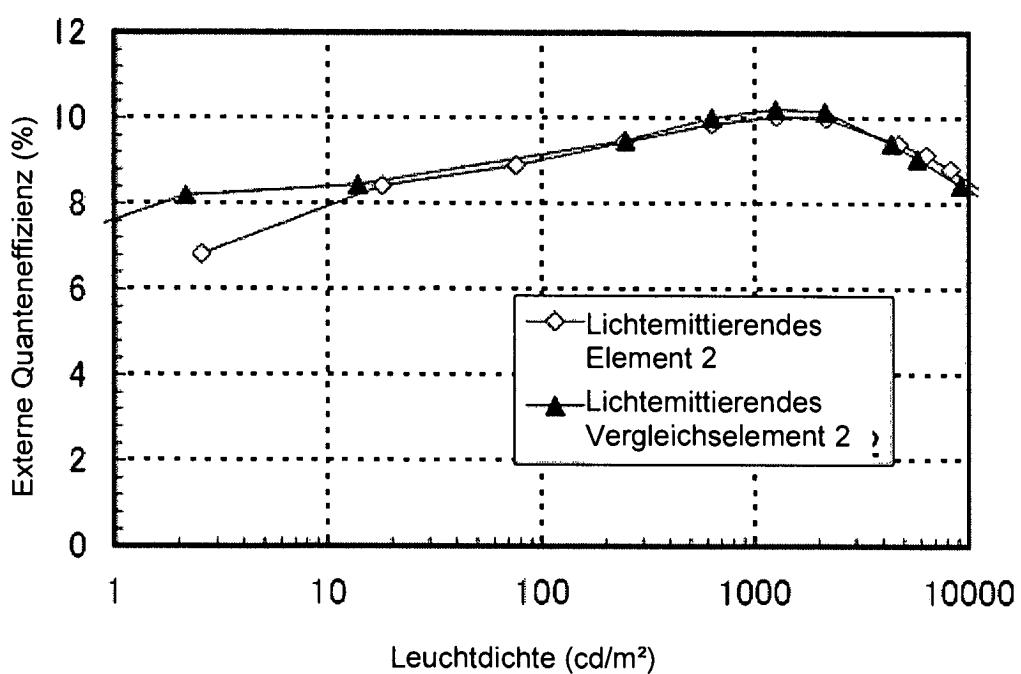


FIG. 24

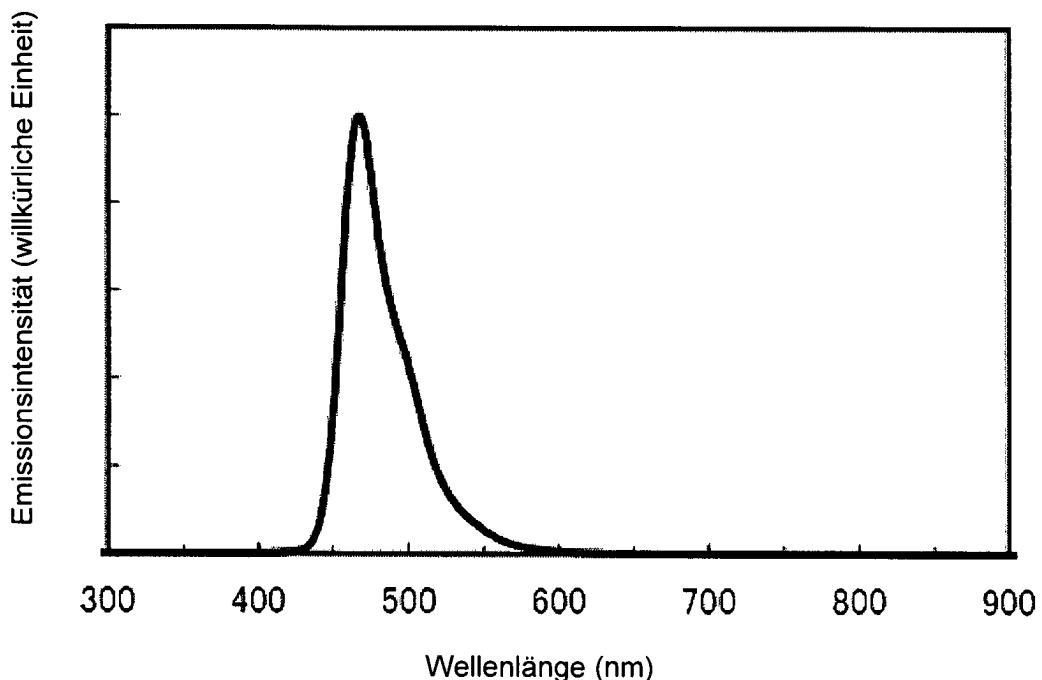


