



(10) **DE 10 2020 122 459 A1** 2021.03.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 122 459.1**

(22) Anmeldetag: **27.08.2020**

(43) Offenlegungstag: **04.03.2021**

(51) Int Cl.: **C07C 211/61** (2006.01)

C09K 11/06 (2006.01)

H01L 51/54 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2019-157331

29.08.2019

JP

(71) Anmelder:

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

(72) Erfinder:

**Haruyama, Takuya, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP; Ohsawa, Nobuharu, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP; Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP**

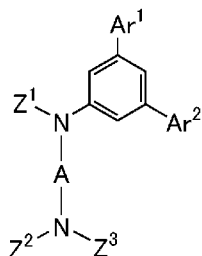
(74) Vertreter:

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

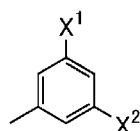
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

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

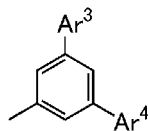
(57) Zusammenfassung: Eine neuartige Verbindung, die durch die Formel (G1) dargestellt wird, wird bereitgestellt.



(G1)



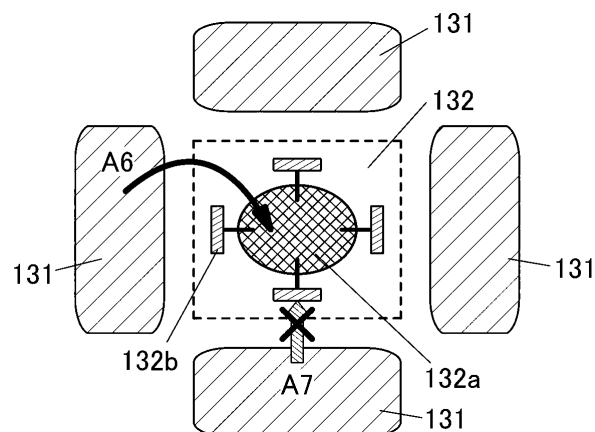
(Z-1)



(Z-2)

In der Formel (G1) stellt A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen dar, und Z¹ bis Z³ weisen jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der Formel (Z-1) stellen X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine sub-

stituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar¹ bis Ar⁴ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁴ weist den gleichen Substituenten wie X¹ oder X² auf.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Verbindung, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Licht emittierende Einrichtung, ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt ist. Das heißt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung einen Gegenstand, ein Verfahren, ein Herstellungsverfahren oder ein Betriebsverfahren betrifft. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft einen Prozess, eine Maschine, ein Erzeugnis oder eine Zusammensetzung.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind die Forschung und Entwicklung von Licht emittierenden Vorrichtungen, die Elektrolumineszenz (EL) nutzen, aktiv durchgeführt worden. Eine derartige Licht emittierende Vorrichtung weist eine Struktur auf, bei der eine EL-Schicht (enthaltend eine Licht emittierende Substanz) zwischen einem Paar von Elektroden bereitgestellt ist. Bei einer Licht emittierenden Vorrichtung bewirkt eine Spannung, die zwischen dem Paar von Elektroden angelegt wird, eine Rekombination von Elektronen und Löchern, welche von den Elektroden injiziert werden, in der EL-Schicht, was die Licht emittierende Substanz (eine organische Verbindung), die in der EL-Schicht enthalten ist, in einen Anregungszustand versetzt. Licht wird emittiert, wenn die Licht emittierende Substanz von dem Anregungszustand in den Grundzustand zurückkehrt. Bei dem Anregungszustand kann es sich um einen Singulett-Anregungszustand (S^*) und einen Triplett-Anregungszustand (T^*) handeln. Eine Lichtemission von einem Singulett-Anregungszustand wird als Fluoreszenz bezeichnet, und eine Lichtemission von einem Triplett-Anregungszustand wird als Phosphoreszenz bezeichnet. Es wird davon ausgegangen, dass das statistische Erzeugungsverhältnis bei der Licht emittierenden Vorrichtung $S^*:T^* = 1:3$ ist. Deshalb ist eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine phosphoreszierende Substanz enthält, die die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann, in den letzten Jahren aktiv erforscht und entwickelt worden, um eine hohe Effizienz zu erhalten.

[0003] Als Material, das die Triplett-Anregungsenergie teilweise oder vollständig in eine Lichtemission umwandeln kann, ist, zusätzlich zu einer phosphoreszierenden Substanz, ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (thermally activated delayed fluorescent, TADF-) Material bekannt. Ein TADF-Material kann einen Singulett-Anregungszustand von einem Triplett-Anregungszustand durch umgekehrtes Intersystem-Crossing erzeugen.

[0004] Ein Verfahren, durch das in einer Licht emittierenden Vorrichtung, die ein TADF-Material enthält, eine fluoreszierende Substanz effizient Licht emittiert, wird offenbart, indem das TADF-Material mit einer fluoreszierenden Substanz kombiniert wird und die Singulett-Anregungsenergie des TADF-Materials auf die fluoreszierende Substanz übertragen wird (siehe Patentdokument 1).

[0005] In Bezug auf die Energieübertragung von einem Wirtsmaterial auf ein Gastmaterial in einer Licht emittierenden Schicht einer Licht emittierenden Vorrichtung ist es im Allgemeinen vorzuziehen, dass das Konzentrationsverhältnis des Gastmaterials (der fluoreszierenden Substanz) zu dem Wirtsmaterial erhöht wird, um die Energieübertragungseffizienz durch den Förster-Mechanismus zu erhöhen. Jedoch ist es bekannt, dass es eine Tradeoff-Beziehung besteht: Eine Erhöhung des Konzentrationsverhältnisses des Gastmaterials erhöht die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus, was zu einer Verringerung der Emissionseffizienz führt. Deshalb ist eine Erhöhung des Konzentrationsverhältnisses des Gastmaterials nicht ein effektives Mittel zum Verbessern der Emissionseffizienz.

[Referenz]

[0006] [Patentdokument 1] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2014-045179

[0007] [Nichtpatentdokument] Vorentwürfe für die 61. Frühjahrstagung von The Japan Society of Applied Physics, 2014, 18a-E3-5

Zusammenfassung der Erfindung

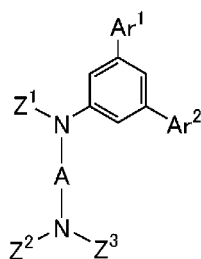
[0008] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige Verbindung bereit. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige Verbindung bereit, die die Energie von einem Singulett-Anregungszustand (S^*) (nachstehend wird die Energie als Singulett-Anregungsenergie bezeichnet) eines Wirtsmaterials effizient empfängt, selbst wenn das Konzentrationsverhältnis des Gastmaterials in einer EL-Schicht einer Licht emittierenden Vorrichtung erhöht wird, wodurch die Übertragung der Energie von einem Triplett-Anregungszustand (T^*) (nachstehend wird die Energie als Triplett-Anregungsenergie bezeichnet) des Wirtsmaterials mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt (die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus verhindert werden kann).

[0009] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige Verbindung bereit, die in einer Licht emittierenden Vorrichtung verwendet werden kann. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige Verbindung bereit, die in einer EL-Schicht einer Licht emittierenden Vorrichtung verwendet werden kann. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz bereit, bei der die neuartige Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine neuartige Licht emittierende Einrichtung, ein neuartiges elektronisches Gerät oder eine neuartige Beleuchtungsvorrichtung bereit.

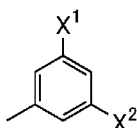
[0010] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Aufgaben dem Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht im Wege steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzielt nicht notwendigerweise sämtliche dieser Aufgaben. Weitere Aufgaben werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

[0011] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine fluoreszierende Substanz, die eine Verbindung ist, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G1) dargestellt wird.

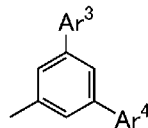
[Chemische Formel 1]



(G1)



(Z-1)



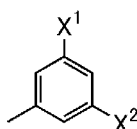
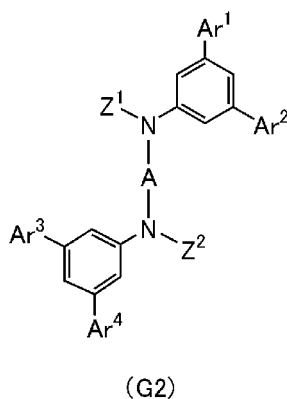
(Z-2)

[0012] In der allgemeinen Formel (G1) stellt A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen dar, und Z^1 bis Z^3 weisen jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-1) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen,

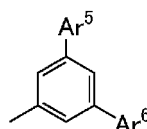
eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^4 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^4 weist den gleichen Substituenten wie X^1 auf.

[0013] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G2) dargestellt wird.

[Chemische Formel 2]



(Z-3)

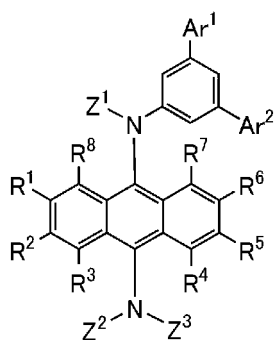


(Z-4)

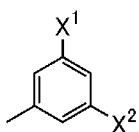
[0014] In der allgemeinen Formel (G2) stellt A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen dar, und Z^1 und Z^2 weisen jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die allgemeine Formel (Z-3) oder (Z-4) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-3) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^6 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^6 weist den gleichen Substituenten wie X^1 auf.

[0015] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G3) dargestellt wird.

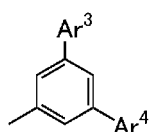
[Chemische Formel 3]



(G3)



(Z-1)

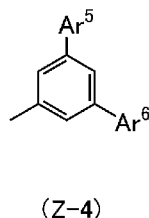
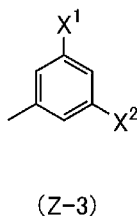
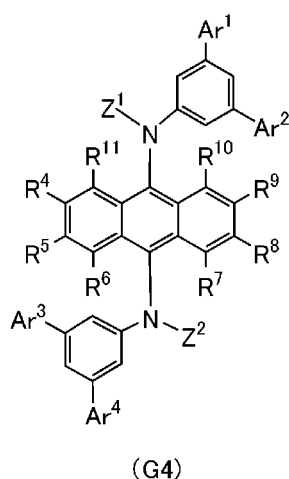


(Z-2)

[0016] In der allgemeinen Formel (G3) weisen Z^1 bis Z^3 jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-1) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^4 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^4 weist den gleichen Substituenten wie X^1 oder X^2 auf. Ferner stellen R^1 bis R^8 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen dar.

[0017] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G4) dargestellt wird.

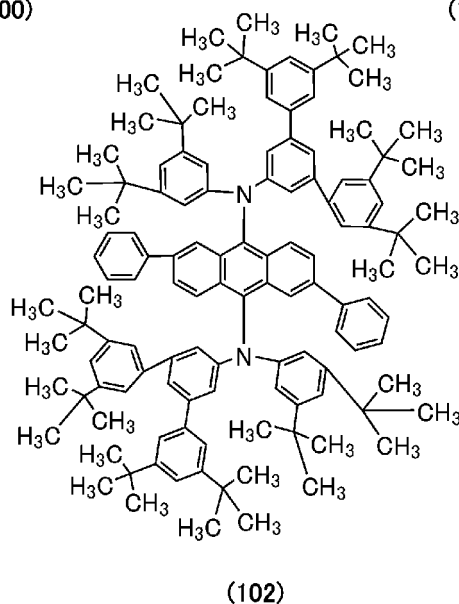
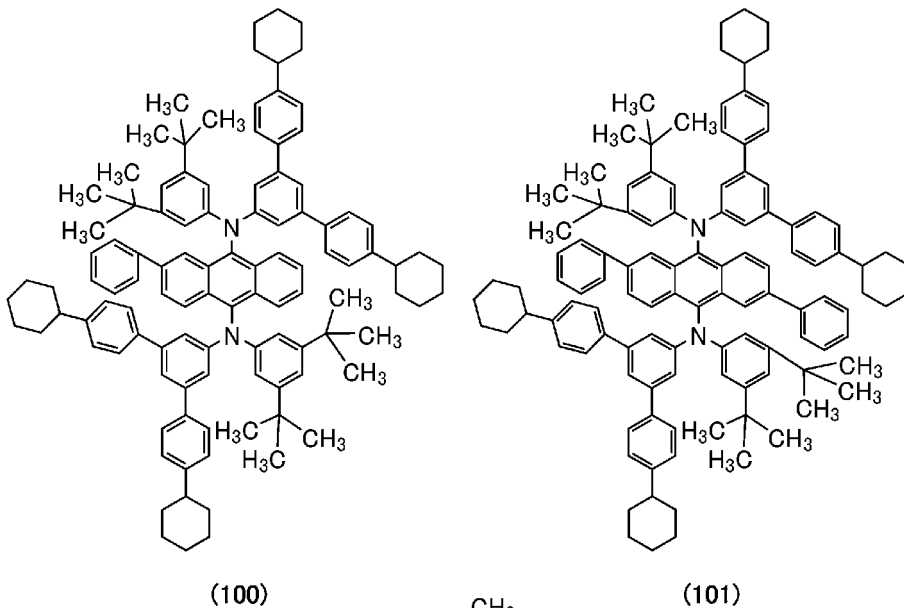
[Chemische Formel 4]



[0018] In der allgemeinen Formel (G4) weisen Z^1 und Z^2 jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die allgemeine Formel (Z-3) oder (Z-4) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-3) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^6 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^6 weist den gleichen Substituenten wie X^1 oder X^2 auf. Ferner stellen R^4 bis R^{11} jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen dar.

[0019] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch eine der Strukturformeln (100), (101) und (102) dargestellt wird.

[Chemische Formel 5]



[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Licht emittierende Vorrichtung, bei der die vorstehend beschriebene Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung auch eine Licht emittierende Vorrichtung umfasst, bei der eine EL-Schicht, die zwischen einem Paar von Elektroden bereitgestellt ist, oder eine Licht emittierende Schicht, die in der EL-Schicht enthalten ist, die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält. Zusätzlich zu der oben erwähnten Licht emittierenden Vorrichtung umfasst die vorliegende Erfindung eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine Schicht (z. B. eine Cap-Schicht) beinhaltet, die in Kontakt mit einer Elektrode ist und eine organische Verbindung enthält. Zusätzlich zu den Licht emittierenden Vorrichtungen ist auch eine Licht emittierende Einrichtung, die einen Transistor, ein Substrat und dergleichen beinhaltet, im Schutzbereich der Erfindung enthalten. Ferner sind zusätzlich zu der Licht emittierenden Einrichtung auch ein elektronisches Gerät und eine Beleuchtungsvorrichtung, welche ein Mikrofon, eine Kamera, einen Bedientknopf, einen externen Verbindungsabschnitt, ein Gehäuse, eine Abdeckung, eine Halterung, einen Lautsprecher oder dergleichen beinhalten, im Schutzbereich der Erfindung enthalten.

[0021] Außerdem umfasst der Schutzbereich einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Licht emittierende Einrichtung, die eine Licht emittierende Vorrichtung beinhaltet, und eine Beleuchtungsvorrichtung, die die Licht emittierende Einrichtung beinhaltet. Die Licht emittierende Einrichtung in dieser Beschreibung bezeichnet demzufolge eine Bildanzeigevorrichtung und eine Lichtquelle (darunter auch eine Beleuchtungsvorrichtung). Außerdem umfasst die Licht emittierende Einrichtung die folgenden Module in ihrer Kategorie: ein Modul, bei dem ein Verbindler, wie z. B. eine flexible gedruckte Schaltung (flexible printed circuit, FPC) oder ein Tape Carrier Package (TCP), an einer Licht emittierenden Einrichtung angebracht ist; ein Modul, bei

dem eine gedruckte Leiterplatte am Ende eines TCP bereitgestellt ist; und ein Modul, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) durch ein Chip-on-Glass-(COG-) Verfahren direkt an einer Licht emittierenden Vorrichtung montiert ist.

[0022] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Verbindung bereitstellen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Verbindung bereitstellen, die in einer Licht emittierenden Vorrichtung verwendet werden kann. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Verbindung bereitstellen, die in einer EL-Schicht einer Licht emittierenden Vorrichtung verwendet werden kann. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz bereitstellen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine sehr zuverlässige Licht emittierende Vorrichtung bereitstellen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung bereitstellen. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine neuartige Licht emittierende Einrichtung, ein neuartiges elektronisches Gerät oder eine neuartige Beleuchtungsvorrichtung bereitstellen.

[0023] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Effekte dem Vorhandensein weiterer Effekte nicht im Wege steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzielt nicht notwendigerweise sämtliche der vorstehend aufgeführten Effekte. Weitere Effekte werden aus den Erläuterungen der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

Figurenliste

Fig. 1A stellt die Struktur einer Licht emittierenden Vorrichtung dar, und **Fig. 1B** stellt eine Licht emittierende Schicht dar.

Fig. 2A ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung von allgemeinen Gast- und Wirtsmaterialien, und **Fig. 2B** ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung von einer Verbindung (einem Gastmaterial), die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, und einem Wirtsmaterial.

Fig. 3A ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht, **Fig. 3B** ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht, und **Fig. 3C** ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht.

Fig. 4A ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht, **Fig. 4B** ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht, und **Fig. 4C** ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht.

Fig. 5A ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht, und **Fig. 5B** ist ein konzeptuelles Diagramm der Energieübertragung zwischen Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht.

Fig. 6A und **Fig. 6B** stellen jeweils die Struktur einer Licht emittierenden Vorrichtung dar.

Fig. 7A bis **Fig. 7C** stellen eine Licht emittierende Einrichtung dar.

Fig. 8A ist eine Draufsicht, die eine Licht emittierende Einrichtung dargestellt, und **Fig. 8B** ist eine Querschnittsansicht, die die Licht emittierende Einrichtung darstellt.

Fig. 9A stellt einen tragbaren Computer dar, **Fig. 9B** stellt eine tragbare Bildwiedergabevorrichtung dar, **Fig. 9C** stellt eine Digitalkamera dar, **Fig. 9D** stellt ein tragbares Informationsendgerät dar, **Fig. 9E** stellt ein tragbares Informationsendgerät dar, **Fig. 9F** stellt ein Fernsehgerät dar, und **Fig. 9G** stellt ein tragbares Informationsendgerät dar.

Fig. 10A bis **Fig. 10C** stellen ein klappbares, tragbares Informationsendgerät dar.

Fig. 11A und **Fig. 11B** stellen ein Fahrzeug dar.

Fig. 12 stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar.

Fig. 13 stellt eine Beleuchtungsvorrichtung dar.

Fig. 14 ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (100) dargestellt wird.

- Fig. 15** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (100) dargestellt wird.
- Fig. 16** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird.
- Fig. 17** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (101) dargestellt wird.
- Fig. 18** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (102) dargestellt wird.
- Fig. 19** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (102) dargestellt wird.
- Fig. 20** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (103) dargestellt wird.
- Fig. 21** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (103) dargestellt wird;
- Fig. 22** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (104) dargestellt wird.
- Fig. 23** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (104) dargestellt wird.
- Fig. 24** stellt eine Licht emittierende Vorrichtung dar.
- Fig. 25** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 26** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 27** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 28** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 29** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 30** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 31** zeigt die Messergebnisse der Emissionslebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5.
- Fig. 32** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 33** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 34** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 35** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 36** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 37** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 38** zeigt die Messergebnisse der Emissionslebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5.
- Fig. 39** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.
- Fig. 40** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.
- Fig. 41** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.

- Fig. 42** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.
- Fig. 43** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.
- Fig. 44** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.
- Fig. 45** zeigt die Messergebnisse der Emissionslebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5.
- Fig. 46** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 47** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 48** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 49** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 50** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 51** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 52** zeigt die Messergebnisse der Emissionslebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5.
- Fig. 53** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5.
- Fig. 54** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5.
- Fig. 55** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5.
- Fig. 56** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5.
- Fig. 57** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5.
- Fig. 58** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5.
- Fig. 59** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 60** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 61** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 62** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 63** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 64** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 65** zeigt die Messergebnisse der Emissionslebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5.
- Fig. 66** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5.
- Fig. 67** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5.
- Fig. 68** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5.
- Fig. 69** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5.
- Fig. 70** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5.
- Fig. 71** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5.

- Fig. 72** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5.
- Fig. 73** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5.
- Fig. 74** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5.
- Fig. 75** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5.
- Fig. 76** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (124) dargestellt wird.
- Fig. 77** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (124) dargestellt wird.
- Fig. 78** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (125) dargestellt wird.
- Fig. 79** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (125) dargestellt wird.
- Fig. 80** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (128) dargestellt wird.
- Fig. 81** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (128) dargestellt wird.
- Fig. 82** ist ein ^1H -NMR-Diagramm einer organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (129) dargestellt wird.
- Fig. 83** zeigt ein UV-VIS-Absorptionsspektrum und ein Emissionsspektrum der organischen Verbindung, die durch die Strukturformel (129) dargestellt wird.
- Fig. 84** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5.
- Fig. 85** zeigt die Ergebnisse der Zuverlässigkeitstests der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5.
- Fig. 86** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5.
- Fig. 87** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5.
- Fig. 88** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5.
- Fig. 89** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5.
- Fig. 90** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5.
- Fig. 91** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5.
- Fig. 92** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5.
- Fig. 93** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5.
- Fig. 94** zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5.
- Fig. 95** zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5.
- Fig. 96** zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-7.
- Fig. 97** zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-7.
- Fig. 98** zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-7.

Fig. 99 zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-7.

Fig. 100 zeigt die Leuchtdichte-externen Quanteneffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-7.

Fig. 101 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-7.

Fig. 102 zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften von Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-7.

Fig. 103 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-7.

Fig. 104 zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-7.

Fig. 105 zeigt die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-7.

Fig. 106 zeigt die Leuchtdichte-externen Quanteneffizienz-Eigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-7.

Fig. 107 zeigt die Elektrolumineszenzspektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-7.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0024] Ausführungsformen und Beispiele der vorliegenden Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen ausführlich beschrieben. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt ist und dass die Modi und die Details der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Weise modifiziert werden können, ohne vom Gedanken und Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Daher sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf die Beschreibung der folgenden Ausführungsformen und Beispiele beschränkt angesehen werden.

[0025] Es sei angemerkt, dass die Position, die Größe, der Bereich oder dergleichen jeder Komponente, die in Zeichnungen und dergleichen dargestellt wird, in einigen Fällen zum leichten Verständnis nicht genau dargestellt wird. Die offenbarte Erfindung ist daher nicht notwendigerweise auf die Position, die Größe, den Bereich oder dergleichen beschränkt, welche in den Zeichnungen und dergleichen offenbart werden.

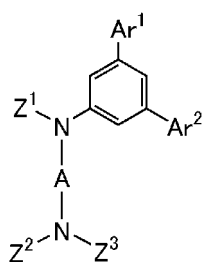
[0026] Bei der auf den Zeichnungen beruhenden Erläuterung der Strukturen der Erfindung in dieser Beschreibung und dergleichen werden gleiche Komponenten in unterschiedlichen Zeichnungen im Allgemeinen mit dem gleichen Bezugszeichen versehen.

[0027] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein Singulett-Anregungszustand (S^*) einen Singulett-Zustand mit Anregungsenergie. Ein S1-Niveau bezeichnet das niedrigste Niveau des Singulett-Anregungsenergieniveaus, d. h. das Anregungsenergieniveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes (S1-Zustandes). Ein Triplett-Anregungszustand (T^*) bezeichnet einen Triplett-Zustand mit Anregungsenergie. Ein T1-Niveau bezeichnet das niedrigste Niveau des Triplett-Anregungsenergieniveaus, d. h. das Anregungsenergieniveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes (T1-Zustandes). Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen einfache Ausdrücke „Singulett-Anregungszustand“ und „Singulett-Anregungsenergieniveau“ in einigen Fällen den S1-Zustand bzw. das S1-Niveau meinen. Außerdem meinen Ausdrücke „Triplett-Anregungszustand“ und „Triplett-Anregungsenergieniveau“ in einigen Fällen den T1-Zustand bzw. das T1-Niveau.

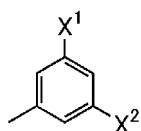
[0028] In dieser Beschreibung und dergleichen bezieht sich eine fluoreszierende Substanz auf eine Verbindung, die Licht in einem sichtbaren Lichtbereich oder einem Nah-Infrarotbereich emittiert, wenn sie von einem Singulett-Anregungszustand in einen Grundzustand relaxiert. Eine phosphoreszierende Substanz bezieht sich auf eine Verbindung, die bei Raumtemperatur Licht in einem sichtbaren Lichtbereich oder einem Nah-Infrarotbereich emittiert, wenn sie von einem Triplett-Anregungszustand in einen Grundzustand relaxiert. Das heißt, dass sich eine phosphoreszierende Substanz auf eine Verbindung bezieht, die die Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann.

[0029] Bei dieser Ausführungsform werden Verbindungen von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird durch die nachstehende allgemeine Formel (G1) dargestellt.

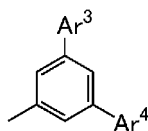
[Chemische Formel 6]



(G1)



(Z-1)

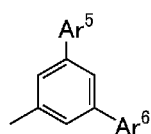
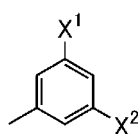
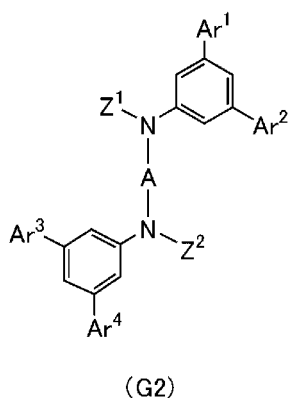


(Z-2)

[0030] Es sei angemerkt, dass in der allgemeinen Formel (G1) A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen darstellt und dass Z¹ bis Z³ jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch die allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-1) stellen X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar¹ bis Ar⁴ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁴ umfasst den gleichen Substituenten wie X¹.

[0031] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G2) dargestellt wird.

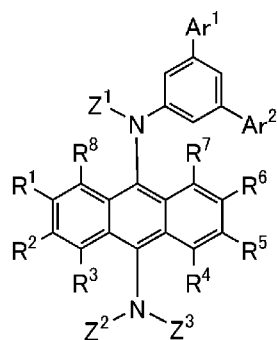
[Chemische Formel 7]



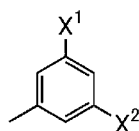
[0032] Es sei angemerkt, dass in der allgemeinen Formel (G2) A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen darstellt und dass Z¹ und Z² jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch die allgemeine Formel (Z-3) oder (Z-4) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-3) stellen X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar¹ bis Ar⁶ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁶ umfasst den gleichen Substituenten wie X¹.

[0033] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G3) dargestellt wird.

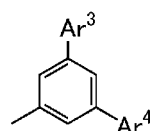
[Chemische Formel 8]



(G3)



(Z-1)

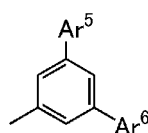
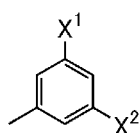
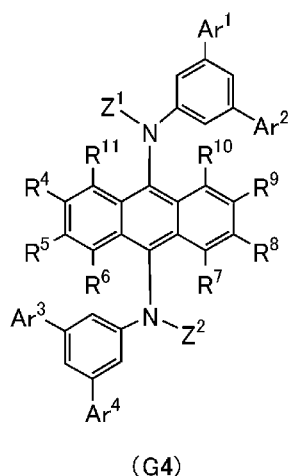


(Z-2)

[0034] Es sei angemerkt, dass in der allgemeinen Formel (G3) Z^1 bis Z^3 jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch die allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-1) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^4 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^4 umfasst den gleichen Substituenten wie X^1 oder X^2 . Ferner stellen R^1 bis R^8 jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen dar.

[0035] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Verbindung, die durch die nachstehende allgemeine Formel (G4) dargestellt wird.

[Chemische Formel 9]



[0036] Es sei angemerkt, dass in der allgemeinen Formel (G4) Z^1 und Z^2 jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch die allgemeine Formel (Z-3) oder (Z-4) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-3) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^6 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^6 umfasst den gleichen Substituenten wie X^1 oder X^2 . Ferner stellen R^4 bis R^{11} jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen dar.

[0037] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Material mit einer Funktion zum Umwandeln der Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission (eine fluoreszierende Substanz), und daher kann sie in Kombination mit einem Wirtsmaterial in einer Licht emittierenden Schicht einer Licht emittierenden Vorrichtung als Gastmaterial verwendet werden. Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist einen Luminophor, der zu einer Lichtemission beiträgt, und eine Schutzgruppe auf, die die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf die Verbindung durch den Dexter-Mechanismus verhindert. Der Luminophor der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein kondensierter aromatischer Ring oder ein kondensierter heteroaromatischer Ring. Die Aryl-Gruppen in zwei oder mehr Diarylamino-Gruppen in der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen jeweils mindestens zwei Schutzgruppen auf; insbesondere ist die Schutzgruppe eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen.

[0038] Es sei angemerkt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Struktur aufweist, bei der die zwei oder mehr Diarylamino-Gruppen mit den Schutzgruppen an den Luminophor in symmetrischen Positionen gebunden sind, wodurch die Quantenausbeute erhöht werden kann. Wenn die Diarylamino-Gruppen in der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten sind,

kann eine Zunahme des Molekulargewichts verhindert werden und kann eine Sublimationsfähigkeit aufrechterhalten werden.

[0039] In der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann, da die Schutzgruppe an die Aryl-Gruppe der Diarylamino-Gruppe, die an den Luminophor gebunden ist, gebunden ist, die Schutzgruppe angeordnet werden, um den Luminophor zu bedecken. Das Wirtsmaterial und der Luminophor können in einem derartigen Abstand voneinander entfernt werden, dass die Energieübertragung von dem Wirtsmaterial auf den Luminophor durch den Dexter-Mechanismus mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt.

[0040] Es sei angemerkt, dass in den allgemeinen Formeln (G1) und (G2) Beispiele für den kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen ein Phenanthren-Gerüst, ein Stilben-Gerüst, ein Acridon-Gerüst, ein Phenoxazin-Gerüst und ein Phenothiazin-Gerüst umfassen. Außerdem umfassen Beispiele dafür ein Naphthalen-Gerüst, ein Anthracen-Gerüst, ein Fluoren-Gerüst, ein Chrysen-Gerüst, ein Triphenylen-Gerüst, ein Tetracen-Gerüst, ein Pyren-Gerüst, ein Perylen-Gerüst, ein Cumarin-Gerüst, ein Chinacridon-Gerüst und ein Naphthobisbenzofuran-Gerüst, welche eine Fluoreszenzquantenausbeute erhöhen können.

[0041] Es sei angemerkt, dass in den allgemeinen Formeln (G1), (G2), (G3) und (G4) Beispiele für die aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen eine Phenyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe und eine Fluorenyl-Gruppe umfassen.

[0042] In den allgemeinen Formeln (G1), (G2), (G3) und (G4) umfassen spezifische Beispiele für die Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine sec-Butyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine Pentyl-Gruppe, eine Hexyl-Gruppe und eine Decanyl-Gruppe.

[0043] In den allgemeinen Formeln (G1), (G2), (G3) und (G4) umfassen spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen eine Cyclopropyl-Gruppe, eine Cyclobutyl-Gruppe und eine Cyclohexyl-Gruppe. In dem Fall, in dem die Cycloalkyl-Gruppe einen Substituenten aufweist, umfassen spezifische Beispiele für den Substituenten eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 7 Kohlenstoffatomen, wie z. B. eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine sec-Butyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine Pentyl-Gruppe oder eine Hexyl-Gruppe, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen, wie z. B. eine Cyclopentyl-Gruppe, eine Cyclohexyl-Gruppe, eine Cycloheptyl-Gruppe oder eine 8,9,10-Trinorbornanyl-Gruppe, und eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, wie z. B. eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe oder eine Biphenyl-Gruppe.

[0044] In den allgemeinen Formeln (G1), (G2), (G3) und (G4) umfassen spezifische Beispiele für die Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen eine Adamantyl-Gruppe, eine Bicyclo[2.2.1]heptyl-Gruppe, eine Tricyclo[5.2.1.0^{2,6}]decanyl-Gruppe, eine Noradamantyl-Gruppe und eine Bornyl-Gruppe.

[0045] In den allgemeinen Formeln (G1), (G2), (G3) und (G4) umfassen spezifische Beispiele für eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen eine Trimethylsilyl-Gruppe, eine Triethylsilyl-Gruppe und eine tert-Butyldimethylsilyl-Gruppe.

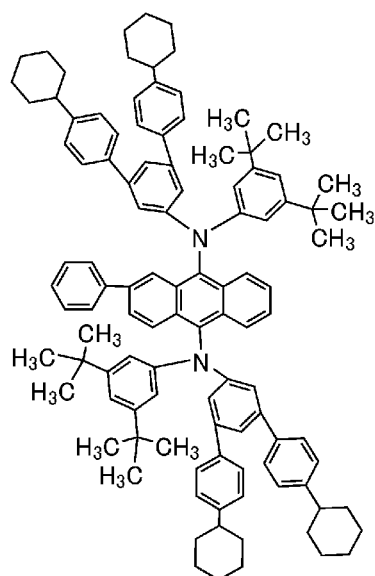
[0046] In dem Fall, in dem der kondensierte aromatische Ring, der kondensierte heteroaromatische Ring, die aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen oder die Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen einen Substituenten in den allgemeinen Formeln (G1), (G2), (G3) und (G4) aufweist, umfassen Beispiele für den Substituenten eine Alkyl-Gruppe mit 1 bis 7 Kohlenstoffatomen, wie z. B. eine Methyl-Gruppe, eine Ethyl-Gruppe, eine Propyl-Gruppe, eine Isopropyl-Gruppe, eine Butyl-Gruppe, eine Isobutyl-Gruppe, eine sec-Butyl-Gruppe, eine tert-Butyl-Gruppe, eine Pentyl-Gruppe oder eine Hexyl-Gruppe, eine Cycloalkyl-Gruppe mit 5 bis 7 Kohlenstoffatomen, wie z. B. eine Cyclopentyl-Gruppe, eine Cyclohexyl-Gruppe, eine Cycloheptyl-Gruppe oder eine 8,9,10-Trinorbornanyl-Gruppe, und eine Aryl-Gruppe mit 6 bis 12 Kohlenstoffatomen, wie z. B. eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe oder eine Biphenyl-Gruppe.

[0047] In der allgemeinen Formel (G3) oder (G4) umfassen spezifische Beispiele für die Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen eine Phenyl-Gruppe, eine Naphthyl-Gruppe, eine Biphenyl-Gruppe, eine Fluorenyl-Gruppe und eine Spirofluorenyl-Gruppe. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Aryl-Gruppe einen Substituenten aufweist, Beispiele für den Substituenten eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine

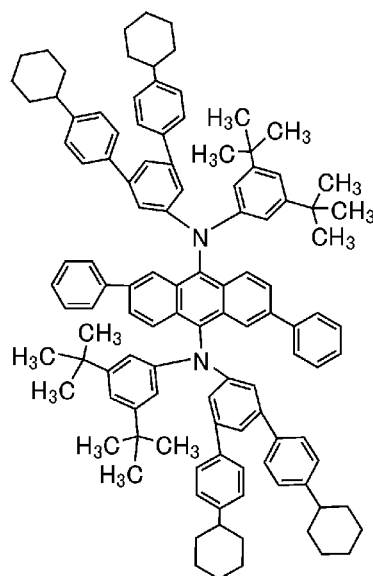
substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen und eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen umfassen.

[0048] Spezifische Beispiele für die Verbindungen, die durch die allgemeinen Formeln (G1) bis (G4) dargestellt werden, werden in den nachstehenden Strukturformeln (100) bis (131) gezeigt. Es sei angemerkt, dass spezifische Beispiele für die Verbindungen, die durch die allgemeinen Formeln (G1) bis (G4) dargestellt werden, nicht auf die nachstehend gezeigten Beispiele beschränkt sind.

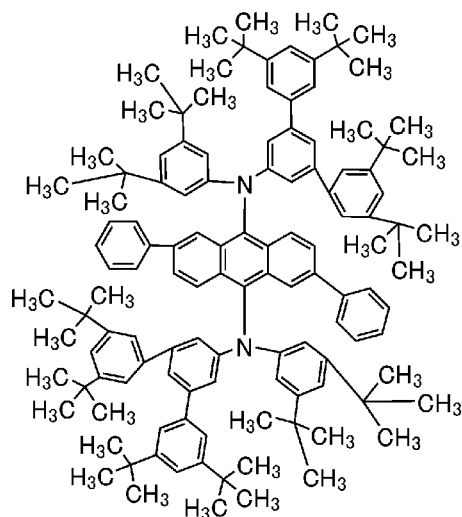
[Chemische Formel 10]



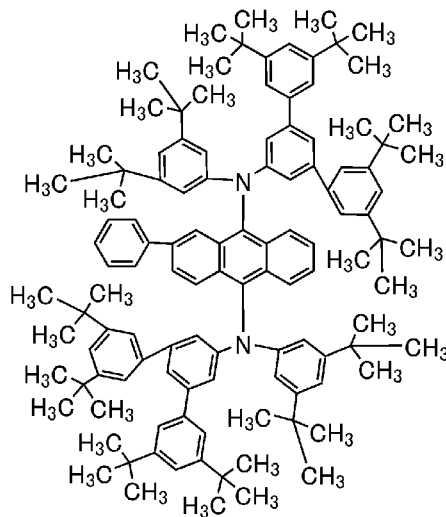
(100)



(101)

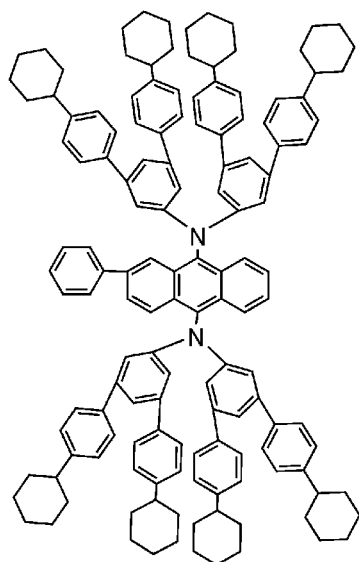


(102)

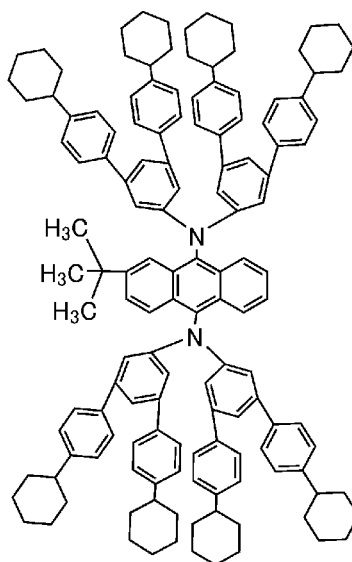


(103)

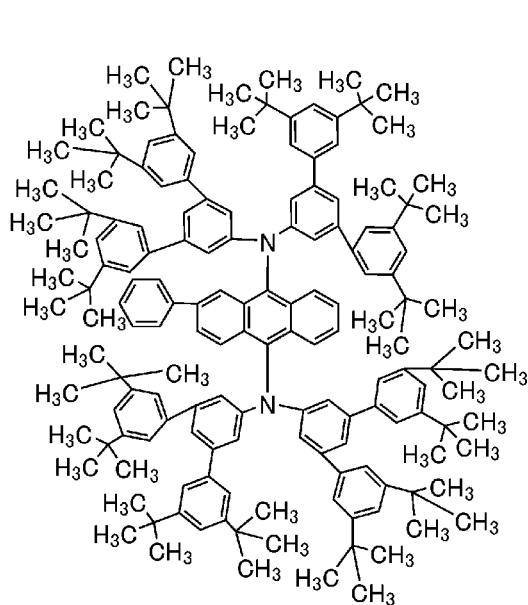
[Chemische Formel 11]



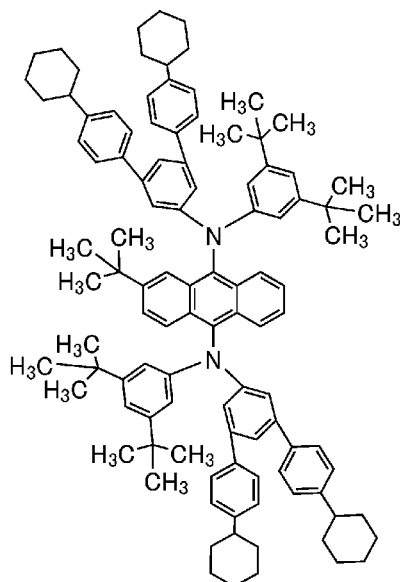
(104)



(105)

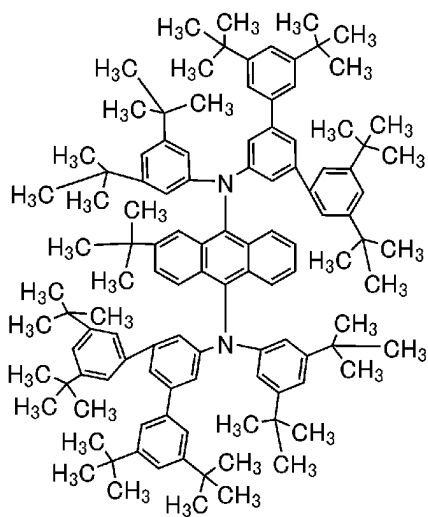


(106)

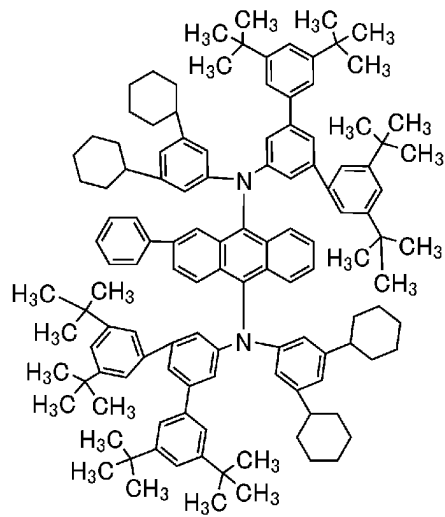


(107)

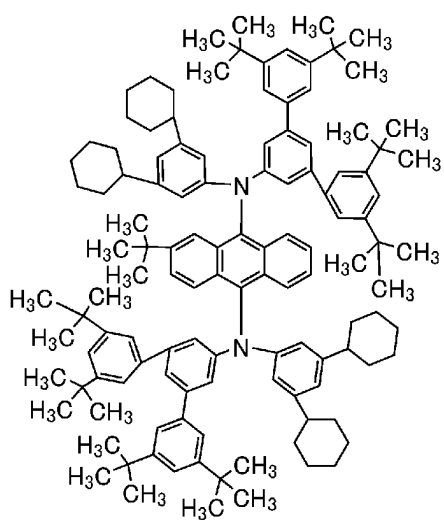
[Chemische Formel 12]



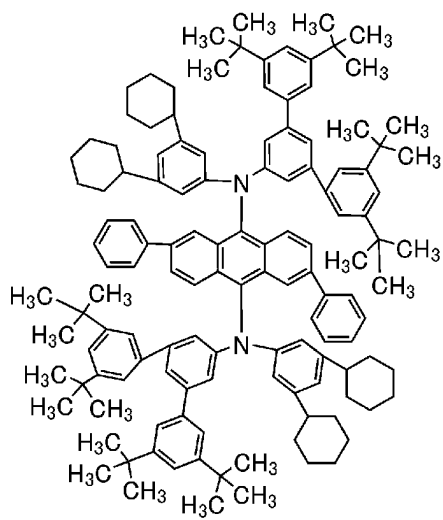
(108)



(109)



(110)

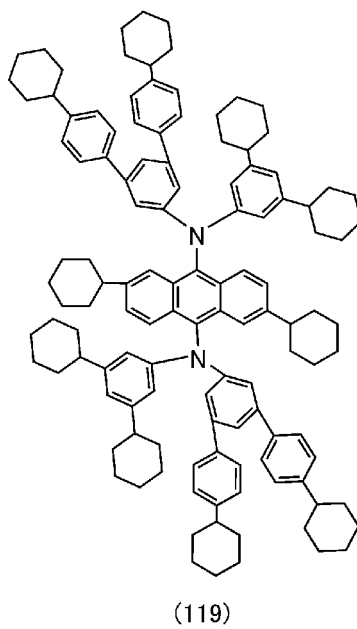
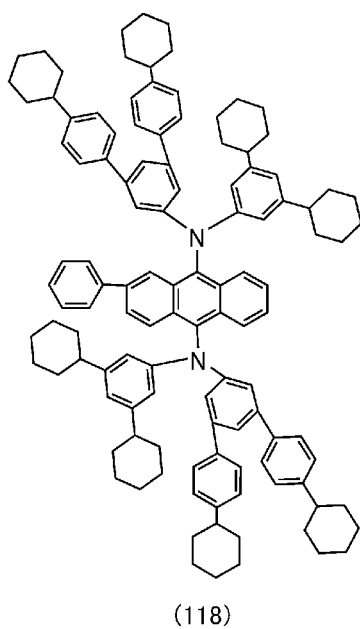
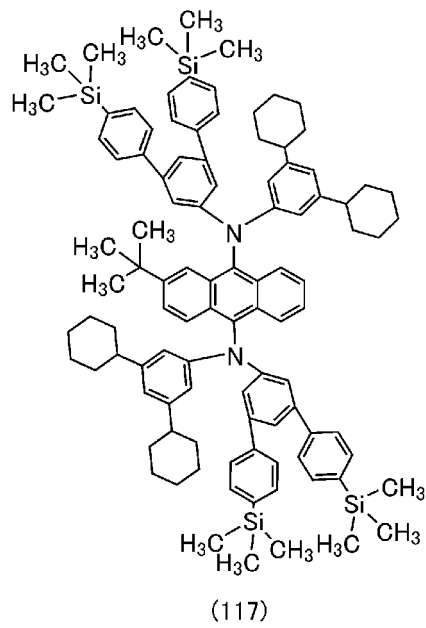
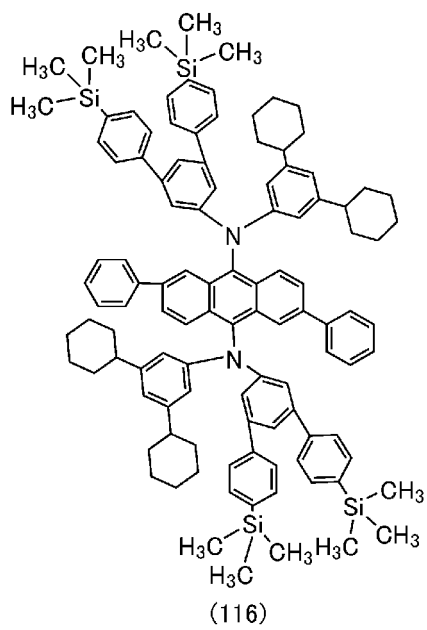


(111)

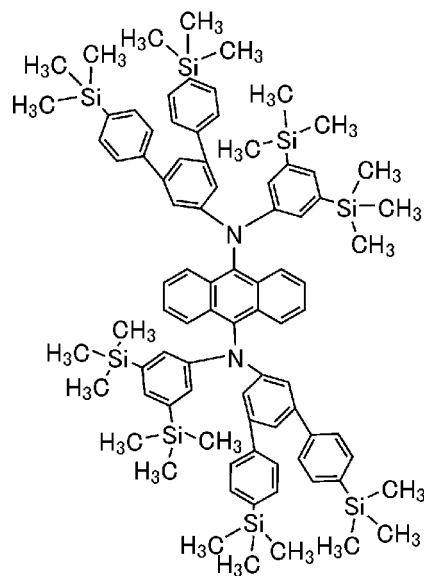
[Chemische Formel 13]



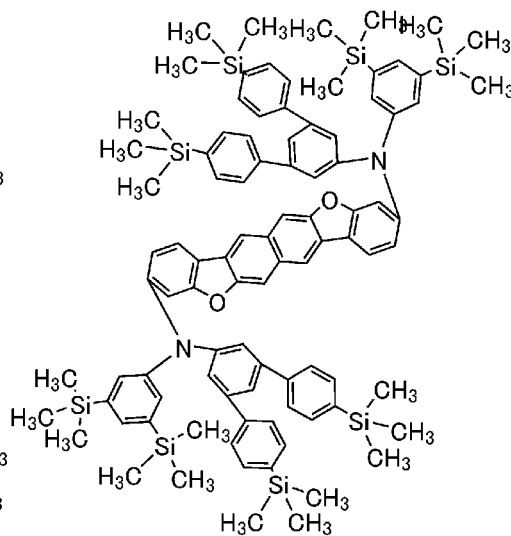
[Chemische Formel 14]



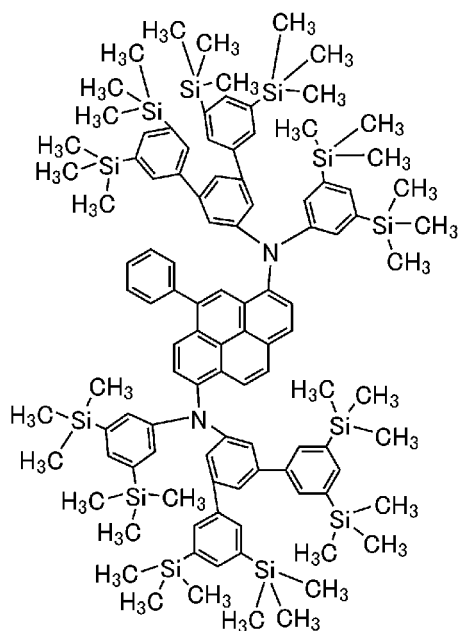
[Chemische Formel 15]



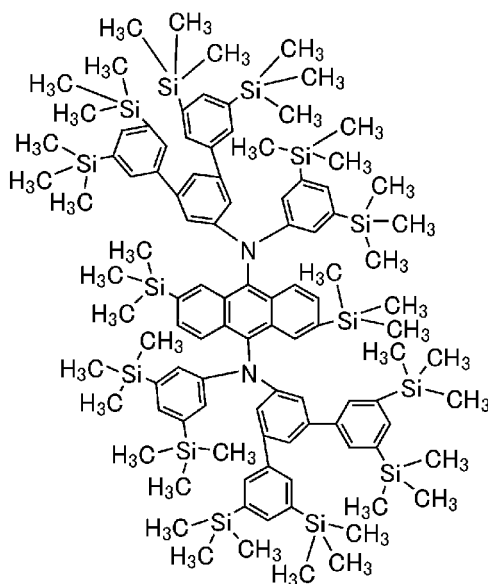
(120)



(121)

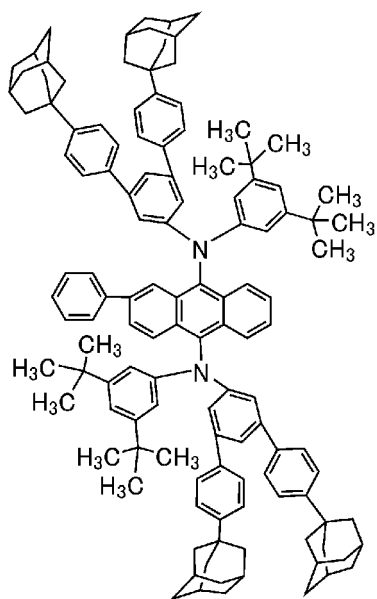


(122)

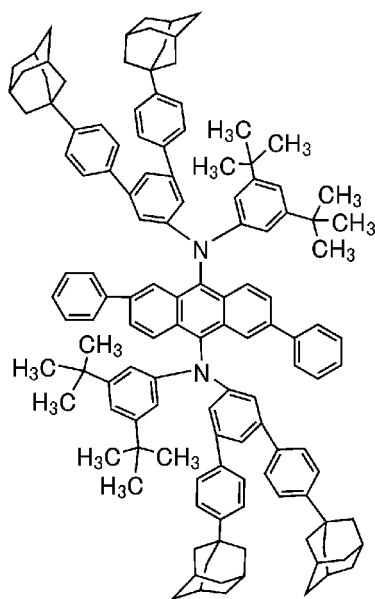


(123)

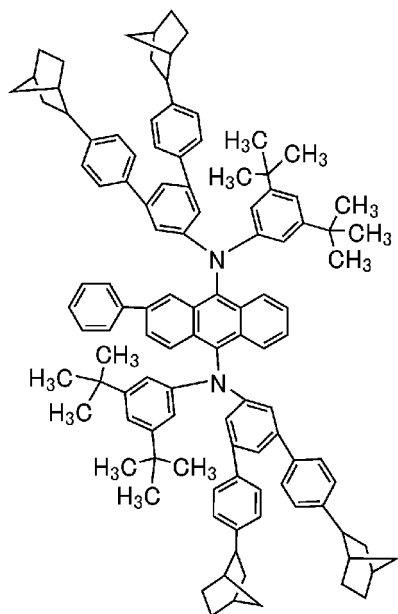
[Chemische Formel 16]



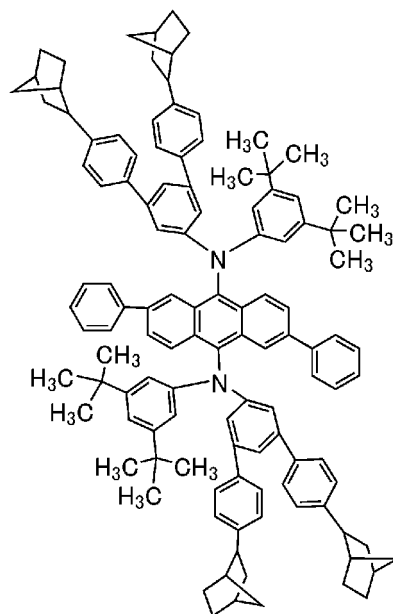
(124)



(125)

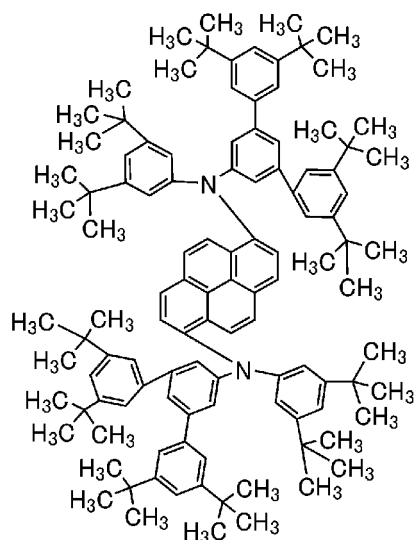


(126)

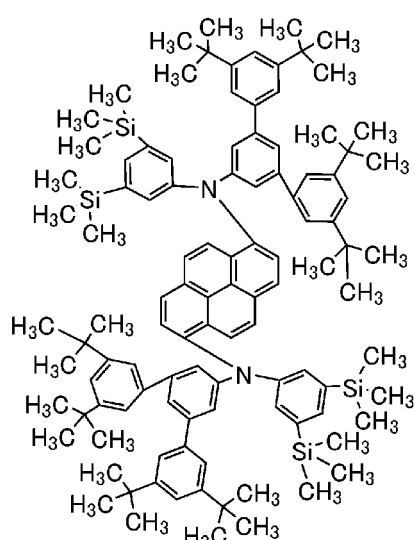


(127)

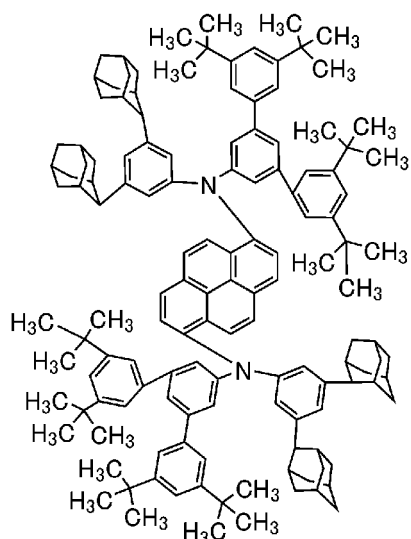
[Chemische Formel 17]



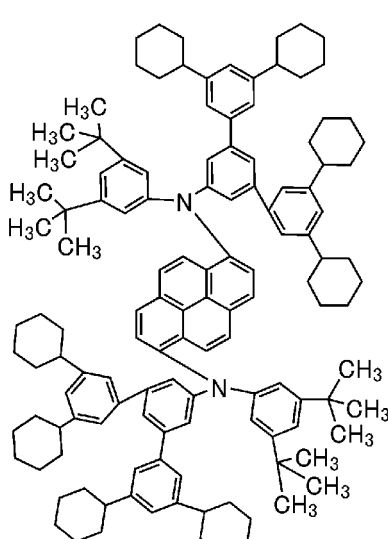
(128)



(129)



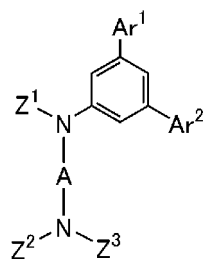
(130)



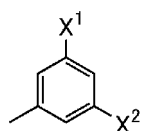
(131)

[0049] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Synthetisieren der Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, beschrieben.