FIG. 25

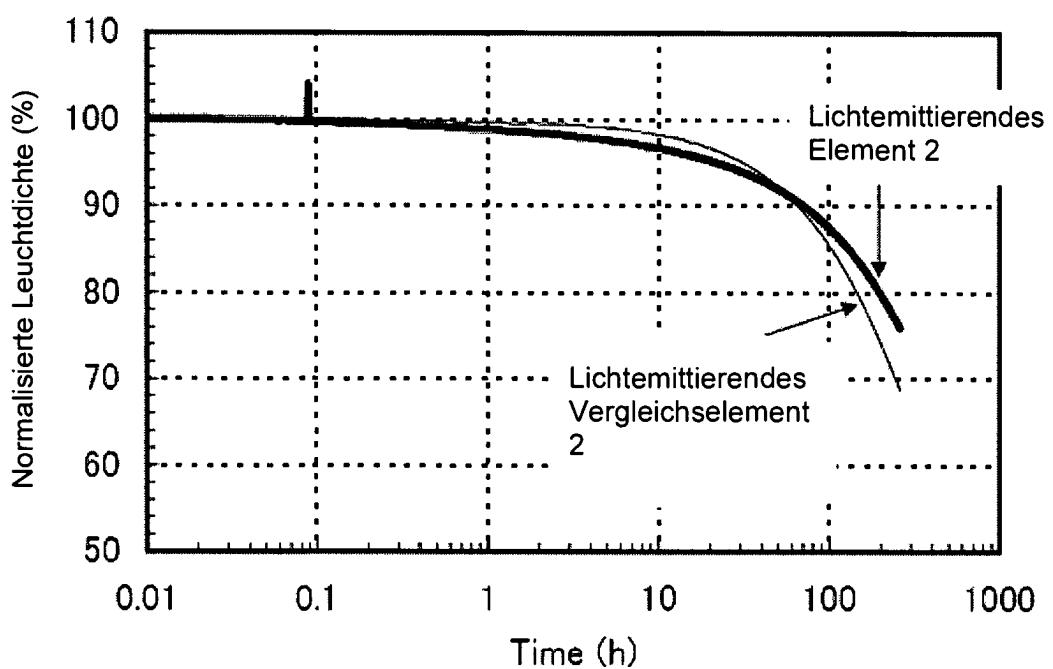


FIG. 26

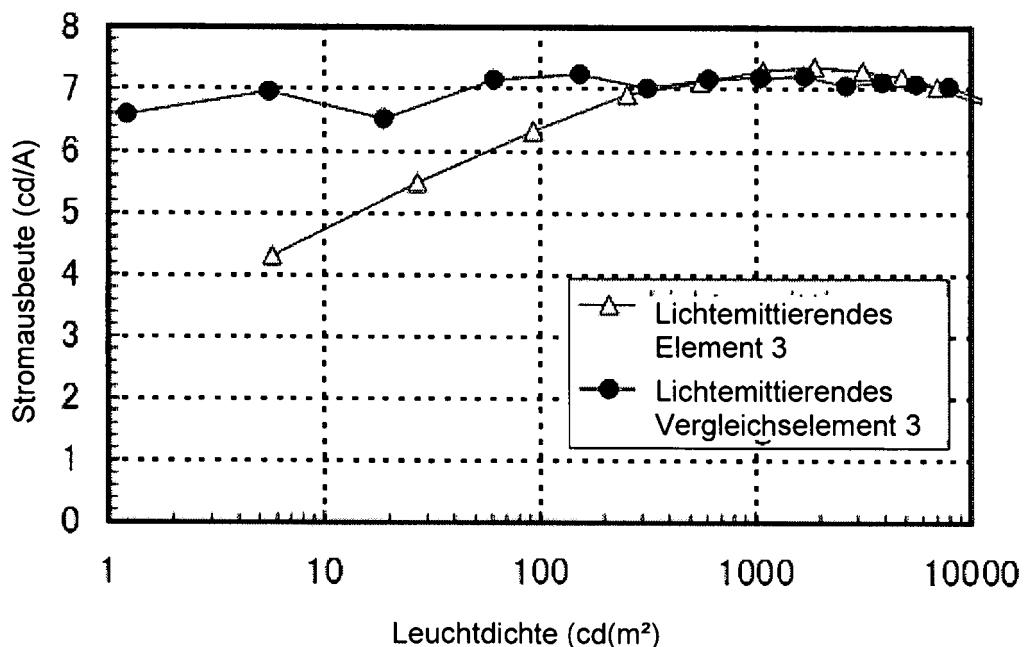