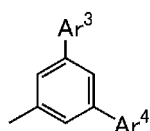
[Chemische Formel 18]



(G1)



(Z-1)



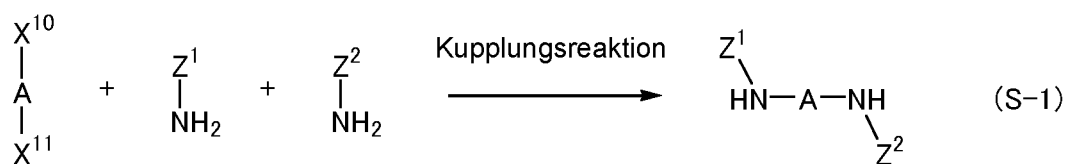
(Z-2)

[0050] In der allgemeinen Formel (G1) stellt A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen dar, und Z^1 bis Z^3 weisen jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-1) stellen X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar^1 bis Ar^4 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar^1 bis Ar^4 umfasst den gleichen Substituenten wie X^1 oder X^2 .

[0051] Die Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, kann beispielsweise durch ein Verfahren, das in den nachstehenden Syntheschemas (S-1) und (S-2) gezeigt wird, synthetisiert werden.

[0052] Zuerst werden eine Verbindung 1, eine Verbindung 2 (Anilin-Verbindung) und eine Verbindung 3 (Anilin-Verbindung) gekoppelt, wodurch eine Verbindung 4 (Diamin-Verbindung) erhalten wird (Syntheschema (S-1)).

[Chemische Formel 19]

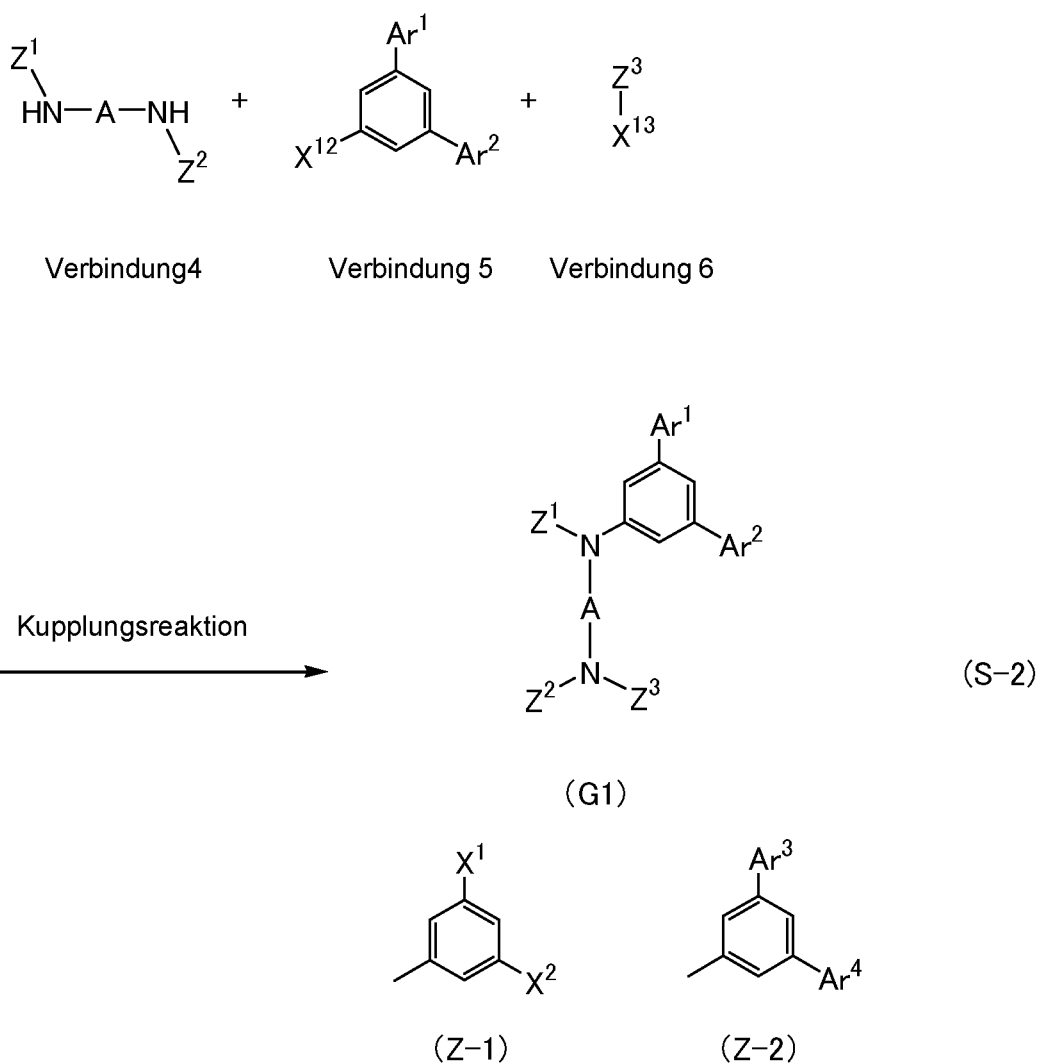


Verbindung 1 Verbindung 2 Verbindung 3

Verbindung 4

[0053] Als Nächstes werden die Verbindung 4 (Diamin-Verbindung), eine Verbindung 5 (halogeniertes Aryl) und eine Verbindung 6 (halogeniertes Aryl) gekoppelt, wodurch die Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, erhalten wird (Syntheschema (S-2)).

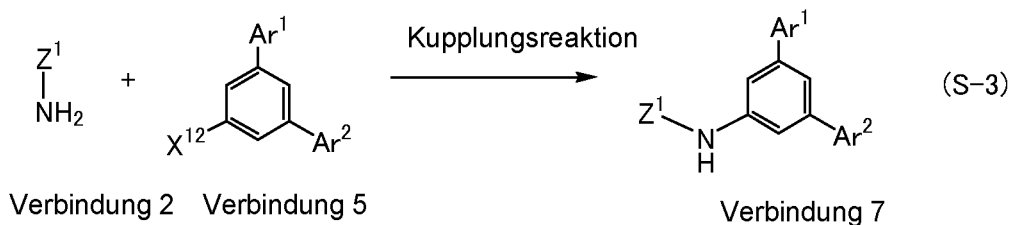
[Chemische Formel 20]



[0054] Die Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, kann auch durch ein Verfahren, das in den nachstehenden Syntheschemas (S-3), (S-4) und (S-5) gezeigt wird, synthetisiert werden.

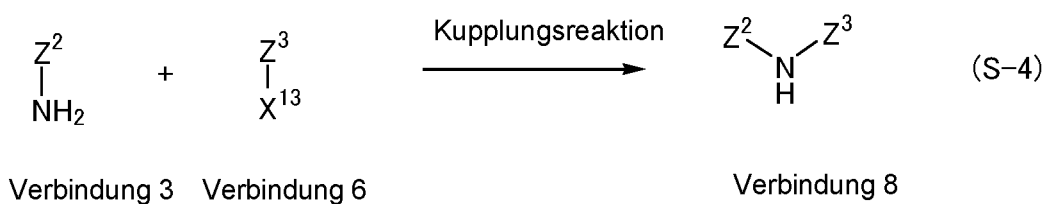
[0055] Zuerst werden die Verbindung 2 (Anilin-Verbindung) und die Verbindung 5 (halogeniertes Aryl) gekoppelt, wodurch eine Verbindung 7 (Amin-Verbindung) erhalten wird (Syntheschema (S-3)).

[Chemische Formel 21]



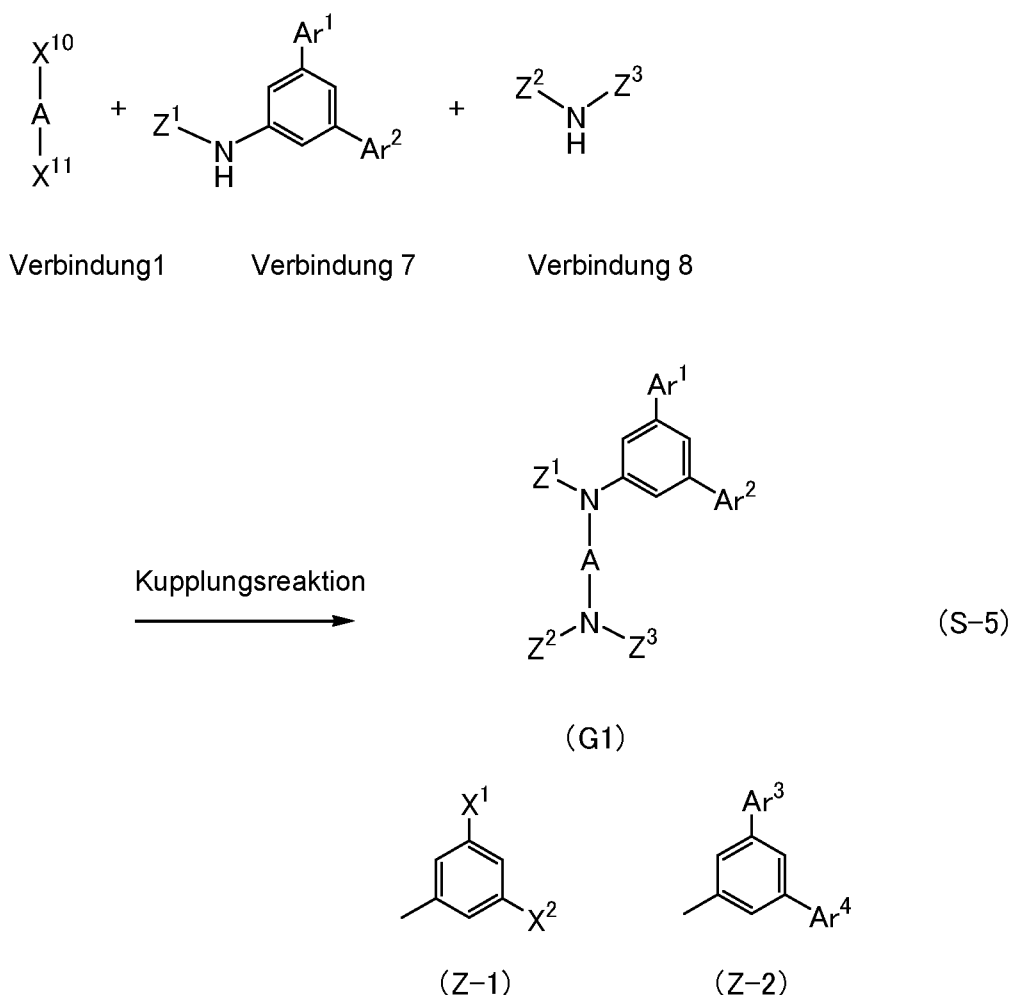
[0056] Die Verbindung 3 (Anilin-Verbindung) und die Verbindung 6 (halogeniertes Aryl) werden gekoppelt, wodurch eine Verbindung 8 (Amin-Verbindung) erhalten wird (Syntheschema (S-4)).

[Chemische Formel 22]



[0057] Als Nächstes werden die Verbindung 1, die Verbindung 7 (Amin-Verbindung) und die Verbindung 8 (Amin-Verbindung) gekoppelt, wodurch die Verbindung, die durch die allgemeine Formel (G1) dargestellt wird, erhalten wird (Syntheschema (S-5)).

[Chemische Formel 23]



[0058] In den Syntheschemas (S-1) bis (S-5) stellt A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen dar, und Z¹ bis Z³ weisen jeweils unabhängig voneinander eine Struktur auf, die durch die allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird. In der allgemeinen Formel (Z-1) stellen X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-

Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen dar. Außerdem stellen Ar¹ bis Ar⁴ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen dar, und mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁴ umfasst den gleichen Substituenten wie X¹ oder X². Beispiele für den kondensierten aromatischen Ring oder den kondensierten heteroaromatischen Ring umfassen Chrysen, Phenanthren, Stilben, Acridon, Phenoxazin, Phenothiazin, Pyren, Cumarin, Chinacridon, Perylen, Tetracen und Naphthobisbenzofuran; insbesondere wird Anthracen bevorzugt.

[0059] In dem Fall, in dem eine Buchwald-Hartwig-Reaktion unter Verwendung eines Palladiumkatalysators in den Syntheschemas (S-1) bis (S-5) angewendet wird, stellen X¹⁰ bis X¹³ jeweils eine Halogen-Gruppe oder eine Triflat-Gruppe dar. Als Halogen wird Jod, Brom oder Chlor bevorzugt. Bei der Reaktion können eine Palladium-Verbindung, wie z. B. Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) oder Palladium(II)-acetat, und ein Ligand, wie z. B. Tri(tert-butyl)phosphin, Tri(n-hexyl)phosphin, Tricyclohexylphosphin, Di(1-adamantyl)-n-butylphosphin oder 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl, verwendet werden. Außerdem kann eine organische Base, wie z. B. Natrium-tert-butoxid, eine anorganische Base, wie z. B. Kaliumcarbonat, Cäsiumcarbonat oder Natriumcarbonat, oder dergleichen verwendet werden. Ferner kann als Lösungsmittel Toluol, Xylol, Benzol, Tetrahydrofuran, Dioxan oder dergleichen verwendet werden. Reagenzien, die bei der Reaktion verwendet werden können, sind nicht darauf beschränkt.

[0060] Die Reaktion, die in den Syntheschemas (S-1) bis (S-5) angewendet wird, ist nicht auf die Buchwald-Hartwig-Reaktion beschränkt. Eine Migita-Kosugi-Stille-Kupplungsreaktion unter Verwendung einer Organozinnverbindung, eine Kupplungsreaktion unter Verwendung eines Grignard-Reagenzes, eine Ullmann-Reaktion unter Verwendung von Kupfer oder einer Kupferverbindung oder dergleichen kann verwendet werden.

[0061] In dem Fall, in dem die Verbindung 2 und die Verbindung 3 in dem Syntheschema (S-1) unterschiedliche Strukturen aufweisen, wird es bevorzugt, dass die Verbindung 1 und die Verbindung 2 zuerst reagieren, um ein Kopplungsprodukt zu bilden, und dann das Kopplungsprodukt und die Verbindung 3 reagieren. In dem Fall, in dem die Verbindung 1 mit der Verbindung 2 und mit der Verbindung 3 in unterschiedlichen Phasen reagiert, wird es bevorzugt, dass die Verbindung 1 eine Dihalogen-Verbindung ist und dass X¹⁰ und X¹¹ unterschiedliche Halogene sind und selektiv nacheinander Aminierungsreaktionen unterzogen werden.

[0062] In dem Syntheschema (S-2) wird es ferner bevorzugt, dass die Verbindung 4 und die Verbindung 5 zuerst reagieren, um ein Kopplungsprodukt zu bilden, und dann das Kopplungsprodukt und die Verbindung 6 reagieren.

[0063] In dem Syntheschema (S-5) wird es bevorzugt, dass die Verbindung 1 und die Verbindung 7 zuerst reagieren, um ein Kopplungsprodukt zu bilden, und dann das Kopplungsprodukt und die Verbindung 8 reagieren.

[0064] Die Verfahren zum Synthetisieren der Verbindungen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden vorstehend beschrieben; jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt und ein weiteres Syntheseverfahren kann zum Einsatz kommen.

(Ausführungsform 2)

[0065] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für Licht emittierende Vorrichtungen, für die eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorzugsweise verwendet wird, beschrieben. Wie in **Fig. 1A** dargestellt, weist die Licht emittierende Vorrichtung eine Struktur auf, bei der eine EL-Schicht **103** zwischen einem Paar von Elektroden, einer ersten Elektrode **101** (entsprechend einer Anode in **Fig. 1A**) und einer zweiten Elektrode **102** (entsprechend einer Kathode in **Fig. 1A**), angeordnet ist. Die EL-Schicht **103** beinhaltet mindestens eine Licht emittierende Schicht **113**. Außerdem können Funktionsschichten, wie z. B. eine Lochinjektionsschicht **111**, eine Lochtransportschicht **112**, eine Elektronentransportschicht **114** und eine Elektroneninjectionsschicht **115**, bereitgestellt werden.

[0066] Die Licht emittierende Schicht **113** enthält eine Licht emittierende Substanz (ein Gastmaterial) und ein Wirtsmaterial. Bei der Licht emittierenden Vorrichtung bewirkt das Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden die Injektion von Elektronen und Löchern von der Kathode bzw. der Anode in die EL-Schicht **103**; somit fließt ein Strom. Dabei werden dann, wenn Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in der Licht emittierenden Schicht **113** rekombinieren, Exzitonen erzeugt und die Anregungsenergie der Exzitonen wird in eine Lichtemission umgewandelt, wodurch eine Lichtemission von der Licht emittierenden Vorrichtung erhalten werden kann. Es sei angemerkt, dass, wie in **Fig. 1B** dargestellt, die Licht emittierende Schicht **113**

dieser Ausführungsform eine Verbindung **132**, die ein Energieakzeptor ist und als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient, und eine Verbindung **131** enthält, die ein Energiedonator ist und als Wirtsmaterial dient. Bei dieser Ausführungsform wird der Fall beschrieben, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht **113** eine Vielzahl von Verbindungen enthalten kann, die als Wirtsmaterial dienen.

[0067] In Bezug auf die Exzitonen, die durch die Ladungsträgerrekombination erzeugt werden, beträgt der Anteil der Erzeugung von Singulett-Exzitonen 25 %, und der Anteil der Erzeugung von Triplett-Exzitonen beträgt 75 %. Daher ist es vorzuziehen, dass nicht nur Singulett-Exzitonen, sondern auch Triplett-Exzitonen einen Beitrag zur Lichtemission leisten, um die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung zu verbessern. Hier wird das Konzept der Energieübertragung, die zwischen dem Gastmaterial und dem Wirtsmaterial in der Licht emittierenden Schicht **113** auftritt, anhand von **Fig. 2A** und **Fig. 2B** beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig. 2A** eine Struktur eines allgemeinen Gastmaterials (einer fluoreszierenden Substanz) und ein Konzept der Energieübertragung zwischen dem Gastmaterial und dem Wirtsmaterial bei der Verwendung des allgemeinen Gastmaterials darstellt. **Fig. 2B** stellt eine Struktur der Verbindung **132** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und ein Konzept der Energieübertragung zwischen dem Gastmaterial und dem Wirtsmaterial bei der Verwendung der Verbindung **132** als Gastmaterial dar.

[0068] **Fig. 2A** stellt einen Zustand dar, in dem die Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient, und eine fluoreszierende Substanz **124**, die als Gastmaterial dient, vorhanden sind. Es sei angemerkt, dass die fluoreszierende Substanz **124** eine allgemeine fluoreszierende Substanz ist und einen Luminophor **124a**, jedoch keine Schutzgruppe beinhaltet.

[0069] **Fig. 2B** stellt einen Zustand dar, in dem die Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient, und die Verbindung (fluoreszierende Substanz) **132**, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, vorhanden sind. Es sei angemerkt, dass die Verbindung **132** eine fluoreszierende Substanz ist, die als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Vorrichtung dient, und einen Luminophor **132a** und eine Schutzgruppe **132b** beinhaltet. Es sei angemerkt, dass die Schutzgruppe **132b** eine Funktion zum Entfernen des Luminophors **132a** und der Verbindung (des Wirtsmaterials) **131** in einem derartigen Abstand voneinander auf, dass die Energieübertragung von der Verbindung (dem Wirtsmaterial) **131** auf den Luminophor **132a** durch den Dexter-Mechanismus mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt.

[0070] In der Licht emittierenden Schicht **113** liegen, wie in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** dargestellt, die Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient, sowie die fluoreszierende Substanz **124** und die Verbindung (fluoreszierende Substanz) **132**, die als Gastmaterialien dienen, nahe beieinander. Wie in **Fig. 2A** dargestellt, ist der Abstand zwischen dem Luminophor **124a** und der Verbindung **131** kurz, wenn die fluoreszierende Substanz **124** keine Schutzgruppe beinhaltet, und daher können als Energieübertragung von der Verbindung **131** auf die fluoreszierende Substanz **124** sowohl die Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus (Route A_6 in **Fig. 2A**) als auch die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus (Route A_7 in **Fig. 2A**) auftreten. In dem Fall, in dem das Gastmaterial ein fluoreszierendes Material ist, wird selbst dann, wenn die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus auftritt und der Triplett-Anregungszustand des Gastmaterials erzeugt wird, ein nichtstrahlender Zerfall der Triplett-Anregungsenergie verursacht, was ein Faktor einer Verringerung der Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung sein könnte.

[0071] Im Gegensatz dazu kann in **Fig. 2B** der Abstand zwischen dem Luminophor **132a** und der Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient, lang sein, da die Verbindung (fluoreszierende Substanz) **132**, die als Gastmaterial dient, die Schutzgruppe **132b** beinhaltet. Dadurch kann die Energieübertragung (Route A_7) durch den Dexter-Mechanismus verhindert werden.

[0072] Hier werden der Luminophor **124a** in der fluoreszierenden Substanz **124** in **Fig. 2A** und der Luminophor **132a** in der Verbindung (fluoreszierenden Substanz) **132** in **Fig. 2B** beschrieben. Der Luminophor (**124a**, **132a**) bezeichnet eine Atomgruppe (ein Gerüst), die in einer fluoreszierenden Substanz eine Lichtemission erzeugt. Der Luminophor (**124a**, **132a**) weist im Allgemeinen eine π -Bindung auf und umfasst bevorzugt einen aromatischen Ring, stärker bevorzugt einen kondensierten aromatischen Ring oder einen kondensierten heteroaromatischen Ring. Beispiele für den kondensierten aromatischen Ring oder den kondensierten heteroaromatischen Ring in dem Luminophor (**124a**, **132a**) umfassen ein Phenanthren-Gerüst, ein Stilben-Gerüst, ein Acridon-Gerüst, ein Phenoxazin-Gerüst und ein Phenothiazin-Gerüst. Spezifische Beispiele umfassen ein Naphthalen-Gerüst, ein Anthracen-Gerüst, ein Fluoren-Gerüst, ein Chrysen-Gerüst, ein Triphenylen-Gerüst, ein Tetracen-Gerüst, ein Pyren-Gerüst, ein Perylen-Gerüst, ein Cumarin-Gerüst, ein Chinacridon-Gerüst und

ein Naphthobisbenzofuran-Gerüst. Es sei angemerkt, dass ein Anthracen-Gerüst als Luminophor **132a**, der in der Verbindung **132** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist, besonders bevorzugt wird.

[0073] Die Schutzgruppe **132b** in der Verbindung (fluoreszierenden Substanz) **132** in **Fig. 2B** weist vorzugsweise ein höheres T1 -Niveau auf als der Luminophor **132a** und die Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient. Es sei angemerkt, dass spezifische Beispiele für die Schutzgruppe **132b** der Verbindung **132**, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen und eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen umfassen. Die vorstehend beschriebene Schutzgruppe **132b** führt zu einer voluminösen Struktur; demzufolge kann der Abstand zwischen dem Luminophor **132a** der Verbindung **132**, die als Gastmaterial dient, und der Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient, lang sein.

[0074] Als Nächstes wird eine Struktur der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

<Strukturbeispiel 1 der Licht emittierenden Schicht>

[0075] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung **131**, die als Wirtsmaterial dient, und die Verbindung **132** beinhaltet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Ein TADF-Material wird als Verbindung **131** verwendet, und eine fluoreszierende Substanz wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Daher ist es vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. **Fig. 3A** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Das Folgende erläutert, was die Begriffe und Zeichen in **Fig. 3A** darstellen:

Wirt (**131**): die Verbindung **131**;

Gast (**132**): die Verbindung **132**;

T_{C1}: das T1-Niveau der Verbindung **131**;

S_{C1}: das S1-Niveau der Verbindung **131**;

S_G: das S1-Niveau der Verbindung **132**; und

T_G: das T1-Niveau der Verbindung **132**.

[0076] In diesem Strukturbeispiel ist die Verbindung **131** ein TADF-Material, und daher weist sie eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie durch Aufwärtswandlung auf (Route A₁ in **Fig. 3A**). Die Singulett-Anregungsenergie der Verbindung **131** wird schnell auf die Verbindung **132** übertragen (Route A₂ in **Fig. 3A**). Dabei ist die bevorzugte Beziehung zwischen dem S_{C1} der Verbindung **131** und dem S_G der Verbindung **132** S_{C1} ≥ S_G. Es sei angemerkt, dass das S_{C1} die Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Fluoreszenzspektrum der Verbindung **131** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und dass das S_G die Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist.

[0077] Wie vorstehend beschrieben, kann, indem die Triplett-Anregungsenergie, die in der Verbindung **131** erzeugt wird, durch die Route A₁ und die Route A₂ auf das S1-Niveau der Verbindung **132**, die als Gastmaterial dient, übertragen wird, die Verbindung **132** effizient Licht emittieren, und die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung kann erhöht werden. In der Route A₂ dient die Verbindung **131** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie, die in der Verbindung **131** erzeugt wird, auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A₃ in **Fig. 3A**), konkurrieren könnten. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A₃) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0078] Als Mechanismen der intermolekularen Energieübertragung sind im Allgemeinen der Förster-Mechanismus (Dipol-Dipol-Wechselwirkung) und der Dexter-Mechanismus (Elektronenaustausch-Wechselwirkung) bekannt. Der Dexter-Mechanismus wird dominant erzeugt, wenn der Abstand zwischen der Verbindung, die

als Energiedonor dient, und der Verbindung, die als Energieakzeptor dient, 1 nm oder kleiner ist. Wenn die Konzentration der Verbindung, die als Energieakzeptor dient, erhöht wird, ist es daher wahrscheinlich, dass der Dexter-Mechanismus erzeugt wird. Demzufolge sind, wenn wie in diesem Strukturbeispiel die Verbindung **132**, die als Energieakzeptor dient, ein fluoreszierendes Material mit niedrigem Triplett-Anregungsenergieniveau ist und die Konzentration der Verbindung **132** hoch ist, in Bezug auf die Triplett-Anregungsenergie der Verbindung **131**, die als Energiedonor dient, die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus durch die Route A_3 sowie der nichtstrahlende Zerfall der Triplett-Anregungsenergie nach der Energieübertragung dominant. Um die Energieübertragung durch die Route A_3 zu unterdrücken, ist es daher wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **131** und der Verbindung **132** lang genug ist, um die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus nicht zu verursachen.

[0079] Das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132**, die als Energieakzeptor dient, stammt in vielen Fällen von dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist. Daher ist es wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **131** und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, vergrößert wird, um die Energieübertragung durch die Route A_3 in der Licht emittierenden Schicht **113** zu unterdrücken.

[0080] Als allgemeines Beispiel für ein Verfahren zur Vergrößerung des Abstands zwischen einem Energiedonor und einem Luminophor, der in einem Energieakzeptor enthalten ist, wird eine Verringerung der Konzentration des Energieakzeptors in dem Mischfilm angegeben. Jedoch unterdrückt eine Verringerung der Konzentration des Energieakzeptors nicht nur die Energieübertragung auf der Grundlage des Dexter-Mechanismus von dem Energiedonor auf den Energieakzeptor, sondern auch die Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus. In diesem Fall werden die Emissionseffizienz und die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verringert, da die Route A_2 auf dem Förster-Mechanismus basiert. Im Gegensatz dazu beinhaltet die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonor und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **132** und der Verbindung **131** lang sein. Wenn der Abstand zwischen dem Energiedonor und dem Energieakzeptor kleiner als oder gleich 1 nm ist, ist der Dexter-Mechanismus dominant. Wenn der Abstand größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm ist, ist der Förster-Mechanismus dominant. Aus diesem Grund ist die Schutzgruppe vorzugsweise ein voluminöser Substituent, der sich im Bereich von 1 nm bis 10 nm von dem Luminophor erstreckt. Als Schutzgruppe in der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die vorstehend beschriebene Schutzgruppe vorzugsweise verwendet. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** kann selbst dann, wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird, die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt wird. Mit anderen Worten: Die Übertragung der Singulett-Anregungsenergie (Route A_2) von dem S1-Niveau (S_{C1}) der Verbindung **131** auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** tritt mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_3 : Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von der Verbindung **131** auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_3 unterdrückt werden kann. Indem die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht wird, wird die Anregungslebensdauer des Energieakzeptors in der Licht emittierenden Schicht verkürzt, wodurch die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden kann. Insbesondere ist die Konzentration der Verbindung **132** in der Licht emittierenden Schicht **113** in Bezug auf die Verbindung **131**, die als Energiedonor dient, vorzugsweise größer als oder gleich 2 Gew.-% und kleiner als oder gleich 50 Gew.-%, stärker bevorzugt größer als oder gleich 5 Gew.-% und kleiner als oder gleich 30 Gew.-%, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 5 Gew.-% und kleiner als oder gleich 20 Gew.-%.