FIG. 27

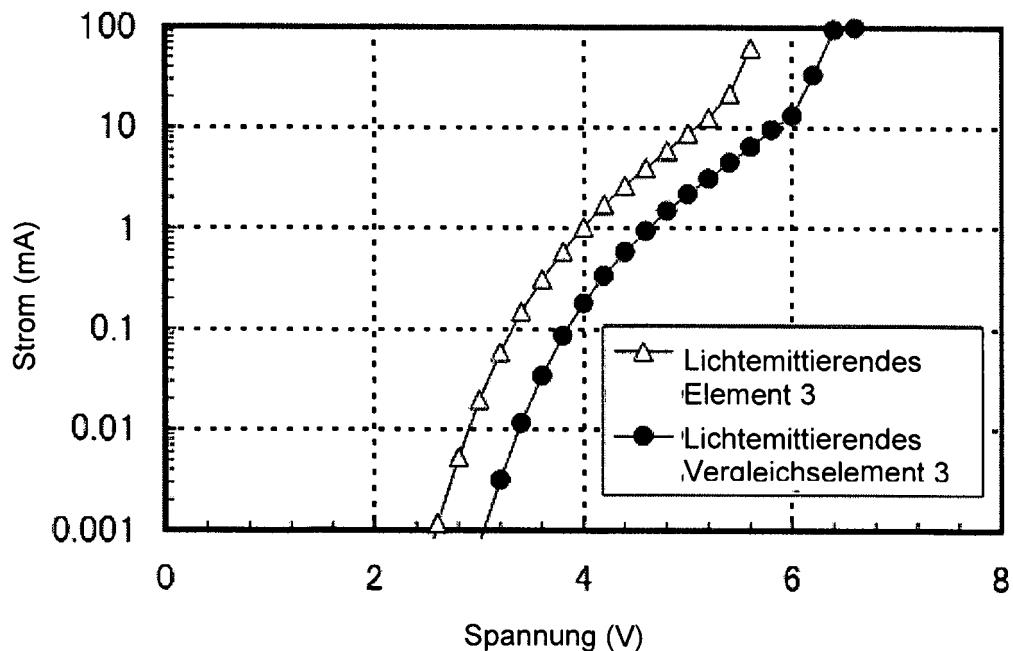


FIG. 28