<Strukturbeispiel 2 der Licht emittierenden Schicht>

[0081] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung **131**, die Verbindung **132** und eine Verbindung **133** beinhaltet. Eine Kombination aus der Verbindung **131** und der Verbindung **133** bildet einen Exciplex. Eine fluoreszierende Substanz (ExEF) wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Daher ist es vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. **Fig. 3B** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in

der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Das Folgende erläutert, was die Begriffe und Zeichen in **Fig. 3B** darstellen:

- Comp (**131**): die Verbindung **131**;
- Comp (**133**): die Verbindung **133**;
- Gast (**132**): die Verbindung **132**;
- S_{C1} : das S1-Niveau der Verbindung **131**;
- T_{C1} : das T1-Niveau der Verbindung **131**;
- S_{C3} : das T1-Niveau der Verbindung **133**;
- T_{C3} : das T1-Niveau der Verbindung **133**;
- S_G : das S1-Niveau der Verbindung **132**;
- T_G : das T1-Niveau der Verbindung **132**;
- S_E : das S1-Niveau des Exciplexes; und
- T_E : das T1-Niveau des Exciplexes.

[0082] Obwohl eine beliebige Kombination der Verbindung **131** und der Verbindung **133**, die einen Exciplex bilden kann, akzeptabel ist, handelt es sich vorzugsweise bei einer von ihnen um eine Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und bei der anderen um eine Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft. In diesem Fall wird ein Donator-Akzeptor-Exciplex leicht gebildet; somit kann ein Exciplex effizient gebildet werden. Wenn die Verbindungen **131** und **133** eine Kombination einer Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und einer Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft sind, kann das Ladungsträgergleichgewicht in Abhängigkeit von dem Mischverhältnis leicht gesteuert werden. Insbesondere liegt das Gewichtsverhältnis von der Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft zu der Verbindung mit einer Elektronentransporteigenschaft vorzugsweise innerhalb eines Bereichs von 1:9 bis 9:1. Da das Ladungsträgergleichgewicht leicht durch die vorstehende Zusammensetzung gesteuert werden kann, kann ein Ladungsträgerrekombinationsbereich ebenfalls leicht gesteuert werden.

[0083] Für die Kombination der Wirtsmaterialien zur effizienten Bildung eines Exciplexes wird vorzugsweise das Folgende erfüllt: Das HOMO-Niveau einer der Verbindungen **131** und **133** ist höher als dasjenige der anderen Verbindung, und das LUMO-Niveau der einen der Verbindungen ist höher als dasjenige der anderen Verbindung. Es sei angemerkt, dass das HOMO-Niveau der Verbindung **131** gleich demjenigen der Verbindung **133** sein kann oder das LUMO-Niveau der Verbindung **131** gleich demjenigen der Verbindung **133** sein kann.

[0084] Es sei angemerkt, dass die LUMO-Niveaus und die HOMO-Niveaus der Verbindungen von den elektrochemischen Eigenschaften (den Reduktionspotentialen und den Oxidationspotentialen) der Verbindungen erhalten werden können, die durch Cyclovoltammetrie (cyclic voltammetry, CV) gemessen werden.

[0085] Wie in **Fig. 3B** dargestellt, handelt es sich bei dem S1-Niveau (S_E) und dem T1-Niveau (T_E) des Exciplexes, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, um Energieniveaus, die nahe beieinander liegen (siehe Route A_6 in **Fig. 3B**).

[0086] Da die Anregungsenergieniveaus (S_E und T_E) des Exciplexes niedriger als die S1-Niveaus (S_{C1} und S_{C3}) der Substanzen (der Verbindungen **131** und **133**) sind, die den Exciplex bilden, kann ein Anregungszustand mit niedrigerer Anregungsenergie gebildet werden. Demzufolge kann die Betriebsspannung der Licht emittierenden Vorrichtung verringert werden.

[0087] Da das S1-Niveau (S_E) und das T1-Niveau (T_E) des Exciplexes nahe beieinander liegen, tritt das umgekehrte Intersystem-Crossing leicht auf; der Exciplex weist eine TADF-Eigenschaft auf. Daher weist der Exciplex eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie durch Aufwärtswandlung auf (Route A_7 in **Fig. 3B**). Die Singulett-Anregungsenergie des Exciplexes kann schnell auf die Verbindung **132** übertragen werden (Route A_8 in **Fig. 3B**). Zu diesem Zeitpunkt wird $S_E \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt. In der Route A_8 dient der Exciplex als Energiedonator, und die Verbindung **132** dient als Energieakzeptor. Insbesondere wird $S_E \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, wenn S_E die Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Fluoreszenzspektrum des Exciplexes an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und S_G die Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist.

[0088] Um die TADF-Eigenschaft zu verbessern, sind vorzugsweise die T1-Niveaus der beiden Verbindungen **131** und **133**, d. h. T_{C1} und T_{C3} , höher als oder gleich T_E . Als Index für solche T_{C1} und T_{C3} sind die Emissionspeakwellenlängen der Phosphoreszenzspektren der Verbindungen **131** und **133** auf der Seite der kürzesten Wellenlänge jeweils vorzugsweise kleiner als oder gleich der maximalen Emissionspeakwellenlänge des Exciplexes. Wenn das Niveau der Energie mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das Fluoreszenzspektrum des Exciplexes an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, S_E ist, das Niveau der Energie mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das Phosphoreszenzspektrum der Verbindung **131** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, T_{C1} ist und das Niveau der Energie mit einer Wellenlänge der Linie, die durch Extrapolation einer Tangente an das Phosphoreszenzspektrum der Verbindung **133** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, T_{C3} ist, werden $S_E - T_{C1} \leq 0,2 \text{ eV}$ und $S_E - T_{C3} \leq 0,2 \text{ eV}$ vorzugsweise erfüllt.

[0089] Die Triplett-Anregungsenergie, die in der Licht emittierenden Schicht **113** erzeugt wird, wird durch die Route A_6 und die Route A_8 auf das S1-Niveau der Verbindung **132**, die als Gastmaterial dient, übertragen, wodurch die Verbindung **132** Licht emittieren kann. Daher kann, indem eine Kombination von Materialien, die einen Exciplex bildet, in der Licht emittierenden Schicht **113** verwendet wird, die Emissionseffizienz der fluoreszierenden Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden. Jedoch könnten die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie, die in der Licht emittierenden Schicht **113** erzeugt wird, auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A_9 in **Fig. 3B**), konkurrieren. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A_9) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0090] Um eine derartige Energieübertragung (Route A_9 in **Fig. 3B**) zu unterdrücken, ist es, wie in dem Strukturbeispiel 1 beschrieben, wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **132** und dem Exciplex, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, lang ist und dass der Abstand zwischen dem Exciplex und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, lang ist.

[0091] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** dieses Strukturbeispiels verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **132** und einem Exciplex, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, lang sein, selbst wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird; demzufolge kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt werden kann. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** tritt die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_6 und Route A_8 in **Fig. 3B**) von dem Exciplex auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_9 ; Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von dem Exciplex auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_9 unterdrückt werden kann. Ferner kann die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden.

[0092] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung die Route A_6 , Route A_7 und Route A_8 , welche vorstehend beschrieben worden sind, auch als Exciplex-Singulett-Energieübertragung (exciplex-singlet energy transfer, ExSET) oder Exciplex-unterstützte Fluoreszenz (exciplex-enhanced fluorescence, ExEF) bezeichnet werden. Mit anderen Worten: In der Licht emittierenden Schicht **113** in dieser Beschreibung wird die Anregungsenergie von dem Exciplex zu dem fluoreszierenden Material zugeführt.

<Strukturbeispiel 3 der Licht emittierenden Schicht>

[0093] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung **131**, die Verbindung **132** und eine Verbindung **133** beinhaltet. Eine Kombination aus der Verbindung **131** und der Verbindung **133** bildet einen Exciplex. Eine fluoreszierende Substanz (ExEF) wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Außerdem unterscheidet sich dieses Strukturbeispiel von dem Strukturbeispiel 2 dadurch, dass die Verbindung **133** ein phosphoreszierendes Material ist. Es ist vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfin-

ung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. **Fig. 3C** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Es sei angemerkt, dass die Begriffe und Zeichen in **Fig. 3C** denjenigen in **Fig. 3B** gleich sind und daher ihre Beschreibung weggelassen wird.

[0094] In diesem Strukturbeispiel wird eine Verbindung, die ein Schweratom enthält, als eine der Verbindungen verwendet, die einen Exciplex bilden. Daher wird das Intersystem-Crossing zwischen einem Singulett-Zustand und einem Triplett-Zustand gefördert. Folglich kann ein Exciplex gebildet werden, der zum Übergang von einem Triplett-Anregungszustand zu einem Singulett-Grundzustand, d. h. zum Emittieren der Phosphoreszenz, geeignet ist. In diesem Fall ist, im Gegensatz zu einem typischen Exciplex, das Triplett-Anregungsenergieniveau (T_E) des Exciplexes das Niveau eines Energiedonators; daher ist T_E vorzugsweise höher als oder gleich dem Singulett-Anregungsenergieniveau (S_G) der Verbindung **132**, die als Licht emittierendes Material dient. Insbesondere wird $T_E \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, wenn T_E die Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Emissionsspektrum des Exciplexes, der ein Schweratom enthält, an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und S_G die Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist.

[0095] Mit einer derartigen Korrelation von Energieniveaus kann die Triplett-Anregungsenergie des gebildeten Exciplexes von dem Triplett-Anregungsenergieniveau des Exciplexes (T_E) auf das Singulett-Anregungsenergieniveau der Verbindung **132** (S_G) übertragen werden. Es sei angemerkt, dass es in einigen Fällen schwierig ist, in einem Emissionsspektrum Fluoreszenz und Phosphoreszenz voneinander klar zu unterscheiden, da das S1-Niveau und das T1-Niveau (S_E und T_E) des Exciplexes nahe beieinander liegen. In diesem Fall können Fluoreszenz und Phosphoreszenz manchmal durch die Emissionslebensdauer voneinander unterschieden werden.

[0096] Es sei angemerkt, dass das phosphoreszierende Material, das bei der vorstehenden Struktur verwendet wird, vorzugsweise ein Schweratom, wie z. B. Ir, Pt, Os, Ru oder Pd, enthält. Im Gegensatz dazu dient in diesem Strukturbeispiel das phosphoreszierende Material als Energiedonator; daher ist die Quantenausbeute nicht wichtig. Das heißt, dass die Energieübertragung von dem Triplett-Anregungsenergieniveau des Exciplexes auf das Singulett-Anregungsenergieniveau des Gastmaterials akzeptabel ist, solange sie ein erlaubter Übergang ist. Die Energieübertragung von dem phosphoreszierenden Material oder dem Exciplex, der unter Verwendung des phosphoreszierenden Materials gebildet wird, auf das Gastmaterial wird bevorzugt, wobei in diesem Fall die Energieübertragung von dem Triplett-Anregungsenergieniveau des Energiedonators auf das Singulett-Anregungsenergieniveau des Gastmaterials (Energieakzeptors) ein erlaubter Übergang ist.

[0097] Wie in **Fig. 3C** dargestellt, wird daher in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung bei dieser Struktur die Triplett-Anregungsenergie des Exciplexes auf das S1-Niveau (S_G) des Gastmaterials durch die Route A_8 (ohne durch die Route A_7 in **Fig. 3C**) übertragen. Das heißt, dass die Triplett-Anregungsenergie und die Singulett-Anregungsenergie auf das S1-Niveau des Gastmaterials durch die Route A_6 und die Route A_8 übertragen werden können. In der Route A_8 dient der Exciplex als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie des Exciplexes auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A_9 in **Fig. 3C**), konkurrieren könnten. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A_9) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0098] Um eine derartige Energieübertragung (Route A_9) zu unterdrücken, ist es, wie in dem Strukturbeispiel 1 beschrieben, wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **131** und der Verbindung **132** und der Abstand zwischen der Verbindung **131** und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, lang sind.

[0099] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** dieses Strukturbeispiels verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **132** und einem Exciplex, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, lang sein, selbst wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird; demzufolge kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mecha-

nismus unterdrückt werden kann. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** tritt die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_6 und Route A_8) von dem Exciplex auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_9 :Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von dem Exciplex auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_9 unterdrückt werden kann. Ferner kann die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden.

<Strukturbeispiel 4 der Licht emittierenden Schicht>

[0100] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die drei Arten von Substanzen beinhaltet: die Verbindung **131**, die Verbindung **132** und die Verbindung **133**. Eine Kombination aus der Verbindung **131** und der Verbindung **133** bildet einen Exciplex. Eine fluoreszierende Substanz (ExEF) wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Es ist vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. Es sei angemerkt, dass sich dieses Strukturbeispiel von dem vorstehenden Strukturbeispiel 3 dadurch unterscheidet, dass die Verbindung **133** ein TADF-Material ist. **Fig. 4A** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Es sei angemerkt, dass die Begriffe und Zeichen in **Fig. 4A** denjenigen in **Fig. 3B** gleich sind und daher ihre Beschreibung weggelassen wird.

[0101] Da in diesem Strukturbeispiel die Verbindung **133** das TADF-Material ist, weist die Verbindung **133**, die einen Exciplex nicht bildet, eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie durch Aufwärtswandlung auf (Route A_{10} in **Fig. 4A**). Demzufolge wird die Singulett-Anregungsenergie der Verbindung **133** schnell auf die Verbindung **132** übertragen (Route A_{11} in **Fig. 4A**). Zu diesem Zeitpunkt wird $S_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt.

[0102] In der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels gibt es daher, wie in dem Strukturbeispiel 3, einen Weg, durch den die Triplett-Anregungsenergie auf die Verbindung **132**, die als Gastmaterial dient, durch die Routen A_6 bis A_8 in **Fig. 4A** übertragen wird, und einen Weg, durch den die Triplett-Anregungsenergie auf die Verbindung **132** durch die Routen A_{10} und A_{11} in **Fig. 4A** übertragen wird. Auf diese Weise gibt es eine Vielzahl von Wegen, durch die jeweils die Triplett-Anregungsenergie auf die Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Verbindung ist, übertragen wird, so dass die Emissionseffizienz weiter erhöht werden kann. In der Route A_8 dient der Exciplex als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. In der Route A_{11} dient die Verbindung **133** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie des Exciplexes auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A_9 in **Fig. 4A**), konkurrieren könnten. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A_9) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0103] Um eine derartige Energieübertragung (Route A_9) zu unterdrücken, ist es, wie in dem Strukturbeispiel 1 beschrieben, wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **132** und dem Exciplex, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, lang ist, d. h., dass der Abstand zwischen dem Exciplex, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, lang ist.

[0104] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** dieses Strukturbeispiels verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **132** und einem Exciplex, der von der Verbindung **131** und der Verbindung **133** gebildet wird, lang sein, selbst wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird; demzufolge kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt werden kann. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** treten die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_6 und Route A_8) von dem Exciplex

plex auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** und die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{10} und Route A_{11}) von dem Exciplex auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_9 : Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von dem Exciplex auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_9 unterdrückt werden kann. Ferner kann die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden.

<Strukturbeispiel 5 der Licht emittierenden Schicht>

[0105] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die vier Arten von Substanzen beinhaltet: die Verbindung **131**, die Verbindung **132**, die Verbindung **133** und die Verbindung **134**. Die Verbindung **133** weist eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission auf, und der Fall, in dem eine phosphoreszierende Substanz als Verbindung **133** verwendet wird, wird beschrieben. Eine Kombination aus der Verbindung **131** und der Verbindung **134** bildet einen Exciplex. Eine fluoreszierende Substanz wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Es ist vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. **Fig. 4B** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Es sei angemerkt, dass die Begriffe und Zeichen in **Fig. 4B** denjenigen in **Fig. 3B** ähnlich sind, und die anderen Begriffe und Zeichen sind wie folgt:

S_{C4} : das S1-Niveau der Verbindung **134**; und

T_{C4} : das T1-Niveau der Verbindung **134**.

[0106] In diesem Strukturbeispiel bilden die Verbindung **131** und die Verbindung **134** einen Exciplex. Das S1-Niveau (S_E) und das T1-Niveau (T_E) des Exciplexes liegen nahe beieinander (siehe Route A_{12} in **Fig. 4B**). Es sei angemerkt, dass dann, wenn der Exciplex, der durch den vorstehenden Weg von den zwei Arten von Substanzen gebildet wird, die Anregungsenergie verliert, die zwei Arten von Substanzen als ursprüngliche unterschiedliche Substanzen existieren.

[0107] Da die Anregungsenergieniveaus (S_E und T_E) des Exciplexes niedriger als die S1-Niveaus (S_{C1} und S_{C4}) der Substanzen (der Verbindungen **131** und **134**) sind, die den Exciplex bilden, kann ein Anregungszustand mit niedrigerer Anregungsenergie gebildet werden. Demzufolge kann die Betriebsspannung der Licht emittierenden Vorrichtung verringert werden.

[0108] Da die Verbindung **133** ein phosphoreszierendes Material ist, wird das Intersystem-Crossing zwischen einem Singulett-Zustand und einem Triplett-Zustand erlaubt. Somit werden sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie des Exciplexes schnell auf die Verbindung **133** übertragen (Route A_{13}). Zu diesem Zeitpunkt wird $T_E \geq T_{C3}$ vorzugsweise erfüllt.

[0109] Die Triplett-Anregungsenergie der Verbindung **133** wird in die Singulett-Anregungsenergie der Verbindung **132** umgewandelt (Route A_{14}). Dabei wird, wie in **Fig. 4B** gezeigt, die Beziehung $T_E \geq T_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, da die Energie von der Verbindung **133** effizient auf die Verbindung **132** übertragen wird. Insbesondere wird $T_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, wenn T_{C3} die Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Phosphoreszenzspektrum der Verbindung **133** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und S_G die Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist. In der Route A_{14} dient die Verbindung **133** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor.

[0110] Obwohl in diesem Strukturbeispiel eine beliebige Kombination der Verbindung **131** und der Verbindung **134**, die einen Exciplex bilden kann, akzeptabel ist, handelt es sich vorzugsweise bei einer von ihnen um eine Verbindung mit einer Lochtransporteigenschaft und bei der anderen um eine Verbindung mit einer Elektronen-transporteigenschaft.

[0111] Für die Kombination der Wirtsmaterialien zur effizienten Bildung eines Exciplexes wird vorzugsweise das Folgende erfüllt: Das HOMO-Niveau einer der Verbindungen **131** und **134** ist höher als dasjenige der anderen Verbindung, und das LUMO-Niveau der einen der Verbindungen ist höher als dasjenige der anderen Verbindung.

[0112] Die Korrelation von Energieniveaus der Verbindungen **131** und **134** ist nicht auf die in **Fig. 4B** gezeigte beschränkt. Das heißt, dass das Singulett-Anregungsenergieniveau (S_{C1}) der Verbindung **131** höher oder niedriger als das Singulett-Anregungsenergieniveau (S_{C4}) der Verbindung **134** sein kann. Das Triplett-Anregungsenergieniveau (T_{C1}) der Verbindung **131** kann höher oder niedriger als das Triplett-Anregungsenergieniveau (T_{C4}) der Verbindung **134** sein.

[0113] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels weist die Verbindung **131** vorzugsweise ein π -elektronenarmes Gerüst auf. Eine derartige Zusammensetzung verringert das LUMO-Niveau der Verbindung **131**, was zur Bildung eines Exciplexes geeignet ist.

[0114] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels weist die Verbindung **131** vorzugsweise ein π -elektronenreiches Gerüst auf. Eine derartige Zusammensetzung erhöht das HOMO-Niveau der Verbindung **131**, was zur Bildung eines Exciplexes geeignet ist.

[0115] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132** lang sein. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** tritt die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{14}) von der Verbindung **133** auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{15} : Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von der Verbindung **133** auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_{15} unterdrückt werden kann.

[0116] Indem in diesem Strukturbeispiel die Konzentration der Verbindung **132**, die als Energieakzeptor dient, erhöht wird, kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt wird. Indem die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht wird, wird die Anregungslebensdauer des Energieakzeptors in der Licht emittierenden Schicht verkürzt, wodurch die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden kann. Insbesondere ist die Konzentration der Verbindung **132** in der Licht emittierenden Schicht **113** in Bezug auf die Verbindung **133**, die als Energiedonator dient, vorzugsweise größer als oder gleich 2 Gew.-% und kleiner als oder gleich 50 Gew.-%, stärker bevorzugt größer als oder gleich 5 Gew.-% und kleiner als oder gleich 30 Gew.-%, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 5 Gew.-% und kleiner als oder gleich 20 Gew.-%.

[0117] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung die Route A_{12} und Route A_{13} , welche vorstehend beschrieben worden sind, auch als Exciplex-Triplett-Energieübertragung (exciplex-triplet energy transfer, ExTET) bezeichnet werden. Das heißt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** in dieser Beschreibung die Anregungsenergie von dem Exciplex zu der Verbindung **133** zugeführt wird.

<Strukturbeispiel 6 der Licht emittierenden Schicht>

[0118] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die vier Arten von Substanzen beinhaltet: die Verbindung **131**, die Verbindung **132**, die Verbindung **133** und die Verbindung **134**. Die Verbindung **133** weist eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission auf, und der Fall, in dem eine phosphoreszierende Substanz als Verbindung **133** verwendet wird, wird beschrieben. Eine Kombination aus der Verbindung **131** und der Verbindung **134** bildet einen Exciplex. Eine fluoreszierende Substanz wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Es ist vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. Es sei angemerkt, dass sich dieses Strukturbeispiel von dem vorstehenden Strukturbeispiel 5 dadurch unterscheidet, dass die Verbindung **134** ein TADF-Material ist. **Fig. 4C** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Es sei angemerkt, dass die Begriffe und Zeichen in **Fig. 4C** denjenigen in **Fig. 3B** und **Fig. 4B** gleich sind und daher ihre Beschreibung weggelassen wird.

[0119] Da hier die Verbindung **134** das TADF-Material ist, weist die Verbindung **134**, die einen Exciplex nicht bildet, eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie durch Aufwärtswandlung auf (Route A_{16} in **Fig. 4C**). Demzufolge wird die Singulett-Anregungsenergie der Verbindung **134** schnell auf die Verbindung **132** übertragen (Route A_{17} in **Fig. 4C**). Zu diesem Zeitpunkt wird $S_{C4} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt. Insbesondere wird $S_{C4} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, wenn S_{C4} die Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Fluoreszenzspektrum der Verbindung **134** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und S_G die Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist.

[0120] In der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels gibt es daher, wie in dem Strukturbeispiel 5, einen Weg, durch den die Triplett-Anregungsenergie auf die Verbindung **132**, die als Gastmaterial dient, durch die Routen A_{12} bis A_{14} in **Fig. 4C** übertragen wird, und einen Weg, durch den die Triplett-Anregungsenergie auf die Verbindung **132** durch die Routen A_{16} und A_{17} in **Fig. 4C** übertragen wird. Auf diese Weise gibt es eine Vielzahl von Wegen, durch die jeweils die Triplett-Anregungsenergie auf die Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Verbindung ist, übertragen wird, so dass die Emissionseffizienz weiter erhöht werden kann. In der Route A_{14} dient die Verbindung **133** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. In der Route A_{17} dient die Verbindung **134** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie der Verbindung **133** auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A_{15} in **Fig. 4C**), konkurrieren könnten. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A_{15}) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0121] Um eine derartige Energieübertragung (Route A_{15}) zu unterdrücken, ist es, wie in dem Strukturbeispiel 1 beschrieben, wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132**, d. h. der Abstand zwischen der Verbindung **133** und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, lang ist.

[0122] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** dieses Strukturbeispiels verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132** lang sein, selbst wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird; demzufolge kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt werden kann. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** treten die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{12} , Route A_{13} und Route A_{14}) von dem Exciplex auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** und die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{16} und Route A_{17}) von der Verbindung **133** auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{15} , Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von der Verbindung **133** auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_{15} unterdrückt werden kann. Ferner kann die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden.

<Strukturbeispiel 7 der Licht emittierenden Schicht>

[0123] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung **131**, die Verbindung **132** und die Verbindung **133** beinhaltet. Die Verbindung **133** weist eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission auf, und der Fall, in dem eine phosphoreszierende Substanz als Verbindung **133** verwendet wird, wird beschrieben. Eine fluoreszierende Substanz wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Es ist vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. **Fig. 5A** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Das Folgende erläutert, was die Begriffe und Zeichen in **Fig. 5A** darstellen:

Comp (**131**): die Verbindung **131**;
 Comp (**133**): die Verbindung **133**;
 Gast (**132**): die Verbindung **132**;
 S_{C1} : das S1-Niveau der Verbindung **131**;
 T_{C1} : das T1-Niveau der Verbindung **131**;
 T_{C3} : das T1-Niveau der Verbindung **133**;
 T_G : das T1-Niveau der Verbindung **132**; und
 S_G : das S1-Niveau der Verbindung **132**.

[0124] In diesem Strukturbeispiel erfolgt die Ladungsträgerrekombination hauptsächlich in der Verbindung **131**, wodurch Singulett-Exzitonen und Triplett-Exzitonen erzeugt werden. Wenn eine phosphoreszierende Substanz, die eine Beziehung $T_{C3} \leq T_{C1}$ aufweist, als Verbindung **133** ausgewählt wird, können die Singulett-Anregungsenergie und die Triplett-Anregungsenergie, die in der Verbindung **131** erzeugt werden, auf das T_{C3} -Niveau der Verbindung **133** übertragen werden (Route A_{18} in **Fig. 5A**). Einige der Ladungsträger können auch in der Verbindung **133** rekombinieren.

[0125] Es sei angemerkt, dass die phosphoreszierende Substanz, die bei der vorstehenden Struktur verwendet wird, vorzugsweise ein Schweratom, wie z. B. Ir, Pt, Os, Ru oder Pd, enthält. Eine Licht emittierende Substanz wird vorzugsweise als Verbindung **133** verwendet, wobei in diesem Fall die Energieübertragung von dem Triplett-Anregungsenergieniveau des Energiedonators auf das Singulett-Anregungsenergieniveau des Gastmaterials (Energieakzeptors) ein erlaubter Übergang ist. Daher kann die Triplett-Anregungsenergie der Verbindung **133** auf das S1-Niveau (S_G) des Gastmaterials durch den Weg der Route A_{19} übertragen werden. In der Route A_{19} dient die Verbindung **133** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. In diesem Fall wird $T_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, da die Anregungsenergie der Verbindung **133** effizient auf den Singulett-Anregungszustand der Verbindung **132** übertragen wird, die als Gastmaterial dient. Insbesondere wird $T_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, wenn T_{C3} das Niveau der Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Phosphoreszenzspektrum der Verbindung **133** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und S_G das Niveau der Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie der Verbindung **133** auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A_{20} in **Fig. 5A**), konkurrieren könnten. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A_{20}) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0126] Um eine derartige Energieübertragung (Route A_{20}) zu unterdrücken, ist es, wie in dem Strukturbeispiel 1 beschrieben, wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132**, d. h. der Abstand zwischen der Verbindung **133** und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, lang ist.

[0127] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** dieses Strukturbeispiels verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132** lang sein, selbst wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird; demzufolge kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt werden kann. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** tritt die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{19}) von der Verbindung **133** auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{20} : Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von der Verbindung **133** auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch die Route A_{20} unterdrückt werden kann. Ferner kann die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden.

<Strukturbeispiel 8 der Licht emittierenden Schicht>

[0128] Dieses Strukturbeispiel zeigt die Licht emittierende Schicht **113** in der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung **131**, die Verbindung **132** und die Verbindung **133** beinhaltet. Die Verbindung **133** weist eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission auf, und der Fall, in dem ein TADF-Material als Verbindung **133** verwendet wird, wird beschrieben. Eine fluoreszierende Substanz wird als Verbindung **132** verwendet, die als Licht emittierende Substanz (Gastmaterial) dient. Es ist vorzuziehen, dass eine Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, verwendet wird. **Fig. 5B** zeigt ein Beispiel für die Korrelation von Energieniveaus in der Licht emittierenden Schicht **113** in diesem Strukturbeispiel. Es sei angemerkt, dass die Begriffe und Zeichen in **Fig. 5B** denjenigen in **Fig. 5A** ähnlich sind, und die anderen Begriffe und Zeichen sind wie folgt:

S_{C3} : das S1-Niveau der Verbindung **133**.

[0129] In diesem Strukturbeispiel erfolgt die Ladungsträgerrekombination hauptsächlich in der Verbindung **131**, wodurch Singulett-Exzitonen und Triplett-Exzitonen erzeugt werden. Wenn ein TADF-Material, das eine Beziehung $S_{C3} \leq S_{C1}$ und $T_{C3} \leq T_{C1}$ aufweist, als Verbindung **133** ausgewählt wird, können die Singulett-Anregungsenergie und die Triplett-Anregungsenergie, die in der Verbindung **131** erzeugt werden, auf das S_{C3} -Niveau und das T_{C3} -Niveau der Verbindung **133** übertragen werden (Route A_{21} in **Fig. 5B**). Einige der Ladungsträger können auch in der Verbindung **133** rekombinieren.

[0130] Da die Verbindung **133** das TADF-Material ist, weist die Verbindung **133** eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie durch Aufwärtswandlung auf (Route A_{22} in **Fig. 5B**). Demzufolge kann die Singulett-Anregungsenergie der Verbindung **133** schnell auf die Verbindung **132** übertragen werden (Route A_{23} in **Fig. 5B**). Zu diesem Zeitpunkt wird $S_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt. Insbesondere wird $S_{C3} \geq S_G$ vorzugsweise erfüllt, wenn S_{C3} die Energie mit einer Wellenlänge der Linie ist, die durch Extrapolation einer Tangente an das Fluoreszenzspektrum der Verbindung **133** an einem Schwanz auf der Seite der kurzen Wellenlänge erhalten wird, und S_G die Energie mit einer Wellenlänge der Absorptionskante des Absorptionsspektrums der Verbindung **132** ist.

[0131] In der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels kann daher die Triplett-Anregungsenergie, die in der Verbindung **133** erzeugt wird, durch die Route A_{21} , die Route A_{22} und die Route A_{23} in **Fig. 5B** in eine Fluoreszenz der Verbindung **132** umgewandelt werden. In der Route A_{23} dient die Verbindung **133** als Energiedonator und die Verbindung **132** als Energieakzeptor. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung dieses Strukturbeispiels die vorstehenden Routen mit einer Route, durch die die Triplett-Anregungsenergie der Verbindung **133** auf das T1-Niveau der Verbindung **132** übertragen wird (Route A_{24} in **Fig. 5B**), konkurrieren könnten. Wenn eine derartige Energieübertragung (Route A_{24}) auftritt, kann bei der Verbindung **132**, die eine fluoreszierende Substanz ist, die Triplett-Anregungsenergie nicht zur Lichtemission beitragen, so dass die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung verringert wird.

[0132] Um eine derartige Energieübertragung (Route A_{24}) zu unterdrücken, ist es, wie in dem Strukturbeispiel 1 beschrieben, wichtig, dass der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132**, d. h. der Abstand zwischen der Verbindung **133** und dem Luminophor, der in der Verbindung **132** enthalten ist, lang ist.

[0133] Die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet bei ihrer Struktur einen Luminophor und eine Schutzgruppe. In dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Energieakzeptor in der Licht emittierenden Schicht **113** dient, weist die Schutzgruppe eine Funktion zum Vergrößern des Abstands zwischen einem anderen Energiedonator und dem Luminophor auf. Daher kann in dem Fall, in dem die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** dieses Strukturbeispiels verwendet wird, der Abstand zwischen der Verbindung **133** und der Verbindung **132** lang sein, selbst wenn die Konzentration der Verbindung **132** erhöht wird; demzufolge kann die Geschwindigkeit der Energieübertragung durch den Förster-Mechanismus erhöht werden, während die Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus unterdrückt werden kann. Unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verbindung **132** tritt die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{23}) von der Verbindung **133** auf das S1-Niveau (S_G) der Verbindung **132** mit größerer Wahrscheinlichkeit auf, während die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie (Route A_{24} : Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus) von der Verbindung **133** auf das T1-Niveau (T_G) der Verbindung **132** mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Daher kann die Emissionseffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung erhöht werden, während eine Verringerung der Emissionseffizienz aufgrund der Energieübertragung durch

die Route A_{24} unterdrückt werden kann. Ferner kann die Zuverlässigkeit der Licht emittierenden Vorrichtung verbessert werden.

(Ausführungsform 3)

[0134] Bei dieser Ausführungsform werden Licht emittierende Vorrichtungen von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

<Strukturbeispiel einer Licht emittierenden Vorrichtung>

[0135] Fig. 6A stellt ein Beispiel für eine Licht emittierende Vorrichtung dar, die zwischen einem Paar von Elektroden eine EL-Schicht mit einer Licht emittierenden Schicht beinhaltet. Insbesondere wird eine EL-Schicht **103** zwischen einer ersten Elektrode **101** und einer zweiten Elektrode **102** bereitgestellt. In dem Fall, in dem beispielsweise die erste Elektrode **101** eine Anode ist, weist die EL-Schicht **103** eine Struktur auf, bei der eine Lochinjektionsschicht **111**, eine Lochtransportschicht **112**, eine Licht emittierende Schicht **113**, eine Elektronentransportschicht **114** und eine Elektroneninjectionsschicht **115** in dieser Reihenfolge als Funktionsschichten angeordnet sind. Die Licht emittierende Schicht **113** enthält ein Wirtsmaterial und Gastmaterialien. Eine dritte organische Verbindung **123** wird als Wirtsmaterial verwendet, und eine erste organische Verbindung **121** (fluoreszierende Substanz), die eine Funktion zum Umwandeln der Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission aufweist, und eine zweite organische Verbindung **122** (phosphoreszierende Substanz oder TADF-Material), die eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission aufweist, werden als Gastmaterialien verwendet.

[0136] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfassen auch Licht emittierende Vorrichtungen mit anderen Strukturen, wie z. B. eine Licht emittierende Vorrichtung, die bei niedriger Spannung durch eine Struktur (eine Tandem-Struktur) betrieben werden kann, bei der eine Vielzahl von EL-Schichten zwischen einem Paar von Elektroden bereitgestellt wird und eine Ladungserzeugungsschicht zwischen den EL-Schichten bereitgestellt wird, und eine Licht emittierende Vorrichtung, die eine optische Mikroresonator-(Mikrokavitäts- bzw. microcavity-) Struktur zwischen einem Paar von Elektroden aufweist und daher verbesserte optische Eigenschaften aufweist. Die Ladungserzeugungsschicht weist eine Funktion zum Injizieren von Elektronen in eine der benachbarten EL-Schichten und Injizieren von Löchern in die andere der EL-Schichten auf, wenn eine Spannung zwischen der ersten Elektrode **101** und der zweiten Elektrode **102** angelegt wird.

[0137] Die erste Elektrode **101** und/oder die zweite Elektrode **102** der Licht emittierenden Vorrichtung sind/ist eine lichtdurchlässige Elektrode (z. B. eine durchsichtige Elektrode oder eine transflektive Elektrode). In dem Fall, in dem es sich bei der lichtdurchlässigen Elektrode um eine durchsichtige Elektrode handelt, weist die durchsichtige Elektrode eine Durchlässigkeit für sichtbares Licht von höher als oder gleich 40 % auf. In dem Fall, in dem es sich bei der lichtdurchlässigen Elektrode um eine transflektive Elektrode handelt, weist die transflektive Elektrode einen Reflexionsgrad für sichtbares Licht von höher als oder gleich 20 % und niedriger als oder gleich 80 %, bevorzugt höher als oder gleich 40 % und niedriger als oder gleich 70 % auf. Diese Elektroden weisen vorzugsweise einen spezifischen Widerstand von $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ oder weniger auf.

[0138] Des Weiteren ist dann, wenn bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entweder die erste Elektrode **101** oder die zweite Elektrode **102** eine reflektierende Elektrode ist, der Reflexionsgrad für sichtbares Licht der reflektierenden Elektrode höher als oder gleich 40 % und niedriger als oder gleich 100 %, bevorzugt höher als oder gleich 70 % und niedriger als oder gleich 100 %. Diese Elektrode weist vorzugsweise einen spezifischen Widerstand von $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ oder weniger auf.

<Erste Elektrode und zweite Elektrode>

[0139] Als Materialien für die erste Elektrode **101** und die zweite Elektrode **102** können beliebige der folgenden Materialien in einer geeigneten Kombination verwendet werden, solange die vorstehenden Funktionen der Elektroden erfüllt werden können. Beispielsweise können ein Metall, eine Legierung, eine elektrisch leitende Verbindung, eine Mischung dieser und dergleichen in geeigneter Weise verwendet werden. Insbesondere kann ein In-Sn-Oxid (auch als ITO bezeichnet), ein In-Si-Sn-Oxid (auch als ITSO bezeichnet), ein In-Zn-Oxid oder ein In-W-Zn-Oxid verwendet werden. Außerdem ist es möglich, ein Metall, wie z. B. Aluminium (Al), Titan (Ti), Chrom (Cr), Mangan (Mn), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Kupfer (Cu), Gallium (Ga), Zink (Zn), Indium (In), Zinn (Sn), Molybdän (Mo), Tantal (Ta), Wolfram (W), Palladium (Pd), Gold (Au), Platin (Pt), Silber (Ag), Yttrium (Y) oder Neodym (Nd), oder eine Legierung zu verwenden, die eine geeignete Kombination aus beliebigen dieser Metalle enthält. Es ist auch möglich, ein Element der Gruppe 1 oder ein Element der Gruppe 2 des

Periodensystems, das nicht vorstehend beschrieben worden ist (z. B. Lithium (Li), Cäsium (Cs), Calcium (Ca) oder Strontium (Sr)), ein Seltenerdmetall, wie z. B. Europium (Eu) oder Ytterbium (Yb), eine Legierung, die eine geeignete Kombination aus beliebigen dieser Elemente enthält, Graphen oder dergleichen zu verwenden.

[0140] Für die Ausbildung dieser Elektroden kann ein Sputterverfahren oder ein Vakuumverdampfungsverfahren verwendet werden.

<Lochinjektionsschicht>

[0141] Die Lochinjektionsschicht **111** injiziert Löcher von der als Anode dienenden ersten Elektrode **101** in die EL-Schicht **103** und enthält ein organisches Akzeptormaterial und ein Material mit einer hohen Lochinjektionseigenschaft.

[0142] Das organische Akzeptormaterial ermöglicht, dass Löcher in einer anderen organischen Verbindung erzeugt werden, deren HOMO-Niveau nahe dem LUMO-Niveau des organischen Akzeptormaterials liegt, wenn eine Ladungstrennung zwischen dem organischen Akzeptormaterial und der organischen Verbindung verursacht wird. Daher kann als organisches Akzeptormaterial eine Verbindung mit einer elektronenziehenden Gruppe (einer Halogen-Gruppe oder einer Cyano-Gruppe), wie z. B. ein Chinodimethan-Derivat, ein Chloranil-Derivat und ein Hexaazatriphenyl-Derivat, verwendet werden. Beispiele für das organische Akzeptormaterial umfassen 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (Abkürzung: F₄-TCNQ), 3,6-Difluor-2,5,7,7,8,8-hexacyanochinodimethan, Chloranil, 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaazatriphenyl (Abkürzung: HAT-CN) und 1,3,4,5,7,8-Hexafluortetracyanonaphthochinodimethan (Abkürzung: F6-TCNNQ). Unter organischen Akzeptormaterialien wird HAT-CN, das eine hohe Akzeptoreigenschaft und eine stabile Filmqualität gegen Hitze aufweist, besonders bevorzugt. Zusätzlich wird ein [3]Radialen-Derivat, das eine sehr hohe Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, bevorzugt; spezifische Beispiele umfassen a,a',a''-1,2,3-Cyclopropantrilylidentris[4-cyano-2,3,5,6-tetrafluorbenzolacetonitril], α,α',α''-1,2,3-Cyclopropantrilylidentris[2,6-dichlor-3,5-difluor-4-(trifluormethyl)benzolacetonitril] und α,α',α''-1,2,3-Cyclopropantrilylidentris[2,3,4,5,6-pentafluorbenzolacetonitril].

[0143] Beispiele für das Material mit einer hohen Lochinjektionseigenschaft sind Übergangsmetalloxide, wie z. B. ein Molybdänoxid, ein Vanadiumoxid, ein Rutheniumoxid, ein Wolframoxid und ein Manganoxid. Weitere Beispiele sind auf Phthalocyanin basierende Verbindungen, wie z. B. Phthalocyanin (Abkürzung: H₂Pc) und Kupferphthalocyanin (Abkürzung: CuPc), und dergleichen.

[0144] Weitere Beispiele sind aromatische Amin-Verbindungen, die niedermolekulare Verbindungen sind, wie z. B. 4,4',4''-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4''-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: MTDATA), 4,4'-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DPAB), 4,4'-Bis[N-{4-[N'-(3-methylphenyl)-N'-phenylamino]phenyl}-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: DNTPD), 1,3,5-Tris[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]benzol (Abkürzung: DPA3B), 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.

[0145] Weitere Beispiele sind hochmolekulare Verbindungen (z. B. Oligomere, Dendrimere und Polymere), wie z. B. 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), Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD) und dergleichen. Alternativ kann eine hochmolekulare Verbindung, der eine Säure zugesetzt ist, verwendet werden, wie z. B. Poly(3,4-ethylenedioxythiophen)/Poly(styrolsulfonsäure) (Abkürzung: PEDOT/PSS) oder Polyanilin/Poly(styrolsulfonsäure) (Abkürzung: PAni/PSS).

[0146] Alternativ kann als Material mit einer hohen Lochinjektionseigenschaft ein Verbundmaterial, das ein Lochtransportmaterial und ein Akzeptormaterial (Elektronenakzeptormaterial) enthält, verwendet werden. In diesem Fall extrahiert das Akzeptormaterial Elektronen von einem Lochtransportmaterial, so dass Löcher in der Lochinjektionsschicht **111** erzeugt werden und die Löcher durch die Lochtransportschicht **112** in die Licht emittierende Schicht **113** injiziert werden. Es sei angemerkt, dass die Lochinjektionsschicht **111** derart ausgebildet werden kann, dass sie eine einschichtige Struktur unter Verwendung eines Verbundmaterials, das ein Lochtransportmaterial und ein Akzeptormaterial (Elektronenakzeptormaterial) enthält, oder eine mehrschichtige Struktur aus einer Schicht, die ein Lochtransportmaterial enthält, und einer Schicht, die ein Akzeptormaterial (Elektronenakzeptormaterial) enthält, aufweist.

[0147] Das Lochtransportmaterial weist vorzugsweise eine Löcherbeweglichkeit von größer als oder gleich $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ auf. Es sei angemerkt, dass auch andere Substanzen verwendet werden können, solange die Substanzen eine Lochtransporteigenschaft aufweisen, die höher ist als eine Elektronentransporteigenschaft.

[0148] Als Lochtransportmaterial werden Materialien mit einer hohen Lochtransporteigenschaft, wie z. B. eine π -elektronenreiche heteroaromatische Verbindung (z. B. ein Carbazol-Derivat und ein Furan-Derivat) und ein aromatisches Amin (eine Verbindung mit einem aromatischen Amin-Gerüst), bevorzugt.

[0149] Beispiele für das vorstehende Carbazol-Derivat (eine Verbindung mit einem Carbazol-Gerüst) umfassen ein Bicarbazol-Derivat (z. B. ein 3,3'-Bicarbazol-Derivat) und ein aromatisches Amin mit einer Carbazolyl-Gruppe.

[0150] Spezifische Beispiele für das Bicarbazol-Derivat (z. B. ein 3,3'-Bicarbazol-Derivat) sind 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), 9,9'-Bis(1,1',-biphenyl-4-yl)-3,3'-bi-9H-carbazol, 9,9'-Bis(1,1'-biphenyl-3-yl)-3,3'-bi-9H-carbazol, 9-(1,1'-Biphenyl-3-yl)-9'-(1,1'-biphenyl-4-yl)-9H,9'H-3,3'-bicarbazol (Abkürzung: mBP-CCBP), 9-(2-Naphthyl)-9'-phenyl-9H,9'H-3,3'-bicarbazol (Abkürzung: β NCCP) und dergleichen.

[0151] Spezifische Beispiele für das vorstehende aromatische Amin mit einer Carbazolyl-Gruppe umfassen 4-Phenyl-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBA1BP), N-(4-Biphenyl)-N-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-9-phenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCBiF), N-(1,1'-Biphenyl-4-yl)-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBBiF), 4,4'-Diphenyl-4''-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBBi1BP), 4-(1-Naphthyl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBANB), 4,4'-Di(1-naphthyl)-4''-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBNBB), 4-Phenyldiphenyl-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)amin (Abkürzung: PCA1BP), N,N'-Bis(9-phenylcarbazol-3-yl)-N,N'-diphenylbenzol-1,3-diamin (Abkürzung: PCA2B), N,N',N''-Triphenyl-N,N',N''-tris(9-phenylcarbazol-3-yl)benzol-1,3,5-triamin (Abkürzung: PCA3B), 9,9-Dimethyl-N-phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]fluoren-2-amin (Abkürzung: PCBAF), N-Phenyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]spiro-9,9'-bifluoren-2-amin (Abkürzung: PCBASF), 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: PCzPCNI), 3-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA1), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzDPA2), 3,6-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-(1-naphthyl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzTPN2), 2-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: PCASF), N-[4-(9H-Carbazol-9-yl)phenyl]-N-(4-phenyl)phenylanilin (Abkürzung: YGA1BP), N,N'-Bis[4-(carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenyl-9,9-dimethylfluoren-2,7-diamin (Abkürzung: YGA2F) und 4,4',4''-Tris(carbazol-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: TCTA).

[0152] Weitere Beispiele für das Carbazol-Derivat umfassen 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn), 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), 1,3-Bis(N-carbazolyl)benzol (Abkürzung: mCP), 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 3,6-Bis(3,5-diphenylphenyl)-9-phenylcarbazol (Abkürzung: CzTP), 1,3,5-Tris[4-(N-carbazolyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TCPB) und 9-[4-(10-Phenyl-9-anthracenyl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA).

[0153] Spezifische Beispiele für das vorstehende Furan-Derivat (die Verbindung mit einem Furan-Gerüst) umfassen Verbindungen mit einem Thiophen-Gerüst, wie z. B. 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothiophen) (Abkürzung: DBT3P-II), 2,8-Diphenyl-4-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]dibenzothiophen (Abkürzung: DBT-FLP-III) und 4-[4-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-6-phenyldibenzothiophen (Abkürzung: DBTFLP-IV), 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzofuran) (Abkürzung: DBF3P-II) und 4-{3-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]phenyl}dibenzofuran (Abkürzung: mmDBFFLBI-II).

[0154] Spezifische Beispiele für das vorstehende aromatische Amin umfassen 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB oder α -NPD), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB), 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP), 4-Phenyl-3'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: mBPAFLP), N-(9,9-Dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-N-[9,9-dimethyl-2-[N'-phenyl-N'-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)amino]-9H-fluoren-7-yl]phenylamin (Abkürzung: DFLADFL), N-(9,9-Dimethyl-2-diphenylamino-9H-fluoren-7-yl)diphenylamin (Abkürzung: DPNF), 2-[N-(4-Diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: DPASF), 2,7-Bis[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]-spiro-9,9'-bifluoren (Abkürzung: DPA2SF), 4,4',4''-Tris[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: 1'-TNATA), 4,4',4''-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4''-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenyla-

mino]triphenylamin (Abkürzung: m-MTDATA), N'-Di(p-tolyl)-N,N'-diphenyl-p-phenylendiamin (Abkürzung: DT-DPPA), 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) und 1,3,5-Tris[N-(4-diphenylaminophenyl)-N-phenylamino]benzol (Abkürzung: DPA3B).

[0155] Als Lochtransportmaterial kann eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Poly(N-vinylcarbazol) (Abkürzung: PVK), Poly(4-vinyltriphenylamin) (Abkürzung: PVTPA), Poly[N-(4-{N'-[4-(4-diphenylamino)phenyl]phenyl-N'-phenylamino}phenyl)methacrylamid] (Abkürzung: PTPDMA) oder Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD), verwendet werden.

[0156] Es sei angemerkt, dass das Lochtransportmaterial nicht auf die vorstehenden Beispiele beschränkt ist und ein beliebiges verschiedener bekannter Materialien allein oder in Kombination als Lochtransportmaterial verwendet werden kann.

[0157] Als Akzeptormaterial, das für die Lochinjektionsschicht **111** verwendet wird, kann ein Oxid eines Metalls, das zu einer der Gruppen 4 bis 8 des Periodensystems gehört, verwendet werden. Als spezifische Beispiele können Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Wolframoxid, Manganoxid und Rheniumoxid angegeben werden. Unter diesen wird Molybdänoxid besonders bevorzugt, da es an der Luft stabil ist, eine geringe hygroskopische Eigenschaft aufweist und leicht zu handhaben ist. Es ist auch möglich, ein beliebiges der vorstehenden organischen Akzeptormaterialien zu verwenden.

[0158] Die Lochinjektionsschicht **111** kann durch ein beliebiges der bekannten Abscheidungsverfahren, wie z. B. ein Vakuumverdampfungsverfahren, ausgebildet werden.

<Lochtransportschicht>

[0159] Die Lochtransportschicht **112** transportiert Löcher, die von der ersten Elektrode **101** durch die Lochinjektionsschicht **111** injiziert werden, zu der Licht emittierenden Schicht **113**. Die Lochtransportschicht **112** enthält ein Lochtransportmaterial. Daher kann die Lochtransportschicht **112** unter Verwendung eines Lochtransportmaterials ausgebildet werden, das für die Lochinjektionsschicht **111** verwendet werden kann.

[0160] Es sei angemerkt, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die gleiche organische Verbindung wie diejenige für die Lochtransportschicht **112** vorzugsweise für die Licht emittierende Schicht **113** verwendet wird. Dies liegt daran, dass die Verwendung der gleichen organischen Verbindungen für die Lochtransportschicht **112** und die Licht emittierende Schicht **113** ermöglicht, dass Löcher effizient von der Lochtransportschicht **112** zu der Licht emittierenden Schicht **113** transportiert werden.

<Licht emittierende Schicht>

[0161] Die Licht emittierende Schicht **113** enthält eine Licht emittierende Substanz. Die Licht emittierende Schicht **113** der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält ein Wirtsmaterial und Gastmaterialien. Die dritte organische Verbindung **123** wird als Wirtsmaterial verwendet, und die erste organische Verbindung **121** (fluoreszierende Substanz), die eine Funktion zum Umwandeln der Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission aufweist, und die zweite organische Verbindung **122** (phosphoreszierende Substanz oder TADF-Material), die eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission aufweist, werden als Gastmaterialien verwendet. Es sei angemerkt, dass eine Licht emittierende Substanz, die in der Licht emittierenden Schicht **113** verwendet werden kann, nicht besonders beschränkt ist, solange die vorstehende Bedingung erfüllt wird, und dass eine Substanz, deren Emissionsfarbe blau, violett, blauviolett, grün, gelbgrün, gelb, orange, rot oder dergleichen ist, in geeigneter Weise verwendet werden kann.

[0162] Es sei angemerkt, dass zwei oder mehr Arten von organischen Verbindungen als Wirtsmaterialien, die für die Licht emittierende Schicht **113** verwendet werden, verwendet werden können; alternativ kann ein Exciplex, der von diesen Verbindungen gebildet wird, verwendet werden. Als dritte organische Verbindung **123**, die als Wirtsmaterial verwendet wird, wird vorzugsweise eine Substanz verwendet, die eine Energielücke aufweist, die größer ist als diejenige der ersten organischen Verbindung **121** oder der zweiten organischen Verbindung **122**, welche als Gastmaterial verwendet werden. Es ist vorzuziehen, dass das niedrigste Singulett-Anregungsenergieniveau (S1-Niveau) der dritten organischen Verbindung **123** höher ist als das S1-Niveau der ersten organischen Verbindung **121** und dass das niedrigste Triplett-Anregungsenergieniveau (T1-Niveau) der

dritten organischen Verbindung **123** höher ist als das T1-Niveau der ersten organischen Verbindung **121**. Es ist vorzuziehen, dass das T1-Niveau der dritten organischen Verbindung **123** höher ist als das T1-Niveau der zweiten organischen Verbindung **122**.

[0163] Eine organische Verbindung, wie z. B. das Lochtransportmaterial, das in der Lochtransportschicht **112** verwendet werden kann, oder ein nachstehend zu beschreibendes Elektronentransportmaterial, das in der Elektronentransportschicht **114** verwendet werden kann, oder ein Exciplex, der von zwei oder mehr Arten von organischen Verbindungen gebildet wird, kann als eine oder mehrere Arten von organischen Verbindungen verwendet werden, solange Anforderungen an das Wirtsmaterial, das in der Licht emittierenden Schicht verwendet wird, erfüllt werden. Ein Exciplex, dessen Anregungszustand von zwei oder mehr Arten von organischen Verbindungen gebildet wird, weist eine sehr kleine Differenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau auf und dient als TADF-Material, das die Triplett-Anregungsenergie in die Singulett-Anregungsenergie umwandeln kann. Als Beispiel für eine Kombination aus den zwei oder mehr Arten von organischen Verbindungen, die einen Exciplex bildet, wird es bevorzugt, dass eine der zwei oder mehr Arten von organischen Verbindungen einen π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring aufweist und die andere einen π -elektronenreichen heteroaromatischen Ring aufweist. Eine phosphoreszierende Substanz, wie z. B. ein auf Iridium, Rhodium oder Platin basierender metallorganischer Komplex oder ein Metallkomplex, kann als eine der Kombination, die einen Exciplex bildet, verwendet werden.

[0164] Es sei angemerkt, dass die erste organische Verbindung **121** und die zweite organische Verbindung **122**, die als Gastmaterialien der Licht emittierenden Schicht **113** verwendet werden, vorzugsweise unterschiedliche Emissionsfarben aufweisen. Alternativ können komplementäre Emissionsfarben kombiniert werden, um eine weiße Lichtemission zu erhalten.

[0165] In der Kombination, die Anforderungen an die Gastmaterialien, die in der Licht emittierenden Schicht verwendet werden, erfüllt, kann das bei der Ausführungsform 2 beschriebene Material als erste organische Verbindung **121** verwendet werden, die das erste Gastmaterial der Licht emittierenden Schicht **113** ist und eine Funktion zum Umwandeln der Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission aufweist. Beispiele für die zweite organische Verbindung **122**, die das zweite Gastmaterial der Licht emittierenden Schicht **113** ist und eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission aufweist, umfassen eine Substanz, die eine Phosphoreszenz emittiert (ein phosphoreszierendes Material), und ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (thermally activated delayed fluorescent, TADF-) Material, das eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz emittiert. Ein beliebiges dieser Materialien kann in ähnlicher Weise in der Kombination verwendet werden, die die Anforderungen an die Gastmaterialien erfüllt, die in der Licht emittierenden Schicht verwendet werden. Das niedrigste Singulett-Anregungsenergieniveau (S1 -Niveau) der ersten organischen Verbindung **121** ist höher als das T1 -Niveau der zweiten organischen Verbindung **122**. Das heißt, dass eine Peakwellenlänge in dem Emissionsspektrum von Licht, das von der zweiten organischen Verbindung **122** emittiert wird, länger ist als diejenige in dem Emissionsspektrum von Licht, das von der ersten organischen Verbindung **121** emittiert wird.