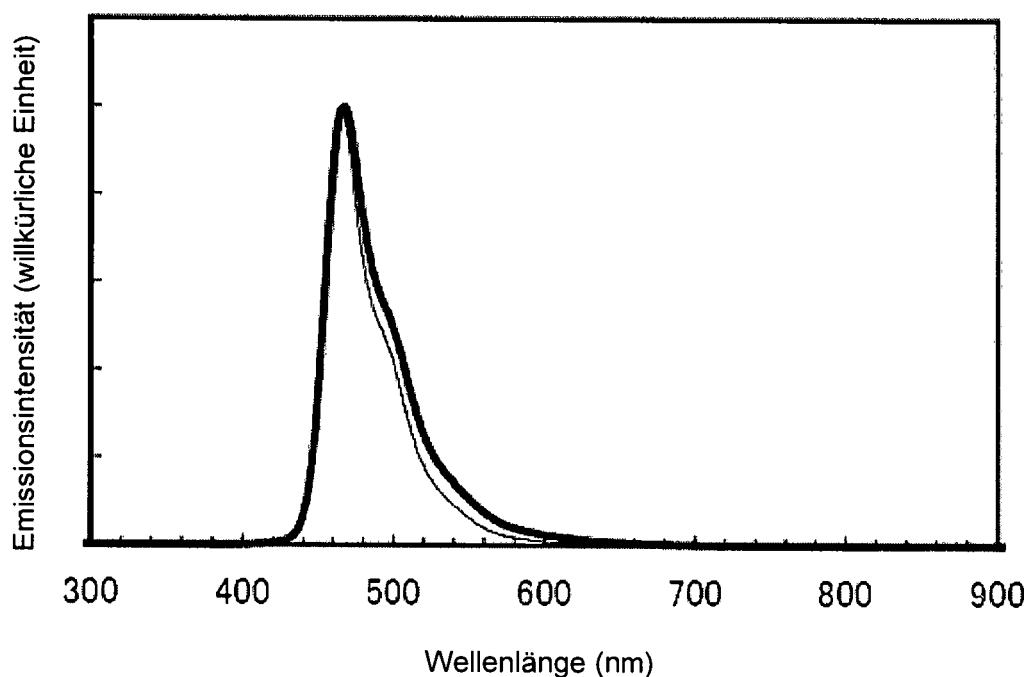


FIG. 29

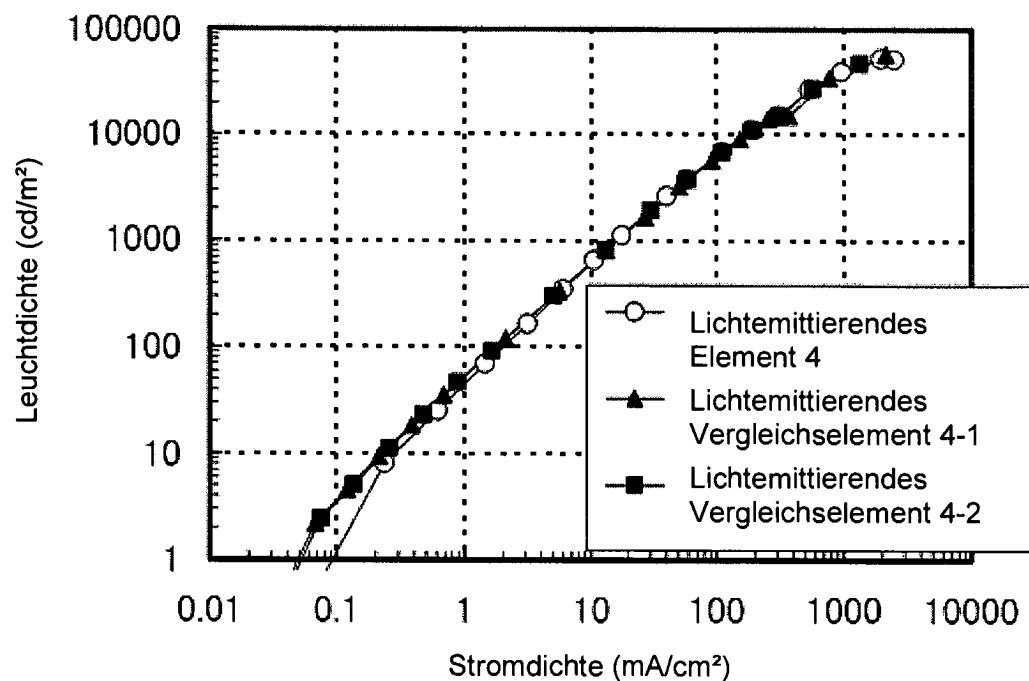