[0166] Eine phosphoreszierende Substanz ist eine Verbindung, die eine Phosphoreszenz, jedoch keine Fluoreszenz bei einer Temperatur von höher als oder gleich einer niedrigen Temperatur (z. B. 77 K) und niedriger als oder gleich Raumtemperatur (d. h. höher als oder gleich 77 K und niedriger als oder gleich 313 K) emittiert. Die phosphoreszierende Substanz enthält vorzugsweise ein Metallelement mit einer großen Spin-Bahn-Wechselwirkung und kann beispielsweise ein metallorganischer Komplex, ein Metallkomplex (Platinkomplex) oder ein Seltenerdmetallkomplex sein. Insbesondere enthält die phosphoreszierende Substanz vorzugsweise ein Übergangsmetallelement. Es wird besonders bevorzugt, dass die phosphoreszierende Substanz ein Platin-Gruppenelement (Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Osmium (Os), Iridium (Ir) oder Platin (Pt)), insbesondere Iridium, enthält, wobei in diesem Fall die Wahrscheinlichkeit des direkten Übergangs zwischen dem Singulett-Grundzustand und dem Triplett-Anregungszustand erhöht werden kann.

[0167] Als Beispiele für ein phosphoreszierendes Material, das blaues oder grünes Licht emittiert und dessen Emissionsspektrum eine Peakwellenlänge von größer als oder gleich 450 nm und kleiner als oder gleich 570 nm aufweist, können die folgenden Substanzen angegeben werden.

[0168] Beispielsweise können metallorganische Komplexe mit einem 4H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris{2-[5-(2-methylphenyl)-4-(2,6-dimethylphenyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl-kN²]phenyl-kC1iridium(III)} (Abkürzung: [Ir(mpptz-dmp)₃]), Tris(5-methyl-3,4-diphenyl-4H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Mptz)₃]), Tris[4-(3-biphenyl)-5-isopropyl-3-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(I I I) (Abkürzung: [Ir(iPrptz-3b)₃]) und Tris[3-(5-biphenyl)-5-isopropyl-4-phenyl-4H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(iPr5btz)₃]), metallorganische Komplexe mit

einem 1H-Triazol-Gerüst, wie z. B. Tris[3-methyl-1-(2-methylphenyl)-5-phenyl-1H-1,2,4-triazolato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Mptz1-mp)₃]) und Tris(1-methyl-5-phenyl-3-propyl-1H-1,2,4-triazolato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Prptz1-Me)₃]), metallorganische Komplexe mit einem Imidazol-Gerüst, wie z. B. fac-Tris[1-(2,6-diisopropylphenyl)-2-phenyl-1H-imidazol]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(iPrpmi)₃]) und Tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f]phenanthridinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmpimpt-Me)₃]), und metallorganische Komplexe, bei denen ein Phenylpyridin-Derivat mit einer elektronenziehenden Gruppe ein Ligand ist, wie z. B. Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)tetrakis(1-pyrazolyl)borat (Abkürzung: Flr6), Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)picolinat (Abkürzung: Firpic), Bis[2-[3',5'-bis(trifluormethyl)phenyl]pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)picolinat (Abkürzung: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]) und Bis[2-(4',6'-difluorphenyl)pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: Flr(acac)), angegeben werden.

[0169] Als Beispiele für eine phosphoreszierende Substanz, die grünes oder gelbes Licht emittiert und deren Emissionsspektrum eine Peakwellenlänge von größer als oder gleich 495 nm und kleiner als oder gleich 590 nm aufweist, können die folgenden Substanzen angegeben werden.

[0170] Beispiele für die phosphoreszierende Substanz umfassen metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. Tris(4-methyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppm)₃]), Tris(4-tert-butyl-6-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)₃]), (Acetylacetonato)bis(6-methyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(6-tert-butyl-4-phenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tBuppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis[6-(2-norbornyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(nbppm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis[5-methyl-6-(2-methylphenyl)-4-phenylpyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppmm)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis[4,6-dimethyl-2-[6-(2,6-dimethylphenyl)-4-pyrimidinyl-kN³]phenyl-kC]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmppm-dmp)₂(acac)]) und (Acetylacetonato)bis(4,6-diphenylpyrimidinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dppm)₂(acac)]), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(3,5-dimethyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppr-Me)₂(acac)]) und (Acetylacetonato)bis(5-isopropyl-3-methyl-2-phenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]), metallorganische Iridiumkomplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(2-phenylpyridinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: [Ir(ppy)₃]), Bis(2-phenylpyridinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(ppy)₂(acac)]), Bis(benzo[h]chinolinato)iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(bzq)₂(acac)]), Tris(benzo[h]chinolinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(bzq)₃]), Tris(2-phenylchinolinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: [Ir(pq)₃]), Bis(2-phenylchinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(pq)₂(acac)]), Bis[2-(2-pyridinyl-kN)phenyl-kC][2-(4-phenyl-2-pyridinyl-kN)phenyl-kC]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(ppy)₂(4dppy)]) und Bis[2-(2-pyridinyl-kN)phenyl-kC][2-(4-methyl-5-phenyl-2-pyridinyl-kN)phenyl-kC], metallorganische Komplexe, wie z. B. Bis(2,4-diphenyl-1,3-oxazolato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(dpo)₂(acac)]), Bis[2-[4'-(perfluorphenyl)phenyl]pyridinato-N,C^{2'}]iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(p-PF-ph)₂(acac)]) und Bis(2-phenylbenzothiazolato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(bt)₂(acac)]), und einen Seltenerdmetallkomplex, wie z. B. Tris(acetylacetonato)(monophenanthrolin)terbium(III) (Abkürzung: [Tb(acac)₃(Phen)]).

[0171] Als Beispiele für eine phosphoreszierende Substanz, die gelbes oder rotes Licht emittiert und deren Emissionsspektrum eine Peakwellenlänge von größer als oder gleich 570 nm und kleiner als oder gleich 750 nm aufweist, können die folgenden Substanzen angegeben werden.

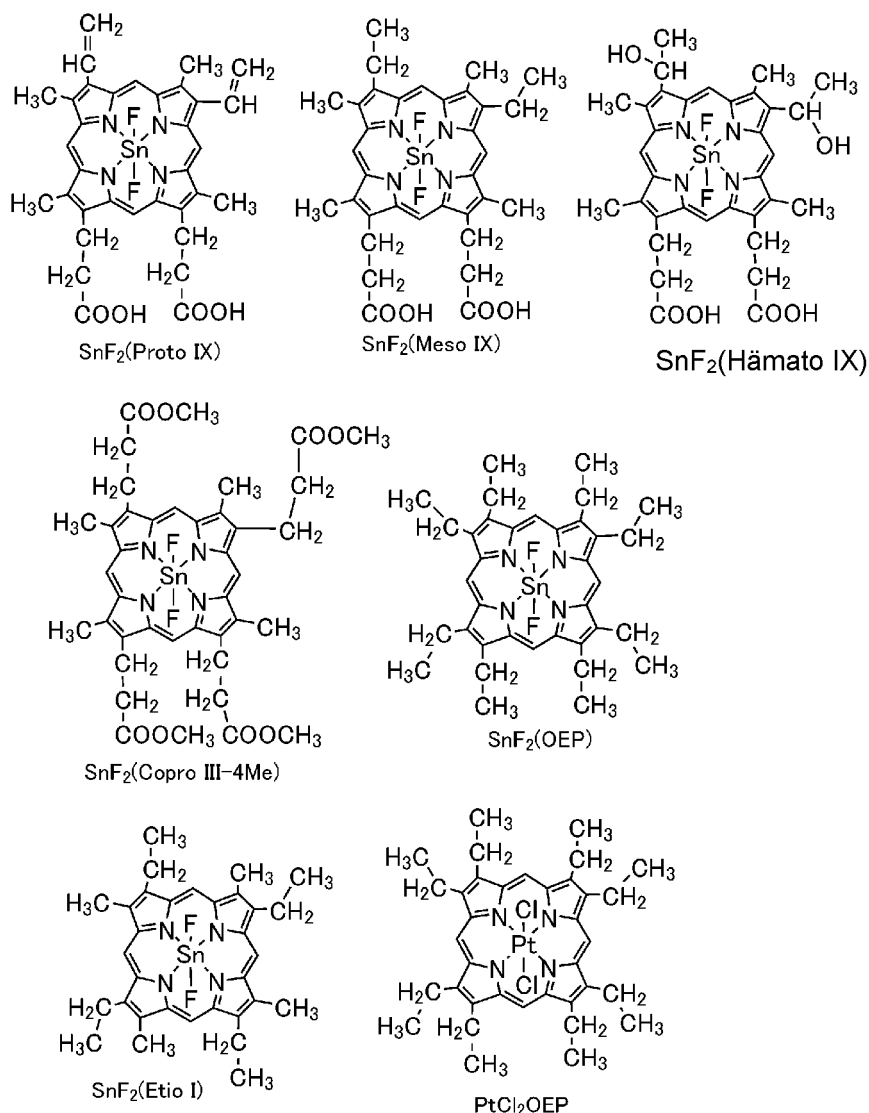
[0172] Beispiele umfassen metallorganische Komplexe mit einem Pyrimidin-Gerüst, wie z. B. (Diisobutylmethanato)bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(5mdppm)₂(dibm)]), Bis[4,6-bis(3-methylphenyl)pyrimidinato](dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(5mdppm)₂(dpm)]), und (Dipivaloylmethanato)bis[4,6-di(naphthalen-1-yl)pyrimidinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(d1npm)₂(dpm)]), metallorganische Komplexe mit einem Pyrazin-Gerüst, wie z. B. (Acetylacetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tppr)₂(acac)]), Bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)(dipivaloylmethanato)iridium(III) (Abkürzung: [Ir(tppr)₂(dpm)]), Bis[4,6-dimethyl-2-[3-(3,5-dimethylphenyl)-5-phenyl-2-pyrazinyl-kN]phenyl-kC](2,6-dimethyl-3,5-heptandionato-k²O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]), Bis[4,6-dimethyl-2-[5-(4-cyano-2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl-kN]phenyl-kC](2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptandionato-k²O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-dmCP)₂(dpm)]), Bis[2-(5-(2,6-dimethylphenyl)-3-(3,5-dimethylphenyl)-2-pyrazinyl-kN)-4,6-dimethylphenyl-kC](2,2',6,6'-tetramethyl-3,5-heptandionato-k²O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)]), (Acetylacetonato)bis[2-methyl-3-phenylchinoxalinato-N,C^{2'}]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(mpq)₂(acac)]), (Acetylacetonato)bis(2,3-diphenylchinoxalinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dpq)₂(acac)]) und (Acetylacetonato)bis[2,3-bis(4-fluorphenyl)chinoxalinato]iridium(III) (Abkürzung: [Ir(Fdpq)₂(acac)]), metallorganische Komplexe mit einem Pyridin-Gerüst, wie z. B. Tris(1-phenylisochinolinato-N,C^{2'})iridium(III) (Abkürzung: [Ir(piq)₃]), Bis(1-phenylisochinolinato-N,C^{2'})iridium(III)acetylacetonat (Abkürzung: [Ir(piq)₂(acac)]) und Bis[4,6-dimethyl-2-(2-chinolinyl-kN)phenyl-kC](2,4-pentandionato-k²O,O')iridium(III) (Abkürzung: [Ir(dmpqn)₂(acac)]), einen Platinkomplex, wie z.

B. 2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-21H,23H-porphyrinplatin(II) (Abkürzung: [PtOEP]), und Seltenerdmetallkomplexe, wie z. B. Tris(1,3-diphenyl-1,3-propandionato)(monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: [Eu(DBM)₃(Phen)]) und Tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifluoracetono](monophenanthrolin)europium(III) (Abkürzung: [Eu(TTA)₃(Phen)]).

[0173] Als TADF-Material kann ein beliebiges der nachstehend zu beschreibenden Materialien verwendet werden. Das TADF-Material ist ein Material, das eine kleine Differenz zwischen seinem S1-Niveau und seinem T1-Niveau (vorzugsweise von kleiner als oder gleich 0,2 eV) aufweist, das einen Triplett-Anregungszustand in einen Singulett-Anregungszustand aufwärts wandeln kann (d. h., ein umgekehrtes Intersystem-Crossing ist damit möglich), wobei eine geringe thermische Energie verwendet wird, und das effizient Licht (eine Fluoreszenz) von dem Singulett-Anregungszustand emittiert. Die thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz wird unter der folgenden Bedingung effizient erhalten: Die Energiedifferenz zwischen dem Triplett-Anregungsenergieniveau und dem Singulett-Anregungsenergieniveau ist größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV, bevorzugt größer als oder gleich 0 eV und kleiner als oder gleich 0,1 eV. Es sei angemerkt, dass sich eine verzögerte Fluoreszenz von dem TADF-Material auf eine Lichtemission bezieht, die das gleiche Spektrum wie normale Fluoreszenz und eine sehr lange Lebensdauer aufweist. Die Lebensdauer ist 1×10^{-6} Sekunden oder länger, bevorzugt 1×10^{-3} Sekunden oder länger.

[0174] Beispiele für das TADF-Material umfassen Fulleren, ein Derivat davon, ein Acridin-Derivat, wie z. B. Proflavin, und Eosin. Weitere Beispiele umfassen ein metallhaltiges Porphyrin, wie z. B. ein Porphyrin, das Magnesium (Mg), Zink (Zn), Cadmium (Cd), Zinn (Sn), Platin (Pt), Indium (In) oder Palladium (Pd) enthält. Beispiele für das metallhaltige Porphyrin umfassen einen Protoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Proto IX)), einen Mesoporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Meso IX)), einen Hämatothyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Hämato IX)), einen Coproporphyrin-Tetramethylester-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Copro III-4Me)), einen Octaethylporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(OEP)), einen Etioporphyrin-Zinnfluorid-Komplex (Abkürzung: SnF₂(Etio I)) und einen Octaethylporphyrin-Platinchlorid-Komplex (Abkürzung: PtCl₂OEP).

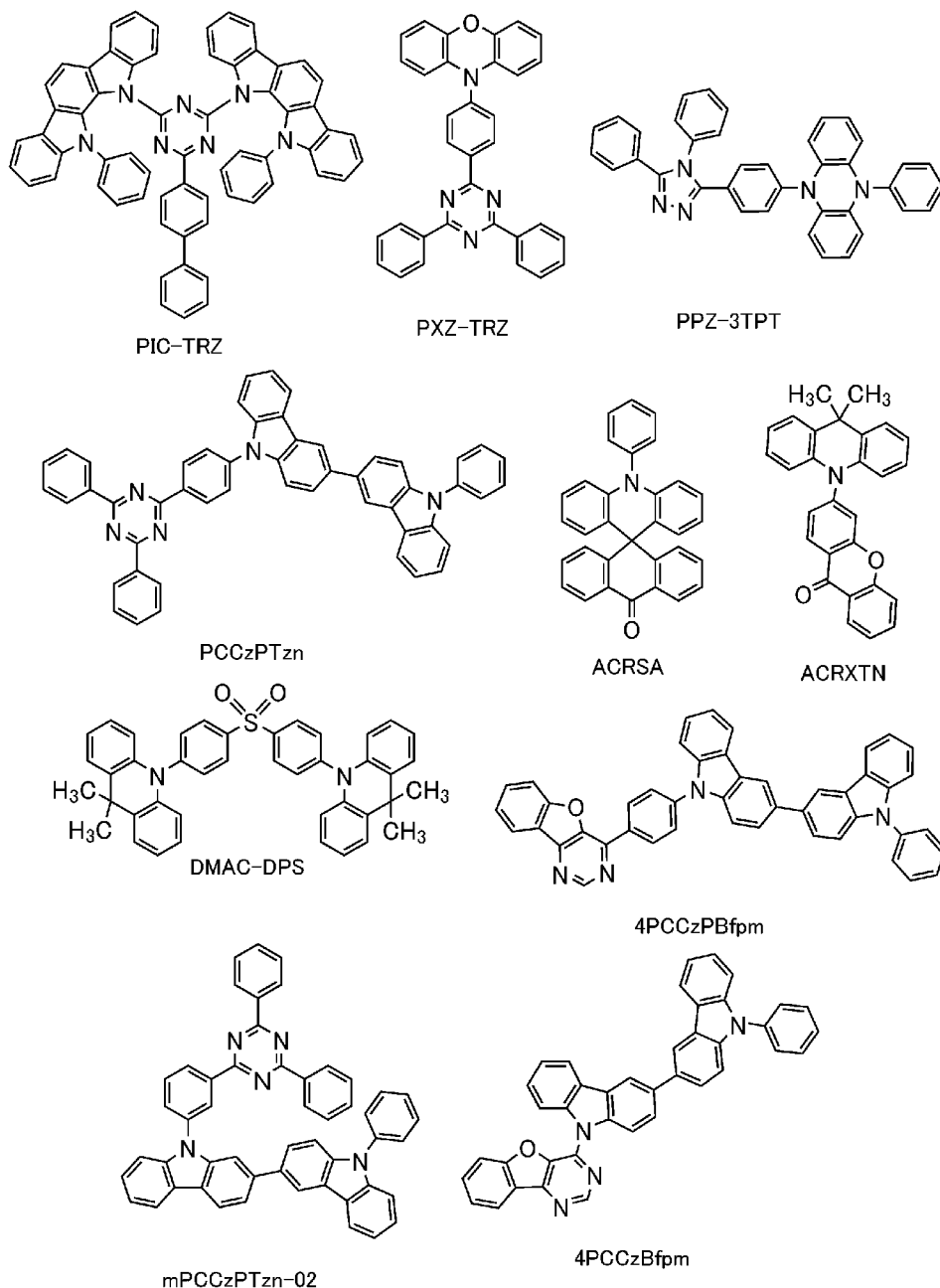
[Chemische Formel 24]



[0175] Alternativ kann eine heterocyclische Verbindung mit einem π -elektronenreichen heteroaromatischen Ring und einem π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring, wie z. B. 2-(Biphenyl-4-yl)-4,6-bis(12-phenylindolo[2,3-a]carbazol-11-yl)-1,3,5-triazin (Abkürzung: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(A'-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-9-yl]phenyl}-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PCCzPTzn), 2-[4-(10H-Phenoxazin-10-yl)phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-Phenyl-5,10-dihydrophenazin-10-yl)phenyl]-4,5-diphenyl-1,2,4-triazol (Abkürzung: PPZ-3TPT), 3-(9,9-Dimethyl-9H-acridin-10-yl)-9H-xanthen-9-on (Abkürzung: ACRXTN), Bis[4-(9,9-dimethyl-9,10-dihydroacridin)phenyl]sulfon (Abkürzung: DMAC-DPS), 10-Phenyl-10H, 10'H-spiro[acridin-9,9'-anthracen]-10'-on (Abkürzung: ACRSA), 4-(9'-Phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol-9-yl)benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4PCCzBfpm), 4-[4-(9'-Phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol-9-yl)phenyl]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4PCCzPBfpm) oder 9-[3-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-9'-phenyl-2,3'-bi-9H-carbazol (Abkürzung: mPCCzPTzn-02), verwendet werden.

[0176] Es sei angemerkt, dass eine Substanz, in der ein π -elektronenreicher heteroaromatischer Ring direkt an einen π -elektronenarmen heteroaromatischen Ring gebunden ist, besonders bevorzugt wird, da sowohl die Donatoreigenschaft des π -elektronenreichen heteroaromatischen Rings als auch die Akzeptoreigenschaft des π -elektronenarmen heteroaromatischen Rings verbessert werden und die Energiedifferenz zwischen dem Singulett-Anregungszustand und dem Triplett-Anregungszustand klein wird.

[Chemische Formel 25]



[0177] Außer den vorstehend beschriebenen Substanzen kann als Beispiel für die zweite organische Verbindung **122**, die ein Material mit einer Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Lichtemission ist, eine Nano-Struktur einer Übergangsmetallverbindung mit einer Perowskit-Struktur angegeben werden. Insbesondere wird eine Nano-Struktur eines Metallhalogenid-Perowskit-Materials bevorzugt. Die Nano-Struktur ist vorzugsweise ein Nanoteilchen oder ein Nanostab.

[0178] Außer den vorstehend beschriebenen Substanzen können als Beispiele für die Licht emittierende Substanz, die die Singulett-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandelt und als Licht emittierende Schicht **113** verwendet werden kann, die folgenden Substanzen, die eine Fluoreszenz emittieren (fluoreszierende Substanzen), angegeben werden: ein Pyren-Derivat, ein Anthracen-Derivat, ein Triphenylen-Derivat, ein Fluoren-Derivat, ein Carbazol-Derivat, ein Dibenzothiophen-Derivat, ein Dibenzofuran-Derivat, ein Dibenzochinoxalin-Derivat, ein Chinoxalin-Derivat, ein Pyridin-Derivat, ein Pyrimidin-Derivat, ein Phenanthren-Derivat und ein Naphthalin-Derivat. Ein Pyren-Derivat wird besonders bevorzugt, da es eine hohe Emissionsquantenausbeute aufweist. Spezifische Beispiele für Pyren-Derivate umfassen N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn), N,N'-Diphenyl-N,N'-bis[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6FLPAPrn), N,N'-Bis(dibenzofuran-2-yl)-N,N'-diphenylpyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6FrAPrn), N,N'-Bis(dibenzothiophen-2-yl)-N,N'-diphenylpyren-1,6-

diamin (Abkürzung: 1,6ThAPrn), N,N'-(Pyren-1,6-diyl)bis[(N-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-6-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn), N,N'-(Pyren-1,6-diyl)bis[(N-phenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-8-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn-02) und N,N'-(Pyren-1,6-diyl)bis[(6,N-diphenylbenzo[b]naphtho[1,2-d]furan)-8-amin] (Abkürzung: 1,6BnfAPrn-03).

[0179] Außerdem ist es möglich, 5,6-Bis[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAP2BPy), 5,6-Bis[4'-(10-phenyl-9-anthryl)biphenyl-4-yl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAPP2BPy), N,N'-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: PCA-PA), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), 4-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPBA), Perylen, 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylen (Abkürzung: TBP), N,N''-(2-tert-Butylanthracen-9,10-diyl)-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-phenyldiamin] (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-phenyldiamin (Abkürzung: 2DPAPPA) oder dergleichen zu verwenden.

[0180] Beispiele für die dritte organische Verbindung **123**, die das Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht **113** ist, umfassen kondensierte polycyclische aromatische Verbindungen, wie z. B. ein Anthracen-Derivat, ein Tetracen-Derivat, ein Phenanthren-Derivat, ein Pyren-Derivat, ein Chrysen-Derivat und ein Dibenzo[g,p]chrysen-Derivat.

[0181] Spezifische Beispiele für die vorstehende Verbindung umfassen 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA), 3,6-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: DPCzPA), 3-[4-(1-Naphthyl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPN), 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), YGAPA, PCAPA, N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPBA), N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), 6,12-Dimethoxy-5,11-diphenylchrysen, N,N,N',N'',N''',N''''-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysen-2,7,10,15-tetraamin (Abkürzung: DBC1), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthracenyl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-benzo[b]naphtho[1,2-d]furan (Abkürzung: 2mBnfPPA), 9-Phenyl-10-[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)biphenyl-4-yl]anthracen (Abkürzung: FLPPA), 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 9,9'-Bianthryl (Abkürzung: BANT), 9,9'-(Stilben-3,3'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS), 9,9'-(Stilben-4,4'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS2), 1,3,5-Tri(1-pyrenyl)benzol (Abkürzung: TPB3), 5,12-Diphenyltetracen und 5,12-Bis(biphenyl-2-yl)tetracen.

[0182] Außer den vorstehend beschriebenen Beispielen können als dritte organische Verbindung **123**, die das Wirtsmaterial der Licht emittierenden Schicht **113** ist, ein aromatisches Amin, ein Carbazol-Derivat, ein Dibenzothiophen-Derivat, ein Dibenzofuran-Derivat, ein auf Zink oder Aluminium basierender Metallkomplex, ein Oxadiazol-Derivat, ein Triazol-Derivat, ein Benzimidazol-Derivat, ein Chinoxalin-Derivat, ein Dibenzochinoxalin-Derivat, ein Pyrimidin-Derivat, ein Pyrazin-Derivat, ein Triazin-Derivat, ein Pyridin-Derivat, ein Bipyridin-Derivat, ein Phenanthrolin-Derivat oder dergleichen verwendet werden.

[0183] Spezifische Beispiele dafür umfassen 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]benzol (Abkürzung: OXD-7), 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11), Triazol-Derivate, wie z. B. 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ) und 3-(4-tert-Butylphenyl)-4-(4-ethylphenyl)-5-(4-biphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: p-EtTAZ), 2,2',2''-(1,3,5-Benzotriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI), 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol (Abkürzung: mDBTBI-II), 4,4'-Bis(5-methylbenzoxazol-2-yl)stilben (Abkürzung: BzOs), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP), 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBphen) und Chinoxalin-Derivate und Dibenzochinoxalin-Derivate, wie z. B. 2-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-Carbazol-9-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mCzBPDBq), 2-[4-(3,6-Diphenyl-9H-carbazol-9-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2CzPDBq-III), 7-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 7mDBTPDBq-II) und 6-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 6mDBTPDBq-II).

[0184] Weitere Beispiele umfassen Pyrimidin-Derivate, wie z. B. 4,6-Bis[3-(phenanthren-9-yl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mPnP2Pm), 4,6-Bis[3-(4-dibenzothieryl)phenyl]pyrimidin (Abkürzung: 4,6mDBTP2Pm-II) und 9,9'-(Pyrimidin-4,6-diyl-di-3,1-phenylen)bis(9H-carbazol) (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), Triazin-Derivate, wie z. B. 2-f4-[3-(N-Phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H-carbazol-9-yl]phenyl]-4,6-diphenyl-1,3,5-triazin (Abkürzung: PCCz-PTzn) und 9-[3-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-9'-phenyl-2,3'-bi-9H-carbazol (Abkürzung: mPCCzPTzn-02), und Pyridin-Derivate, wie z. B. 3,5-Bis[3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]pyridin (Abkürzung: 35DCzPPy) und 1,3,5-Tri[3-(3-pyridyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TmPyPB).

[0185] Als weitere Alternative kann eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Poly(2,5-pyridindiy) (Abkürzung: PPy), Poly[(9,9-dihexylfluoren-2,7-diyl)-co-(pyridin-3,5-diyl)] (Abkürzung: PF-Py) oder Poly[(9,9-dioctylfluoren-2,7-diyl)-co-(2,2'-bipyridin-6,6'-diyl)] (Abkürzung: PF-BPy), verwendet werden.

<Elektronentransportschicht>

[0186] Die Elektronentransportschicht **114** transportiert Elektronen, die von der zweiten Elektrode **102** durch die Elektroneninjectionsschicht **115** injiziert werden, zu der Licht emittierenden Schicht **113**. Es sei angemerkt, dass die Elektronentransportschicht **114** ein Elektronentransportmaterial enthält. Das Elektronentransportmaterial, das in der Elektronentransportschicht **114** enthalten ist, ist vorzugsweise eine Substanz mit einer Elektronenbeweglichkeit von höher als oder gleich $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Es sei angemerkt, dass auch eine beliebige andere Substanz verwendet werden kann, solange die Substanz Elektronen leichter transportiert als sie Löcher transportiert. Die Elektronentransportschicht **114** und Elektronentransportschichten **114a** und **114b** funktionieren jeweils auch mit einer einschichtigen Struktur; jedoch können dann, wenn die Elektronentransportschicht **114** eine mehrschichtige Struktur mit zwei oder mehr Schichten je nach Bedarf aufweist, die Vorrichtungseigenschaften verbessert werden.

[0187] Beispiele für eine organische Verbindung, die für die Elektronentransportschicht **114** verwendet werden kann, umfassen Materialien mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft (Elektronentransportmaterialien), wie z. B. eine organische Verbindung mit einer Struktur, bei der ein aromatischer Ring mit einem Furan-Ring eines Furodiazin-Gerüsts fusioniert ist, einen Metallkomplex mit einem Chinolin-Gerüst, einen Metallkomplex mit einem Benzochinolin-Gerüst, einen Metallkomplex mit einem Oxazol-Gerüst, einen Metallkomplex mit einem Thiazol-Gerüst, ein Oxadiazol-Derivat, ein Triazol-Derivat, ein Imidazol-Derivat, ein Oxazol-Derivat, ein Thiazol-Derivat, ein Phenanthrolin-Derivat, ein Chinolin-Derivat mit einem Chinolin-Liganden, ein Benzochinolin-Derivat, ein Chinoxalin-Derivat, ein Dibenzochinoxalin-Derivat, ein Pyridin-Derivat, ein Bipyridin-Derivat, ein Pyrimidin-Derivat und eine π -elektronenarme heteroaromatische Verbindung (z. B. eine stickstoffhaltige heteroaromatische Verbindung).

[0188] Spezifische Beispiele für das Elektronentransportmaterial umfassen Metallkomplexe mit einem Chinolin-Gerüst oder einem Benzochinolin-Gerüst, wie z. B. 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]dibenzo[f,h]chinoxalin (Abkürzung: 2mDBTBPDq-II), 5-[3-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-7,7-dimethyl-5H,7H-indeno[2,1-b]carbazol (Abkürzung: mINc(II)PTzn), 4-[3-(Dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-8-(naphthalen-2-yl)-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 8 β N-4mDBtPBfpm), 3,8-Bis[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]benzofuro[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 3,8mDBtP2Bfpr), 4,8-Bis[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 4,8mDBtP2Bfpm), 9-[(3'-Dibenzothiophen-4-yl)biphenyl-3-yl]naphtho[1',2'-4,5]furo[2,3-b]pyrazin (Abkürzung: 9mDBtBPNfpr), 8-[3'-(Dibenzothiophen-4-yl)(1,1'-biphenyl-3-yl)]naphtho[1',2':4,5]furo[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 8mDBtBPNfpm), 8-[(2,2'-Binaphthalen)-6-yl]-4-[3-(dibenzothiophen-4-yl)phenyl]-[1]benzofuro[3,2-d]pyrimidin (Abkürzung: 8(β N2)-4mDBtPBfpm), Tris(8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Alq₃), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium (Abkürzung: Alm_{q3}), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAiq) und Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), und Metallkomplexe mit einem Oxazol-Gerüst oder einem Thiazol-Gerüst, wie z. B. Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ).

[0189] Es ist möglich, außer den Metallkomplexen Oxadiazol-Derivate, wie z. B. PBD, OXD-7 und CO11, Triazol-Derivate, wie z. B. TAZ und p-EtTAZ, Imidazol-Derivate (darunter auch Benzimidazol-Derivate), wie z. B. TPBI und mDBTBI-II, ein Oxazol-Derivat, wie z. B. BzOs, Phenanthrolin-Derivate, wie z. B. BPhen, BCP und NBphen, Chinoxalin-Derivate und Dibenzochinoxalin-Derivate, wie z. B. 2mDBTBPDq-II, 2mDBTBPDq-II, 2mCzBPDBq, 2CzPDBq-III, 7mDBTBPDq-II und 6mDBTBPDq-II, Pyridin-Derivate, wie z. B. 35DCzPPy und TmPyPB, Pyrimidin-Derivate, wie z. B. 4,6mPnP2Pm, 4,6mDBTP2Pm-II und 4,6mCzP2Pm, und Triazin-Derivate, wie z. B. PCCzPTzn und mPCCzPTzn-02, zu verwenden.

[0190] Es ist auch möglich, hochmolekulare Verbindungen, wie z. B. PPy, PF-Py und PF-BPy, zu verwenden.

<Elektroneninjectionsschicht>

[0191] Die Elektroneninjectionsschicht **115** ist eine Schicht zum Erhöhen der Effizienz der Elektroneninjection von der zweiten Elektrode (Kathode) **102** und wird vorzugsweise unter Verwendung eines Materials ausgebildet, dessen Wert des LUMO-Niveaus eine kleine Differenz (von 0,5 eV oder weniger) zu der Austrittsarbeit eines Materials, das für die zweite Elektrode (Kathode) **102** verwendet wird, aufweist. Daher kann die Elektroneninjectionsschicht **115** unter Verwendung eines Alkalimetalls, eines Erdalkalimetalls oder einer Verbindung davon, wie z. B. Lithium, Cäsium, Lithiumfluorid (LiF), Cäsiumfluorid (CsF), Calciumfluorid (CaF₂), 8-(Chinolinolato)-lithium (Abkürzung: Liq), 2-(2-Pyridyl)phenolatolithium (Abkürzung: LiPP), 2-(2-Pyridyl)-3-pyridinolatolithium (Abkürzung: LiPPy), 4-Phenyl-2-(2-pyridyl)phenolatolithium (Abkürzung: LiPPP), Lithiumoxid (LiO_x) oder Cäsiumcarbonat, ausgebildet werden. Es kann auch eine Seltenerdmetallverbindung wie Erbiumfluorid (ErF₃) verwendet werden.

[0192] Wenn eine Ladungserzeugungsschicht **104** zwischen zwei EL-Schichten (**103a** und **103b**) wie bei der Licht emittierenden Vorrichtung in **Fig. 6B** bereitgestellt wird, kann eine Struktur erhalten werden, bei der eine Vielzahl von EL-Schichten zwischen dem Paar von Elektroden übereinander angeordnet ist (die Struktur wird auch als Tandem-Struktur bezeichnet). Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform die Funktionen und Materialien der Lochinjectionsschicht **111**, der Lochtransportschicht **112**, der Licht emittierenden Schicht **113**, der Elektronentransportschicht **114** und der Elektroneninjectionsschicht **115**, die in **Fig. 6A** dargestellt werden, gleich wie diejenigen von Lochinjectionsschichten **111a** und **111b**, Lochtransportschichten **112a** und **112b**, Licht emittierenden Schichten **113a** und **113b**, den Elektronentransportschichten **114a** und **114b** sowie Elektroneninjectionsschichten **115a** und **115b** sind, die in **Fig. 6B** dargestellt werden.

<Ladungserzeugungsschicht>

[0193] Bei der Licht emittierenden Vorrichtung in **Fig. 6B** weist die Ladungserzeugungsschicht **104** eine Funktion zum Injizieren von Elektronen in die EL-Schicht **103a** und zum Injizieren von Löchern in die EL-Schicht **103b** auf, wenn eine Spannung zwischen der ersten Elektrode (Anode) **101** und der zweiten Elektrode (Kathode) **102** angelegt wird. Die Ladungserzeugungsschicht **104** kann entweder eine Struktur, bei der einem Lochtransportmaterial ein Elektronenakzeptor (Akzeptor) zugesetzt ist, oder eine Struktur aufweisen, bei der einem Elektronentransportmaterial ein Elektronendonator (Donator) zugesetzt ist. Alternativ können beide dieser Schichten übereinander angeordnet sein. Es sei angemerkt, dass das Ausbilden der Ladungserzeugungsschicht **104** unter Verwendung eines beliebigen der vorstehenden Materialien einen durch die Schichtanordnung der EL-Schichten verursachten Anstieg der Betriebsspannung unterdrücken kann.

[0194] In dem Fall, in dem die Ladungserzeugungsschicht **104** eine Struktur aufweist, bei der einem Lochtransportmaterial ein Elektronenakzeptor zugesetzt ist, kann ein beliebiges der Materialien, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, als Lochtransportmaterial verwendet werden. Als Elektronenakzeptor können 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorchinodimethan (Abkürzung: F₄-TCNQ), Chloranil und dergleichen verwendet werden. Weitere Beispiele umfassen Oxide von Metallen, die zu den Gruppen 4 bis 8 des Periodensystems gehören. Spezifische Beispiele sind Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid und Rheniumoxid.

[0195] In dem Fall, in dem die Ladungserzeugungsschicht **104** eine Struktur aufweist, bei der einem Elektronentransportmaterial ein Elektronendonator zugesetzt ist, kann ein beliebiges der Materialien, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, als Elektronentransportmaterial verwendet werden. Als Elektronendonator können ein Alkalimetall, ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall, Metalle, die zu den Gruppen 2 und 13 des Periodensystems gehören, oder ein Oxid oder Carbonat davon verwendet werden. Insbesondere wird vorzugsweise Lithium (Li), Cäsium (Cs), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Ytterbium (Yb), Indium (In), Lithiumoxid, Cäsiumcarbonat oder dergleichen verwendet. Eine organische Verbindung, wie z. B. Tetrathianaphthacen, kann als Elektronendonator verwendet werden.

[0196] Obwohl **Fig. 6B** die Struktur darstellt, bei der zwei EL-Schichten **103** übereinander angeordnet sind, können drei oder mehr EL-Schichten übereinander angeordnet sein, wobei Ladungserzeugungsschichten jeweils zwischen zwei benachbarten EL-Schichten bereitgestellt werden.

<Substrat>

[0197] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Licht emittierende Vorrichtung kann über einem beliebigen verschiedener Substrate ausgebildet werden. Es sei angemerkt, dass die Substratart nicht auf eine bestimmte Art beschränkt ist. Beispiele für das Substrat umfassen Halbleitersubstrate (z. B. ein einkristallines Substrat und ein Siliziumsubstrat), ein SOI-Substrat, ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Kunststoffsubstrat, ein Metallsubstrat, ein Edelstahlsubstrat, ein Substrat, das eine Edelstahlfolie enthält, ein Wolframsubstrat, ein Substrat, das eine Wolframfolie enthält, ein flexibles Substrat, einen Befestigungsfilm, Papier, das ein Fasermaterial enthält, und einen Basismaterialfilm.

[0198] Beispiele für das Glassubstrat umfassen ein Bariumborosilikatglas-Substrat, ein Aluminiumborosilikatglas-Substrat und ein Kalknatronglas-Substrat. Beispiele für das flexible Substrat, den Befestigungsfilm und den Basismaterialfilm umfassen Kunststoffe, die typischerweise Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylen-naphthalat (PEN) und Polyethersulfon (PES) sind, ein synthetisches Harz, wie z. B. ein Acrylharz, Polypropylen, Polyester, Polyvinylfluorid, Polyvinylchlorid, Polyamid, Polyimid, ein Aramidharz, ein Epoxidharz, einen durch Verdampfung abgeschiedenen anorganischen Film und Papier.

[0199] Für die Herstellung der Licht emittierenden Vorrichtung dieser Ausführungsform kann ein Vakuumprozess, wie z. B. ein Verdampfungsverfahren, oder ein Lösungsprozess, wie z. B. ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder ein Tintenstrahlverfahren, verwendet werden. Wenn ein Verdampfungsverfahren verwendet wird, kann ein physikalisches Gasphasenabscheidungsverfahren (physical vapor deposition method, PVD-Verfahren), wie z. B. ein Sputterverfahren, ein Ionenplattierungsverfahren, ein Ionenstrahlverdampfungsverfahren, ein Molekularstrahlverdampfungsverfahren oder ein Vakuumverdampfungsverfahren, ein chemisches Gasphasenabscheidungsverfahren (chemical vapor deposition method, CVD-Verfahren) oder dergleichen verwendet werden. Insbesondere können die in den EL-Schichten enthaltenen Funktionsschichten (die Lochinjektionsschichten **111**, **111a** und **111b**, die Lochtransportschichten **112**, **112a** und **112b**, die Licht emittierenden Schichten **113**, **113a** und **113b**, die Elektronentransportschichten **114**, **114a** und **114b** und die Elektroneninjectionsschichten **115**, **115a** und **115b**) sowie die Ladungserzeugungsschichten **104**, **104a** und **104b** der Licht emittierenden Vorrichtung durch ein Verdampfungsverfahren (z. B. ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Beschichtungsverfahren (z. B. ein Tauchbeschichtungsverfahren, ein Düsenbeschichtungsverfahren, ein Stabbeschichtungsverfahren, ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder ein Sprühbeschichtungsverfahren), ein Druckverfahren (z. B. ein Tintenstrahlverfahren, Siebdruck (Schablonendruck), einen Offset-Druck (Flachdruck), Flexodruck (Hochdruck), Tiefdruck, Mikrokontaktdruck oder Nanoprägelithographie) oder dergleichen ausgebildet werden.

[0200] Es sei angemerkt, dass Materialien, die für die in den EL-Schichten **103**, **103a** und **103b** enthaltenen Funktionsschichten (die Lochinjektionsschichten **111**, **111a** und **111b**, die Lochtransportschichten **112**, **112a** und **112b**, die Licht emittierenden Schichten **113**, **113a** und **113b**, die Elektronentransportschichten **114**, **114a** und **114b** sowie die Elektroneninjectionsschichten **115**, **115a** und **115b**) sowie die Ladungserzeugungsschichten **104**, **104a** und **104b** der bei dieser Ausführungsform beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtung verwendet werden können, nicht auf die vorstehenden Materialien beschränkt sind, und andere Materialien können in Kombination verwendet werden, solange die Funktionen der Schichten sichergestellt werden. Beispielsweise kann eine hochmolekulare Verbindung (z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer und ein Polymer), eine mittelmolekulare Verbindung (eine Verbindung zwischen einer niedermolekularen Verbindung und einer hochmolekularen Verbindung mit einem Molekulargewicht von 400 bis 4000) oder eine anorganische Verbindung (z. B. ein Quantenpunktmaterial) verwendet werden. Bei dem Quantenpunktmaterial kann es sich um ein gallertartiges Quantenpunktmaterial, ein legiertes Quantenpunktmaterial, ein Kern-Schale-Quantenpunktmaterial, ein Kern-Quantenpunktmaterial oder dergleichen handeln.

[0201] Die Strukturen, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, können in angemessener Kombination mit einer beliebigen der Strukturen verwendet werden, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden.

(Ausführungsform 4)

[0202] Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Es sei angemerkt, dass eine Licht emittierende Einrichtung, die in **Fig. 7A** dargestellt wird, eine Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung ist, bei der Transistoren (FETs) **202** über einem ersten Substrat **201** elektrisch mit Licht emittierenden Vorrichtungen (**203R**, **203G**, **203B** und **203W**) verbunden sind. Die Licht emittierenden Vorrichtungen (**203R**, **203G**, **203B** und **203W**) beinhalten eine gemeinsame EL-

Schicht **204** und weisen jeweils eine Mikrokavitätsstruktur auf, bei der die optische Weglänge zwischen Elektroden entsprechend der Emissionsfarbe der Licht emittierenden Vorrichtung angepasst ist. Die Licht emittierende Einrichtung ist eine Licht emittierende Top-Emission-Einrichtung, bei der Licht durch Farbfilter (**206R**, **206G** und **206B**), die an einem zweiten Substrat **205** ausgebildet sind, von der EL-Schicht **204** emittiert wird.

[0203] Die in **Fig. 7A** dargestellte Licht emittierende Einrichtung wird derart hergestellt, dass eine erste Elektrode **207** als reflektierende Elektrode dient und eine zweite Elektrode **208** als transflektive Elektrode dient, die Licht (sichtbares Licht oder Nah-Infrarotlicht) sowohl durchlässt als auch reflektiert. Es sei angemerkt, dass bezüglich der Elektrodenmaterialien für die erste Elektrode **207** und die zweite Elektrode **208** je nach Bedarf auf die Beschreibung einer der anderen Ausführungsformen verwiesen werden kann.

[0204] In dem Fall, in dem beispielsweise in **Fig. 7A** die Licht emittierende Vorrichtung **203R** als rote Licht emittierende Vorrichtung dient, die Licht emittierende Vorrichtung **203G** als grüne Licht emittierende Vorrichtung dient, die Licht emittierende Vorrichtung **203B** als blaue Licht emittierende Vorrichtung dient und die Licht emittierende Vorrichtung **203W** als weiße Licht emittierende Vorrichtung dient, wird, wie in **Fig. 7B** dargestellt, ein Abstand zwischen der ersten Elektrode **207** und der zweiten Elektrode **208** in der Licht emittierenden Vorrichtung **203R** angepasst, um eine optische Weglänge **200R** zu erhalten, ein Abstand zwischen der ersten Elektrode **207** und der zweiten Elektrode **208** in der Licht emittierenden Vorrichtung **203G** wird angepasst, um eine optische Weglänge **200G** zu erhalten, und ein Abstand zwischen der ersten Elektrode **207** und der zweiten Elektrode **208** in der Licht emittierenden Vorrichtung **203B** wird angepasst, um eine optische Weglänge **200B** zu erhalten. Es sei angemerkt, dass die optische Anpassung derart durchgeführt werden kann, dass, wie in **Fig. 7B** dargestellt, bei der Licht emittierenden Vorrichtung **203R** eine leitende Schicht **210R** über der ersten Elektrode **207** angeordnet ist und bei der Licht emittierenden Vorrichtung **203G** eine leitende Schicht **210G** über der ersten Elektrode **207** angeordnet ist.

[0205] Das zweite Substrat **205** ist mit den Farbfiltern (**206R**, **206G** und **206B**) versehen. Es sei angemerkt, dass die Farbfilter jeweils sichtbares Licht in einem bestimmten Wellenlängenbereich durchlassen und sichtbares Licht in einem bestimmten Wellenlängenbereich blockieren. Daher wird, wie in **Fig. 7A** dargestellt, der Farbfilter **206R**, der nur Licht im roten Wellenlängenbereich durchlässt, an einer Stelle bereitgestellt, an der er die Licht emittierende Vorrichtung **203R** überlappt, wodurch eine rote Lichtemission von der Licht emittierenden Vorrichtung **203R** erhalten werden kann. Des Weiteren wird der Farbfilter **206G**, der nur Licht im grünen Wellenlängenbereich durchlässt, an einer Stelle bereitgestellt, an der er die Licht emittierende Vorrichtung **203G** überlappt, wodurch eine grüne Lichtemission von der Licht emittierenden Vorrichtung **203G** erhalten werden kann. Außerdem wird der Farbfilter **206B**, der nur Licht im blauen Wellenlängenbereich durchlässt, an einer Stelle bereitgestellt, an der er die Licht emittierende Vorrichtung **203B** überlappt, wodurch eine blaue Lichtemission von der Licht emittierenden Vorrichtung **203B** erhalten werden kann. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Vorrichtung **203W** ohne Farbfilter weißes Licht emittieren kann. Es sei angemerkt, dass eine schwarze Schicht (Schwarzmatrix) **209** an einem Endabschnitt jedes Farbfilters bereitgestellt werden kann. Die Farbfilter (**206R**, **206G** und **206B**) und die schwarze Schicht **209** können mit einer Abdeckschicht, die unter Verwendung eines durchsichtigen Materials ausgebildet wird, bedeckt werden.

[0206] Obwohl die Licht emittierende Einrichtung in **Fig. 7A** eine Struktur aufweist, bei der Licht von der Seite des zweiten Substrats **205** extrahiert wird (Top-Emission-Struktur), kann, wie in **Fig. 7C** dargestellt, eine Struktur zum Einsatz kommen, bei der Licht von der Seite des ersten Substrats **201**, über dem die FETs **202** ausgebildet sind, extrahiert wird (Bottom-Emission-Struktur). Im Falle einer Licht emittierenden Bottom-Emission-Einrichtung wird die erste Elektrode **207** als transflektive Elektrode ausgebildet und die zweite Elektrode **208** wird als reflektierende Elektrode ausgebildet. Als erstes Substrat **201** wird ein Substrat verwendet, das mindestens ein Lichttransmissionsvermögen aufweist. Wie in **Fig. 7C** dargestellt, werden Farbfilter (**206R'**, **206G'** und **206B'**) näher an dem ersten Substrat **201** bereitgestellt als die Licht emittierenden Vorrichtungen (**203R**, **203G** und **203B**).

[0207] In **Fig. 7A** handelt es sich bei den Licht emittierenden Vorrichtungen um die rote Licht emittierende Vorrichtung, die grüne Licht emittierende Vorrichtung, die blaue Licht emittierende Vorrichtung und die weiße Licht emittierende Vorrichtung; jedoch sind die Licht emittierenden Vorrichtungen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf das Vorstehende beschränkt, und eine gelbe Licht emittierende Vorrichtung oder eine orange Licht emittierende Vorrichtung kann verwendet werden. Es sei angemerkt, dass bezüglich der Materialien, die für die EL-Schichten (eine Licht emittierende Schicht, eine Lochinjektionsschicht, eine Lochtransportschicht, eine Elektronentransportschicht, eine Elektroneninjectionsschicht, eine Ladungserzeugungsschicht und dergleichen) verwendet werden, je nach Bedarf auf die Beschreibung einer der anderen Ausführungsformen verwiesen werden kann, um jede der Licht emittierenden Vorrichtungen herzustellen. In diesem

Fall muss ein Farbfilter entsprechend der Emissionsfarbe der Licht emittierenden Vorrichtung in geeigneter Weise ausgewählt werden.

[0208] Mit der vorstehenden Struktur kann eine Licht emittierende Einrichtung, die Licht emittierende Vorrichtungen beinhaltet, die eine Vielzahl von Emissionsfarben aufweisen, hergestellt werden.

[0209] Die Strukturen, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, können in angemessener Kombination mit einer beliebigen der Strukturen verwendet werden, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden.

(Ausführungsform 5)

[0210] Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0211] Die Verwendung der Vorrichtungsstruktur der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht die Herstellung einer Licht emittierenden Aktivmatrix-Einrichtung oder einer Licht emittierenden Passivmatrix-Einrichtung. Es sei angemerkt, dass eine Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung eine Struktur aufweist, die eine Kombination aus einer Licht emittierenden Vorrichtung und einem Transistor (FET) aufweist. Daher sind eine Licht emittierende Passivmatrix-Einrichtung und eine Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung jeweils eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es sei angemerkt, dass eine beliebige der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen für die bei dieser Ausführungsform beschriebene Licht emittierende Einrichtung verwendet werden kann.

[0212] Bei dieser Ausführungsform wird eine Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung anhand von **Fig. 8A** und **Fig. 8B** beschrieben.

[0213] **Fig. 8A** ist eine Draufsicht, die die Licht emittierende Einrichtung darstellt, und **Fig. 8B** ist eine Querschnittsansicht, die entlang der Kettenlinie A-A' in **Fig. 8A** entnommen wurde. Die Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung beinhaltet einen Pixelabschnitt **302**, einen Treiberschaltungsabschnitt (Source-Leitungstreiberschaltung) **303** und Treiberschaltungsabschnitte (Gate-Leitungstreiberschaltungen) (**304a** und **304b**), welche über einem ersten Substrat **301** bereitgestellt sind. Der Pixelabschnitt **302** und die Treiberschaltungsabschnitte (**303**, **304a** und **304b**) werden mit einem Dichtungsmittel **305** zwischen dem ersten Substrat **301** und einem zweiten Substrat **306** abgedichtet.

[0214] Eine Anschlussleitung **307** wird über dem ersten Substrat **301** bereitgestellt. Die Anschlussleitung **307** ist elektrisch mit einer FPC **308** verbunden, die ein externer Eingangsanschluss ist. Es sei angemerkt, dass die FPC **308** ein Signal (z. B. ein Videosignal, ein Taktsignal, ein Startsignal oder ein Rücksetzsignal) oder ein Potential von außen auf die Treiberschaltungsabschnitte (**303**, **304a** und **304b**) überträgt. Die FPC **308** kann mit einer gedruckten Leiterplatte (printed wiring board, PWB) versehen sein. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einrichtung, die mit einer FPC oder einer PWB versehen ist, in der Kategorie einer Licht emittierenden Einrichtung enthalten ist.

[0215] **Fig. 8B** stellt eine Querschnittsstruktur der Licht emittierenden Einrichtung dar.

[0216] Der Pixelabschnitt **302** beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln, die jeweils einen FET (Schalt-FET) **311**, einen FET (Stromsteuer-FET) **312** und eine erste Elektrode **313** beinhalten, die elektrisch mit dem FET **312** verbunden ist. Es sei angemerkt, dass die Anzahl der FETs, die in jedem Pixel enthalten sind, nicht besonders beschränkt ist und in geeigneter Weise eingestellt werden kann.

[0217] Beispielsweise kann als FETs **309**, **310**, **311** und **312** ohne besondere Beschränkung ein Staggered-Transistor oder ein Inverted-Staggered-Transistor verwendet werden. Es kann ein Top-Gate-Transistor, ein Bottom-Gate-Transistor oder dergleichen verwendet werden.

[0218] Es sei angemerkt, dass es keine besondere Beschränkung bezüglich der Kristallinität eines Halbleiters gibt, der für die FETs **309**, **310**, **311** und **312** verwendet werden kann; es kann ein amorpher Halbleiter oder ein Halbleiter mit Kristallinität (ein mikrokristalliner Halbleiter, ein polykristalliner Halbleiter, ein einkristalliner Halbleiter oder ein Halbleiter, der teilweise Kristallbereiche enthält) verwendet werden. Vorzugsweise wird ein Halbleiter mit Kristallinität verwendet, wobei in diesem Fall eine Verschlechterung der Transistoreigenschaften verhindert werden kann.

[0219] Für den Halbleiter kann beispielsweise ein Element der Gruppe 14, ein Verbindungshalbleiter, ein Oxidhalbleiter, ein organischer Halbleiter oder dergleichen verwendet werden. Als typisches Beispiel kann ein Halbleiter, der Silizium enthält, ein Halbleiter, der Galliumarsenid enthält, oder ein Oxidhalbleiter, der Indium enthält, verwendet werden.

[0220] Der Treiberschaltungsabschnitt **303** beinhaltet den FET **309** und den FET **310**. Der Treiberschaltungsabschnitt **303** kann mit einer Schaltung, die Transistoren mit dem gleichen Leitungstyp (entweder n-Kanal-Transistoren oder p-Kanal-Transistoren) beinhaltet, oder mit einer CMOS-Schaltung ausgebildet werden, die einen n-Kanal-Transistor sowie einen p-Kanal-Transistor beinhaltet. Des Weiteren kann eine Treiberschaltung außen bereitgestellt sein.

[0221] Ein Endabschnitt der ersten Elektrode **313** ist mit einem Isolator **314** bedeckt. Der Isolator **314** kann unter Verwendung einer organischen Verbindung, wie z. B. eines negativen lichtempfindlichen Harzes oder eines positiven lichtempfindlichen Harzes (Acrylharzes), oder einer anorganischen Verbindung, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid oder Siliziumnitrid, ausgebildet werden. Der Isolator **314** weist vorzugsweise eine gekrümmte Oberfläche mit einer Krümmung an seinem oberen Endabschnitt oder unteren Endabschnitt auf. In diesem Fall kann eine vorteilhafte Abdeckung mit einem Film, der über dem Isolator **314** ausgebildet wird, erhalten werden.

[0222] Eine EL-Schicht **315** und eine zweite Elektrode **316** sind über der ersten Elektrode **313** angeordnet. Die EL-Schicht **315** umfasst eine Licht emittierende Schicht, eine Lochinjektionsschicht, eine Lochtransportschicht, eine Elektronentransportschicht, eine Elektroneninjektionsschicht, eine Ladungserzeugungsschicht und dergleichen.

[0223] Die Struktur und Materialien, welche bei einer der anderen Ausführungsformen beschrieben werden, können für die Komponenten einer Licht emittierenden Vorrichtung **317**, die bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, verwendet werden. Obwohl nicht dargestellt, ist die zweite Elektrode **316** elektrisch mit der FPC **308** verbunden, die ein externer Eingangsanschluss ist.

[0224] Obwohl die Querschnittsansicht in **Fig. 8B** nur eine einzige Licht emittierende Vorrichtung **317** darstellt, ist eine Vielzahl von Licht emittierenden Vorrichtungen in einer Matrix in dem Pixelabschnitt **302** angeordnet. Licht emittierende Vorrichtungen, die Licht von drei Arten von Farben (R, G und B) emittieren, werden selektiv in dem Pixelabschnitt **302** ausgebildet, wodurch eine Licht emittierende Einrichtung, die ein Vollfarbbild anzeigen kann, erhalten werden kann. Zusätzlich zu den Licht emittierenden Vorrichtungen, die Licht von drei Arten von Farben (R, G und B) emittieren, können beispielsweise Licht emittierende Vorrichtungen, die Licht von Weiß (W), Gelb (Y), Magenta (M), Zyan (C) und dergleichen emittieren, ausgebildet werden. Beispielsweise werden die Licht emittierenden Vorrichtungen, die Licht einiger der vorstehenden Farben emittieren, in Kombination mit den Licht emittierenden Vorrichtungen verwendet, die Licht von drei Arten von Farben (R, G und B) emittieren, wodurch Wirkungen, wie z. B. eine Verbesserung der Farbreinheit und eine Verringerung des Stromverbrauchs, erzielt werden können. Alternativ kann eine Licht emittierende Einrichtung, die ein Vollfarbbild anzeigen kann, durch eine Kombination mit Farbfiltern hergestellt werden. Als Farbfilter können rote (R), grüne (G), blaue (B), zyanfarbene (C), magentafarbene (M) und gelbe (Y) Farbfilter und dergleichen verwendet werden.