FIG. 30

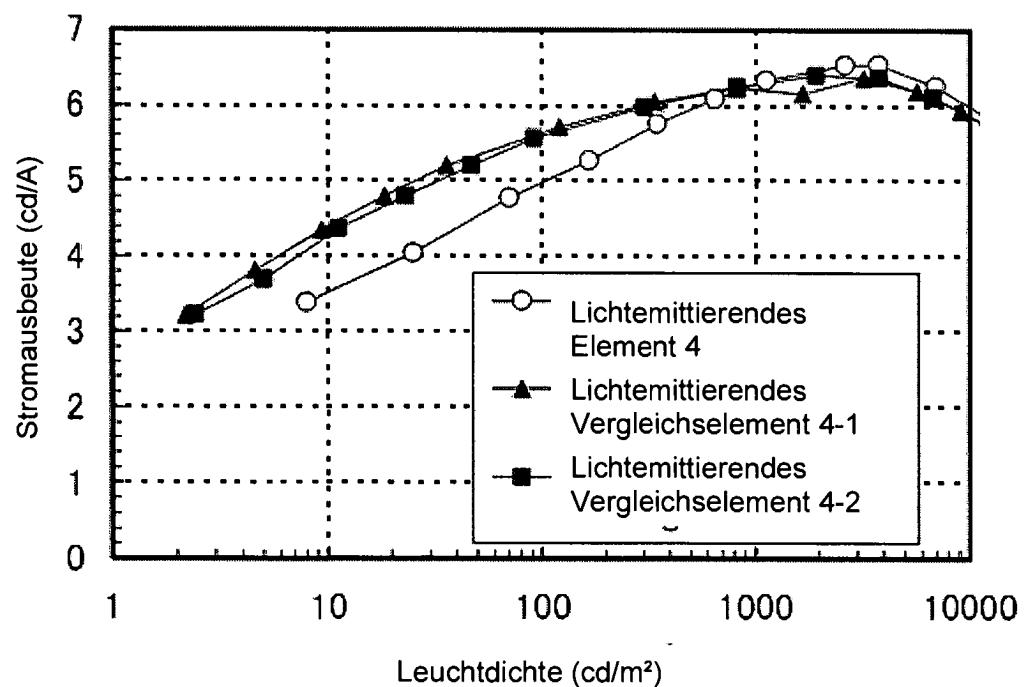


FIG. 31

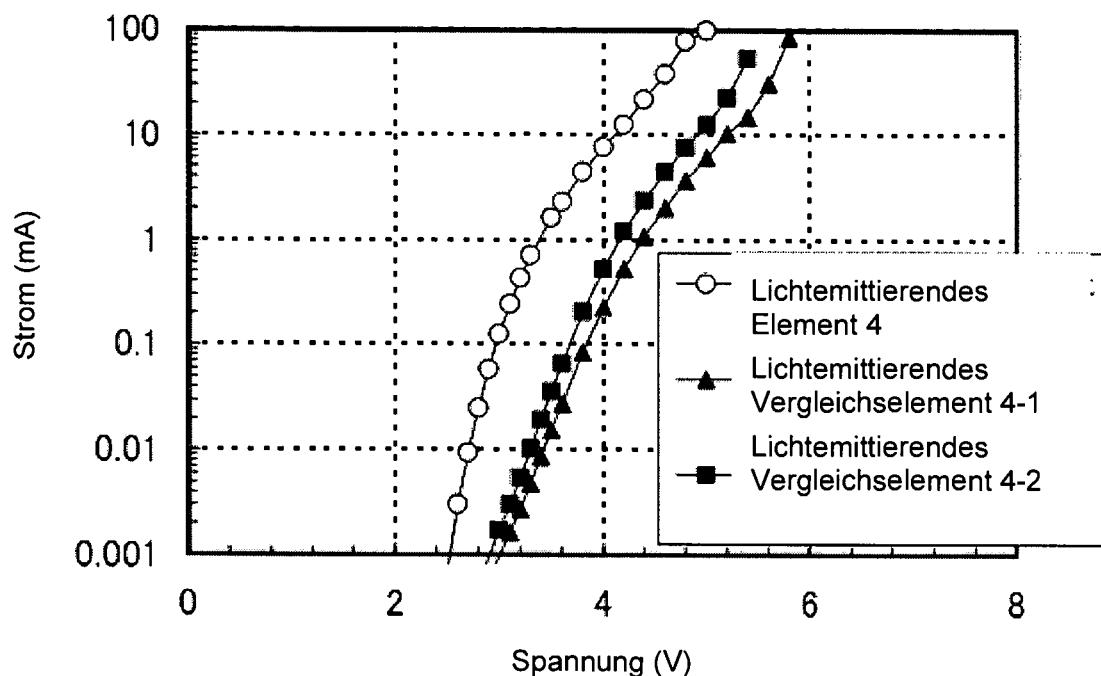


FIG. 32

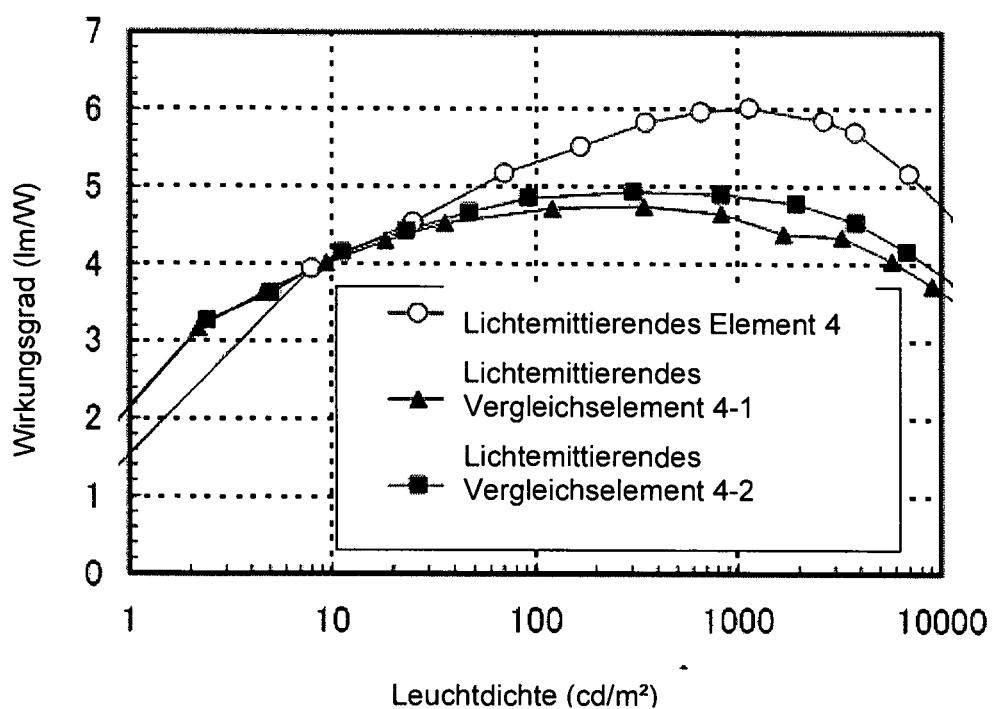


FIG. 33

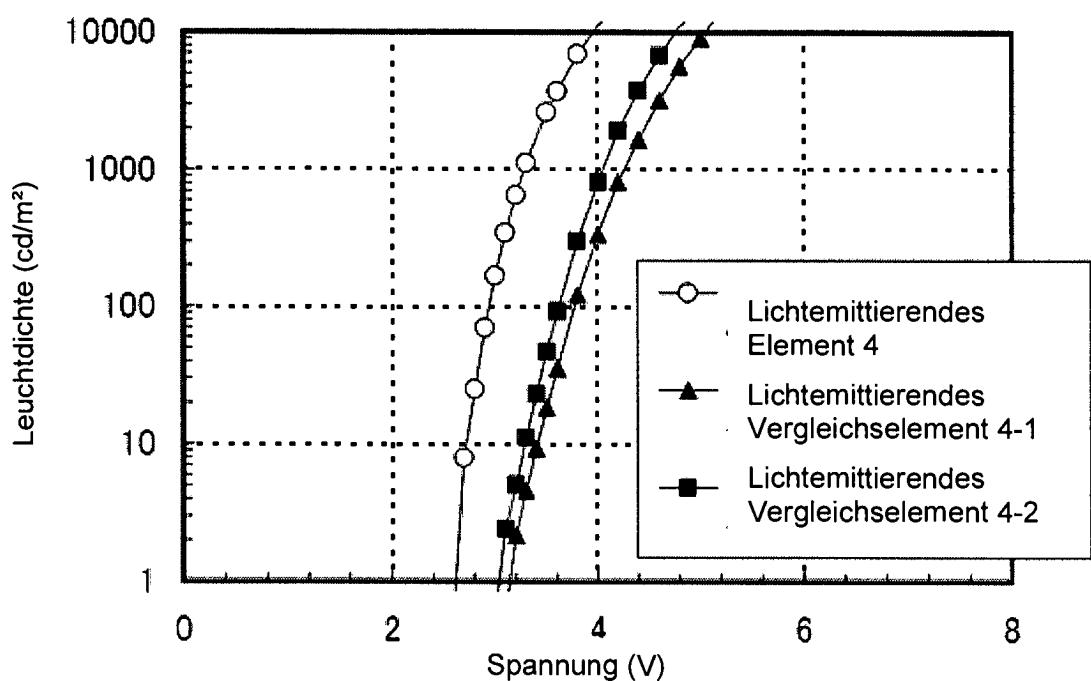


FIG. 34

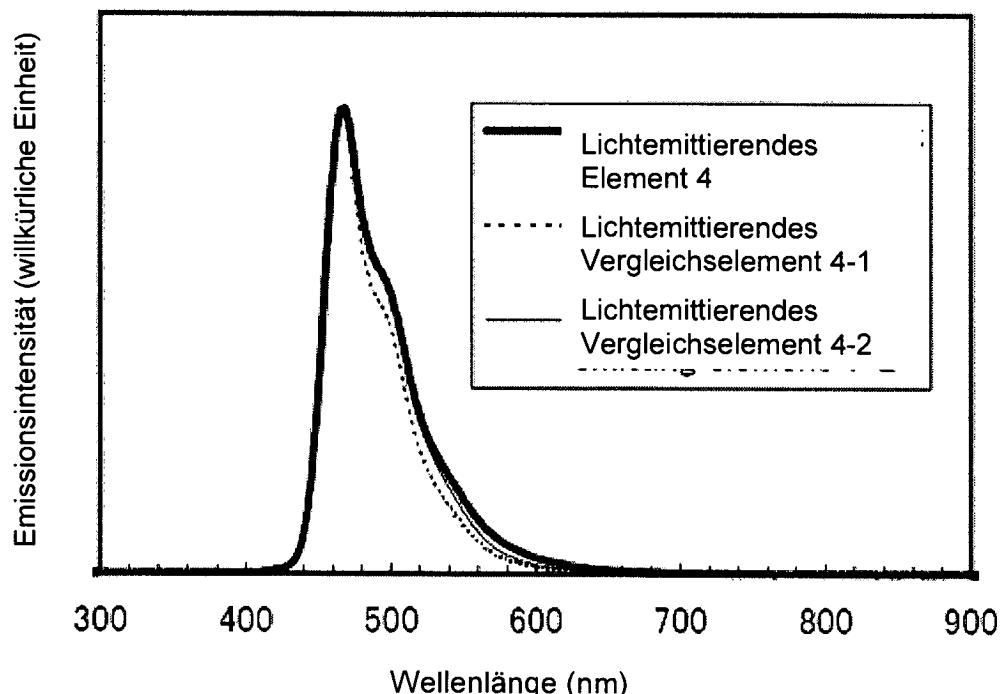


FIG. 35