[0225] Wenn das zweite Substrat **306** und das erste Substrat **301** mit dem Dichtungsmittel **305** aneinander befestigt sind, werden die FETs (**309**, **310**, **311** und **312**) und die Licht emittierende Vorrichtung **317** über dem ersten Substrat **301** in einem Raum **318** bereitgestellt, der von dem ersten Substrat **301**, dem zweiten Substrat **306** und dem Dichtungsmittel **305** umschlossen ist. Es sei angemerkt, dass der Raum **318** mit einem Inertgas (z. B. Stickstoff oder Argon) oder einer organischen Substanz (darunter auch das Dichtungsmittel **305**) gefüllt sein kann.

[0226] Für das Dichtungsmittel **305** kann ein Epoxidharz, eine Glasfritte oder dergleichen verwendet werden. Für das Dichtungsmittel **305** wird vorzugsweise ein Material verwendet, das möglichst wenig Feuchtigkeit und Sauerstoff durchlässt. Als zweites Substrat **306** kann ein Substrat, das als erstes Substrat **301** verwendet werden kann, in ähnlicher Weise verwendet werden. Daher kann ein beliebiges der verschiedenen Substrate, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, in geeigneter Weise verwendet werden. Als Substrat kann ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat oder ein Kunststoffsubstrat, das aus einem faserverstärkten Kunststoff (fiber-reinforced plastic, FRP), Polyvinylfluorid (PVF), Polyester, einem Acrylharz oder dergleichen ausgebildet wird, verwendet werden. In dem Fall, in dem eine Glasfritte für das Dichtungsmittel verwendet wird, handelt es sich bei dem ersten Substrat **301** und dem zweiten Substrat **306** im Hinblick auf die Adhäsion vorzugsweise um Glassubstrate.

[0227] Auf diese Weise kann die Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung erhalten werden.

[0228] In dem Fall, in dem die Licht emittierende Aktivmatrix-Einrichtung über einem flexiblen Substrat bereitgestellt wird, können die FETs und die Licht emittierende Vorrichtung direkt über dem flexiblen Substrat ausgebildet werden; alternativ können die FETs und die Licht emittierende Vorrichtung über einem Substrat, das mit einer Trennschicht versehen ist, ausgebildet und dann durch Applikation von Wärme, Kraft, Laserlicht oder dergleichen an der Trennschicht abgetrennt werden, um auf ein flexibles Substrat übertragen zu werden. Für die Trennschicht kann beispielsweise eine Schichtanordnung, die anorganische Filme, wie z. B. einen Wolframfilm und einen Siliziumoxidfilm, umfasst, oder ein organischer Harzfilm aus Polyimid oder dergleichen verwendet werden. Beispiele für das flexible Substrat umfassen, zusätzlich zu einem Substrat, über dem ein Transistor ausgebildet werden kann, ein Papiersubstrat, ein Zellglassubstrat, ein Aramidfilm-Substrat, ein Polyimidfilm-Substrat, ein Stoffsubstrat (darunter auch eine Naturfaser (Seide, Baumwolle oder Hanf), eine Kunstfaser (Nylon, Polyurethan oder Polyester), eine Regeneratfaser (Acetat, Cupro, Viskose oder regenerierten Polyester) oder dergleichen), ein Ledersubstrat und ein Gummisubstrat. Unter Verwendung eines beliebigen dieser Substrate können eine Zunahme der Beständigkeit, eine Erhöhung der Wärmebeständigkeit, eine Gewichtsreduktion und eine Verringerung der Dicke erzielt werden.

[0229] Die in der Licht emittierenden Aktivmatrix-Einrichtung enthaltene Licht emittierende Vorrichtung kann gepulstes Licht (z. B. mit einer Frequenz von kHz oder MHz) emittieren, so dass das Licht für die Anzeige verwendet wird. Die Licht emittierende Vorrichtung, die unter Verwendung einer der vorstehenden organischen Verbindungen ausgebildet wird, weist ausgezeichnete Frequenzeigenschaften auf; daher kann die Zeit zum Betreiben der Licht emittierenden Vorrichtung verkürzt werden, was zu einer Verringerung des Stromverbrauchs führt. Des Weiteren verhindert eine Verringerung der Betriebszeit eine Wärmeerzeugung, so dass der Grad der Verschlechterung der Licht emittierenden Vorrichtung verringert werden kann.

[0230] Die Strukturen, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, können in angemessener Kombination mit einer beliebigen der Strukturen verwendet werden, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden.

(Ausführungsform 6)

[0231] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für verschiedene elektronische Geräte und ein Fahrzeug beschrieben, welche unter Verwendung der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung oder einer Licht emittierenden Einrichtung, die die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, hergestellt werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einrichtung hauptsächlich in einem Anzeigeabschnitt des elektronischen Geräts, das bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, verwendet werden kann.

[0232] Elektronische Geräte, die in **Fig. 9A** bis **Fig. 9E** dargestellt werden, können ein Gehäuse **7000**, einen Anzeigeabschnitt **7001**, einen Lautsprecher **7003**, eine LED-Lampe **7004**, Bedientasten **7005** (darunter auch einen Netzschalter oder einen Bedienschalter), einen Verbindungsanschluss **7006**, einen Sensor **7007** (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, einer chemischen Substanz, Ton, Zeit, Härte, einem elektrischen Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussrate, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahl), ein Mikrofon **7008** und dergleichen beinhalten.

[0233] **Fig. 9A** stellt einen tragbaren Computer dar, der zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten einen Schalter **7009**, einen Infrarotanschluss **7010** und dergleichen beinhalten kann.

[0234] **Fig. 9B** stellt eine tragbare Bildwiedergabevorrichtung (z. B. einen DVD-Spieler) dar, die mit einem Speichermedium versehen ist und zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten einen zweiten Anzeigeabschnitt **7002**, einen Speichermediumleseabschnitt **7011** und dergleichen beinhalten kann.

[0235] **Fig. 9C** stellt eine Digitalkamera dar, die eine Fernsehempfängsfunktion aufweist und zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten eine Antenne **7014**, einen Auslöseknopf **7015**, einen Bildempfängsabschnitt **7016** und dergleichen beinhalten kann.

[0236] **Fig. 9D** stellt ein tragbares Informationsendgerät dar. Das tragbare Informationsendgerät weist eine Funktion zum Anzeigen von Informationen auf drei oder mehr Oberflächen des Anzeigeabschnitts **7001** auf.

Hier werden Informationen **7052**, Informationen **7053** und Informationen **7054** auf unterschiedlichen Oberflächen angezeigt. Beispielsweise kann ein Benutzer des tragbaren Informationsendgeräts die Informationen **7053** checken, die derart angezeigt werden, dass sie von oberhalb des tragbaren Informationsendgeräts aus eingesehen werden können, wobei das tragbare Informationsendgerät in einer Brusttasche seines Kleidungsstücks aufbewahrt wird. Demzufolge kann beispielsweise der Benutzer die Anzeige sehen, ohne das tragbare Informationsendgerät aus der Tasche zu nehmen, und er kann entscheiden, ob er den Anruf annimmt.

[0237] Fig. 9E stellt ein tragbares Informationsendgerät (z. B. ein Smartphone) dar und kann den Anzeigeabschnitt **7001**, die Bedientaste **7005** und dergleichen in dem Gehäuse **7000** beinhalten. Es sei angemerkt, dass das tragbare Informationsendgerät einen Lautsprecher **7003**, einen Verbindungsanschluss **7006**, einen Sensor **7007** oder dergleichen beinhalten kann. Das tragbare Informationsendgerät kann einen Text und Bilddaten auf seiner Vielzahl von Oberflächen anzeigen. Hier werden drei Icons **7050** angezeigt. Außerdem können Informationen **7051**, die durch gestrichelte Rechtecke dargestellt werden, auf einer weiteren Oberfläche des Anzeigeabschnitts **7001** angezeigt werden. Beispiele für die Informationen **7051** umfassen eine Mitteilung der Ankunft einer E-Mail, einer SNS-Nachricht, eines Anrufs oder dergleichen, den Betreff und den Absender einer E-Mail, einer SNS-Nachricht oder dergleichen, das Datum, die Zeit, die verbleibende Batterieleistung und die Empfangsstärke einer Antenne. Das Icon **7050** oder dergleichen kann an der Stelle angezeigt werden, an der die Informationen **7051** angezeigt werden.

[0238] Fig. 9F stellt ein großes Fernsehgerät (auch als TV oder Fernsehempfänger bezeichnet) dar und kann das Gehäuse **7000**, den Anzeigeabschnitt **7001** und dergleichen beinhalten. Außerdem wird hier das Gehäuse **7000** von einem Fuß **7018** getragen. Das Fernsehgerät kann mit einer separaten Fernbedienung **7111** oder dergleichen bedient werden. Der Anzeigeabschnitt **7001** kann einen Berührungssensor beinhalten. Das Fernsehgerät kann durch Berühren des Anzeigeabschnitts **7001** mit einem Finger oder dergleichen bedient werden. Die Fernbedienung **7111** kann mit einem Anzeigeabschnitt zum Anzeigen von Informationen, die von der Fernbedienung **7111** ausgegeben werden, bereitgestellt sein. Durch Bedientasten oder einen Touchscreen der Fernbedienung **7111** können die Fernsehsender und die Lautstärke gesteuert werden, und Bilder, die auf dem Anzeigeabschnitt **7001** angezeigt werden, können gesteuert werden.

[0239] Die in **Fig. 9A** bis **Fig. 9F** dargestellten elektronischen Geräte können verschiedene Funktionen aufweisen, wie beispielsweise eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Informationen (eines Standbildes, eines bewegten Bildes, eines Textbildes und dergleichen) auf dem Anzeigeabschnitt, eine Touchscreen-Funktion, eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, des Datums, der Zeit und dergleichen, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung mittels verschiedener Arten von Software (Programmen), eine drahtlose Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Verbinden mit verschiedenen Computernetzwerken mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Übertragen und Empfangen verschiedener Daten mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion und eine Funktion zum Lesen eines Programms oder der Daten, das/die in einem Speichermedium gespeichert ist/sind, und zum Anzeigen des Programms oder der Daten auf dem Anzeigeabschnitt. Des Weiteren kann das elektronische Gerät, das eine Vielzahl von Anzeigeabschnitten beinhaltet, die folgenden Funktionen aufweisen: eine Funktion zum Anzeigen von Bilddaten hauptsächlich auf einem Anzeigeabschnitt, während Textdaten hauptsächlich auf einem anderen Anzeigeabschnitt angezeigt werden, eine Funktion zum Anzeigen eines dreidimensionalen Bildes durch Anzeigen von Bildern auf einer Vielzahl von Anzeigeabschnitten unter Berücksichtigung einer Parallaxe oder dergleichen. Des Weiteren kann das elektronische Gerät, das einen Bildempfangsabschnitt beinhaltet, die folgenden Funktionen aufweisen: eine Funktion zum Aufnehmen eines Standbildes, eine Funktion zum Aufnehmen eines bewegten Bildes, eine Funktion zum automatischen oder manuellen Korrigieren eines aufgenommenen Bildes, eine Funktion zum Speichern eines aufgenommenen Bildes in einem Speichermedium (einem externen Speichermedium oder einem in der Kamera eingebauten Speichermedium), eine Funktion zum Anzeigen eines aufgenommenen Bildes auf dem Anzeigeabschnitt oder dergleichen. Es sei angemerkt, dass Funktionen, die für die in **Fig. 9A** bis **Fig. 9F** dargestellten elektronischen Geräte bereitgestellt werden können, nicht auf die vorstehend beschriebenen beschränkt sind, und die elektronischen Geräte können verschiedene Funktionen aufweisen.

[0240] Fig. 9G stellt ein armbanduhrtartiges tragbares Informationsendgerät dar, das beispielsweise als armbanduhrtartiges elektronisches Gerät verwendet werden kann. Das armbanduhrtartige tragbare Informationsendgerät beinhaltet das Gehäuse **7000**, den Anzeigeabschnitt **7001**, Bedienknöpfe **7022** und **7023**, einen Verbindungsanschluss **7024**, ein Band **7025**, ein Mikrofon **7026**, einen Sensor **7029**, einen Lautsprecher **7030** und dergleichen. Die Anzeigeoberfläche des Anzeigeabschnitts **7001** ist gekrümmt, und Bilder können auf der gekrümmten Anzeigeoberfläche angezeigt werden. Außerdem kann gegenseitige Kommunikation zwischen dem tragbaren Informationsendgerät und beispielsweise einem Headset, das für drahtlose Kommunikation geeignet ist, ausgeführt werden, und somit ist Freisprechen mittels des tragbaren Informationsendgeräts möglich.

Es sei angemerkt, dass der Verbindungsanschluss **7024** gegenseitige Datenübertragung mit einem weiteren Informationsendgerät sowie ein Aufladen ermöglicht. Eine drahtlose Energieversorgung kann auch bei dem Ladevorgang zum Einsatz kommen.

[0241] Der Anzeigeabschnitt **7001**, der in dem als Einfassung dienenden Gehäuse **7000** montiert wird, umfasst einen nicht-rechteckigen Anzeigebereich. Der Anzeigeabschnitt **7001** kann ein Icon, das die Zeit anzeigt, ein weiteres Icon und dergleichen anzeigen. Der Anzeigeabschnitt **7001** kann ein Touchscreen (eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung) sein, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) beinhaltet.

[0242] Das in **Fig. 9G** dargestellte armbanduhrtartige elektronische Gerät kann verschiedene Funktionen aufweisen, wie beispielsweise eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Informationen (eines Standbildes, eines bewegten Bildes, eines Textbildes und dergleichen) auf dem Anzeigeabschnitt, eine Touchscreen-Funktion, eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, des Datums, der Zeit und dergleichen, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung mittels verschiedener Arten von Software (Programmen), eine drahtlose Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Verbinden mit verschiedenen Computernetzwerken mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Übertragen und Empfangen verschiedener Daten mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion und eine Funktion zum Lesen eines Programms oder der Daten, das/die in einem Speichermedium gespeichert ist/sind, und zum Anzeigen des Programms oder der Daten auf dem Anzeigeabschnitt.

[0243] Das Gehäuse **7000** kann einen Lautsprecher, einen Sensor (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, einer chemischen Substanz, Ton, Zeit, Härte, einem elektrischen Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussrate, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahlen), ein Mikrofon und dergleichen beinhalten.

[0244] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in dem Anzeigeabschnitt von jedem der elektronischen Geräte, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, verwendet werden kann, so dass ein elektronisches Gerät mit langer Lebensdauer erhalten werden kann.

[0245] Bei einem weiteren elektronischen Gerät, das die Licht emittierende Einrichtung beinhaltet, handelt es sich um ein klappbares, tragbares Informationsendgerät, das in **Fig. 10A** bis **Fig. 10C** dargestellt wird. **Fig. 10A** stellt ein tragbares Informationsendgerät **9310** dar, das aufgeklappt ist. **Fig. 10B** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** während des Aufklappens oder des Zusammenklappens dar. **Fig. 10C** stellt das tragbare Informationsendgerät **9310** dar, das zusammengeklappt ist. Das tragbare Informationsendgerät **9310** ist sehr gut tragbar, wenn es zusammengeklappt ist. Das tragbare Informationsendgerät **9310** ist im aufgeklappten Zustand aufgrund eines übergangslosen großen Anzeigebereichs sehr gut durchsuchbar.

[0246] Ein Anzeigeabschnitt **9311** wird von drei Gehäusen **9315** getragen, die durch Gelenke **9313** miteinander verbunden sind. Es sei angemerkt, dass der Anzeigeabschnitt **9311** ein Touchscreen (eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung) sein kann, der einen Berührungssensor (eine Eingabevorrichtung) beinhaltet. Die Form des tragbaren Informationsendgeräts **9310** kann reversibel von einem aufgeklappten Zustand in einen zusammengeklappten Zustand geändert werden, indem der Anzeigeabschnitt **9311** unter Verwendung der Gelenke **9313** an einer Verbindungsstelle zwischen zwei Gehäusen **9315** gebogen wird. Die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Anzeigeabschnitt **9311** verwendet werden. Außerdem kann ein elektronisches Gerät mit langer Lebensdauer erhalten werden. Ein Anzeigebereich **9312** in dem Anzeigeabschnitt **9311** ist ein Anzeigebereich, der an einer Seitenfläche des zusammengeklappten tragbaren Informationsendgeräts **9310** positioniert ist. Auf dem Anzeigebereich **9312** können Informations-Icons, Verknüpfungen von häufig verwendeten Applikationen oder Programmen und dergleichen angezeigt werden, und eine Bestätigung von Informationen sowie das Starten von Applikationen und dergleichen können problemlos durchgeführt werden.

[0247] **Fig. 11A** und **Fig. 11 B** stellen ein Fahrzeug dar, das die Licht emittierende Einrichtung beinhaltet. Die Licht emittierende Einrichtung kann in dem Fahrzeug eingebaut sein, und insbesondere kann sie in Scheinwerfern **5101** (darunter auch Scheinwerfern des Hecks des Autos), einer Radkappe **5102**, einem Teil einer Tür **5103** oder der gesamten Tür **5103** oder dergleichen an der Außenseite des in **Fig. 11A** dargestellten Fahrzeugs enthalten sein. Die Licht emittierende Einrichtung kann auch in einem Anzeigeabschnitt **5104**, einem Lenkrad **5105**, einem Schaltknüppel **5106**, einem Sitz **5107**, einem Innenrückspiegel **5108**, einer Windschutzscheibe

5109 oder dergleichen an der Innenseite des in **Fig. 11B** dargestellten Fahrzeugs oder in einem Teil eines Glasfensters enthalten sein.

[0248] Auf die vorstehende Weise können die elektronischen Geräte und Fahrzeuge unter Verwendung der Licht emittierenden Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden. In diesem Fall kann ein elektronisches Gerät mit langer Lebensdauer erhalten werden. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einrichtung für elektronische Geräte und Fahrzeuge auf verschiedenen Gebieten verwendet werden kann, ohne dabei auf diejenigen beschränkt zu sein, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden.

[0249] Die Strukturen, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, können in angemessener Kombination mit einer beliebigen der Strukturen verwendet werden, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden.

(Ausführungsform 7)

[0250] Bei dieser Ausführungsform wird die Struktur einer Beleuchtungsanordnung, die unter Verwendung der Licht emittierenden Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung oder der Licht emittierenden Vorrichtung, die ein Teil der Licht emittierenden Einrichtung ist, hergestellt wird, anhand von **Fig. 12** und **Fig. 13** beschrieben.

[0251] **Fig. 12** und **Fig. 13** sind Beispiele für Querschnittsansichten von Beleuchtungsanordnungen. **Fig. 12** stellt eine Bottom-Emission-Beleuchtungsanordnung dar, bei der Licht von der Seite des Substrats extrahiert wird, und **Fig. 13** stellt eine Top-Emission-Beleuchtungsanordnung dar, bei der Licht von der Seite des Dichtungssubstrats extrahiert wird.

[0252] Eine Beleuchtungsanordnung **4000**, die in **Fig. 12** dargestellt wird, beinhaltet eine Licht emittierende Vorrichtung **4002** über einem Substrat **4001**. Zusätzlich beinhaltet die Beleuchtungsanordnung **4000** ein Substrat **4003** mit Unebenheit auf der Außenseite des Substrats **4001**. Die Licht emittierende Vorrichtung **4002** beinhaltet eine erste Elektrode **4004**, eine EL-Schicht **4005** und eine zweite Elektrode **4006**.

[0253] Die erste Elektrode **4004** ist elektrisch mit einer Elektrode **4007** verbunden, und die zweite Elektrode **4006** ist elektrisch mit einer Elektrode **4008** verbunden. Außerdem kann eine Hilfsleitung **4009**, die elektrisch mit der ersten Elektrode **4004** verbunden ist, bereitgestellt werden. Es sei angemerkt, dass eine Isolierschicht **4010** über der Hilfsleitung **4009** ausgebildet wird.

[0254] Das Substrat **4001** und ein Dichtungssubstrat **4011** sind mit einem Dichtungsmittel **4012** aneinander befestigt. Ein Trockenmittel **4013** wird vorzugsweise zwischen dem Dichtungssubstrat **4011** und der Licht emittierenden Vorrichtung **4002** bereitgestellt. Das Substrat **4003** weist die in **Fig. 12** dargestellte Unebenheit auf, wodurch die Extraktionseffizienz des Lichts, das von der Licht emittierenden Vorrichtung **4002** emittiert wird, erhöht werden kann.

[0255] Eine Beleuchtungsanordnung **4200**, die in **Fig. 13** dargestellt wird, beinhaltet eine Licht emittierende Vorrichtung **4202** über einem Substrat **4201**. Die Licht emittierende Vorrichtung **4202** beinhaltet eine erste Elektrode **4204**, eine EL-Schicht **4205** und eine zweite Elektrode **4206**.

[0256] Die erste Elektrode **4204** ist elektrisch mit einer Elektrode **4207** verbunden, und die zweite Elektrode **4206** ist elektrisch mit einer Elektrode **4208** verbunden. Eine Hilfsleitung **4209**, die elektrisch mit der zweiten Elektrode **4206** verbunden ist, kann bereitgestellt werden. Eine Isolierschicht **4210** kann unter der Hilfsleitung **4209** bereitgestellt werden.

[0257] Das Substrat **4201** und ein Dichtungssubstrat **4211** mit Unebenheit sind mit einem Dichtungsmittel **4212** aneinander befestigt. Ein Sperrfilm **4213** und ein Planarisierungsfilm **4214** können zwischen dem Dichtungssubstrat **4211** und der Licht emittierenden Vorrichtung **4202** bereitgestellt werden. Das Dichtungssubstrat **4211** weist die in **Fig. 13** dargestellte Unebenheit auf, wodurch die Extraktionseffizienz des Lichts, das von der Licht emittierenden Vorrichtung **4202** emittiert wird, erhöht werden kann.

[0258] Beispiele für derartige Beleuchtungsanordnungen umfassen eine Deckenbeleuchtung als Innenbeleuchtung. Beispiele für die Deckenbeleuchtung umfassen eine direkt montierte Beleuchtung und eine eingebettete Beleuchtung. Derartige Beleuchtungsanordnungen werden unter Verwendung einer Kombination aus der Licht emittierenden Einrichtung und einem Gehäuse oder einer Abdeckung hergestellt.

[0259] Ein weiteres Beispiel: Derartige Beleuchtungsrichtungen können für eine Fußbodenbeleuchtung verwendet werden, die einen Fußboden beleuchtet, so dass die Fußbodensicherheit verbessert werden kann. Eine Fußbodenbeleuchtung kann beispielsweise in einem Schlafzimmer, an einer Treppe oder in einem Flur effektiv verwendet werden. In diesem Fall kann die Größe oder Form der Fußbodenbeleuchtung entsprechend der Fläche oder Struktur eines Zimmers geändert werden. Die Fußbodenbeleuchtung kann eine stationäre Beleuchtungsrichtung sein, die unter Verwendung einer Kombination aus der Licht emittierenden Einrichtung und einer Stütze hergestellt wird.

[0260] Derartige Beleuchtungsrichtungen können auch für eine blattförmige Beleuchtungsrichtung (blattförmige Beleuchtung) verwendet werden. Die blattförmige Beleuchtung, die bei Verwendung an einer Wand befestigt wird, ist platzsparend und kann daher zu verschiedensten Zwecken verwendet werden. Des Weiteren kann die Fläche der blattförmigen Beleuchtung leicht vergrößert werden. Die blattförmige Beleuchtung kann auch an einer Wand oder einem Gehäuse mit einer gekrümmten Oberfläche verwendet werden

[0261] Neben den vorstehenden Beispielen kann dann, wenn die Licht emittierende Einrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung oder die Licht emittierende Vorrichtung, die ein Teil der Licht emittierenden Einrichtung ist, als Teil eines Möbelstücks in einem Zimmer verwendet wird, eine Beleuchtungsrichtung, die als dieses Möbelstück dient, erhalten werden.

[0262] Wie vorstehend beschrieben, können verschiedene Beleuchtungsrichtungen, die die Licht emittierende Einrichtung beinhalten, erhalten werden. Es sei angemerkt, dass es sich bei diesen Beleuchtungsrichtungen auch um Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung handelt.

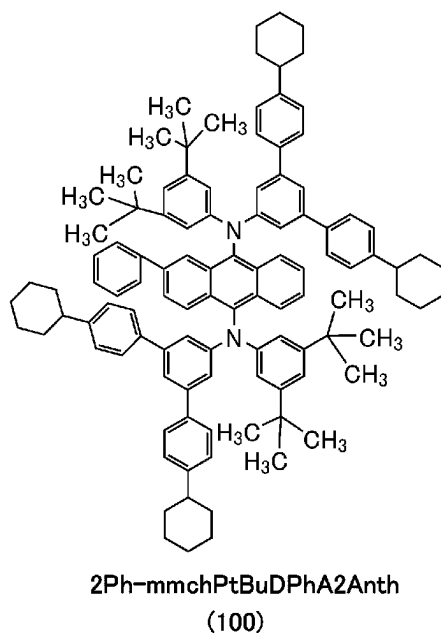
[0263] Die Strukturen, die bei dieser Ausführungsform beschrieben werden, können in angemessener Kombination mit einer beliebigen der Strukturen verwendet werden, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden.

[Beispiel1]

<<Synthesebeispiel 1>>

[0264] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]-2-phenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (100) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 26]



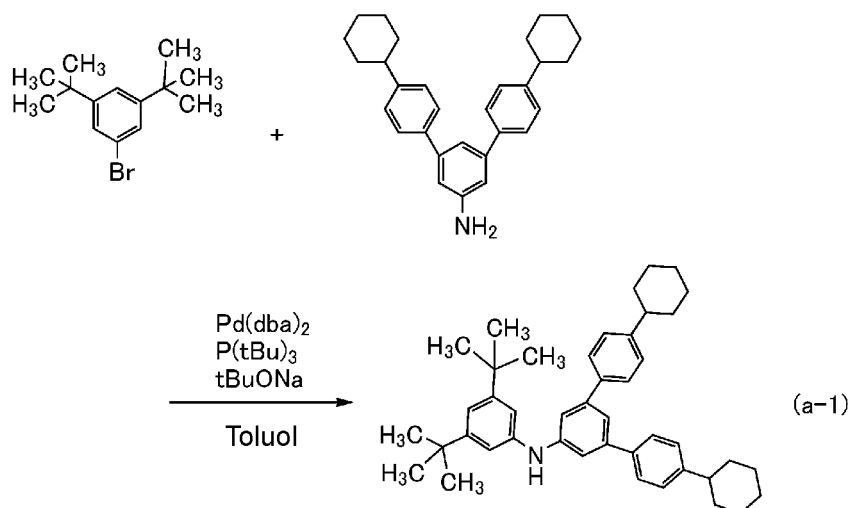
<Schritt 1: Synthese von 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)-3',5'-di-tert-butylphenylamin>

[0265] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,78 g (2,9 mmol) 1-Brom-3,5-di-tert-butylbenzol, 1,2 g (2,9 mmol) 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)anilin und 0,56 g (5,8 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Der Mischung wurden 15 ml Toluol hinzugefügt, und diese Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 0,3 ml (0,13 mmol) Tri-tert-butylphosphin (eine 10 Gew.-%-Hexanlösung) und 40 mg (70 μ mol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und dann wurde ein Rühren 1,5 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90°C durchgeführt.

[0266] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0267] Der erhaltene Feststoff wurde durch Kieselgel-Chromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um 1,4 g eines bräunlich weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 79 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (a-1) gezeigt.

[Chemische Formel 27]



[0268] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen bräunlich weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)-3',5'-di-tert-butylphenylamin erhalten wurde.

[0269] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz): $\sigma = 7,57\text{--}7,55$ (m, 4H), $7,31\text{--}7,23$ (m, 7H), $7,08\text{--}7,07$ (m, 3H), 5,96 (bs, 1H), 2,59–2,52 (m, 2H), 1,91–1,74 (m, 10H), 1,49–1,27 (m, 28H).

<Schritt 2: Synthese von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth>

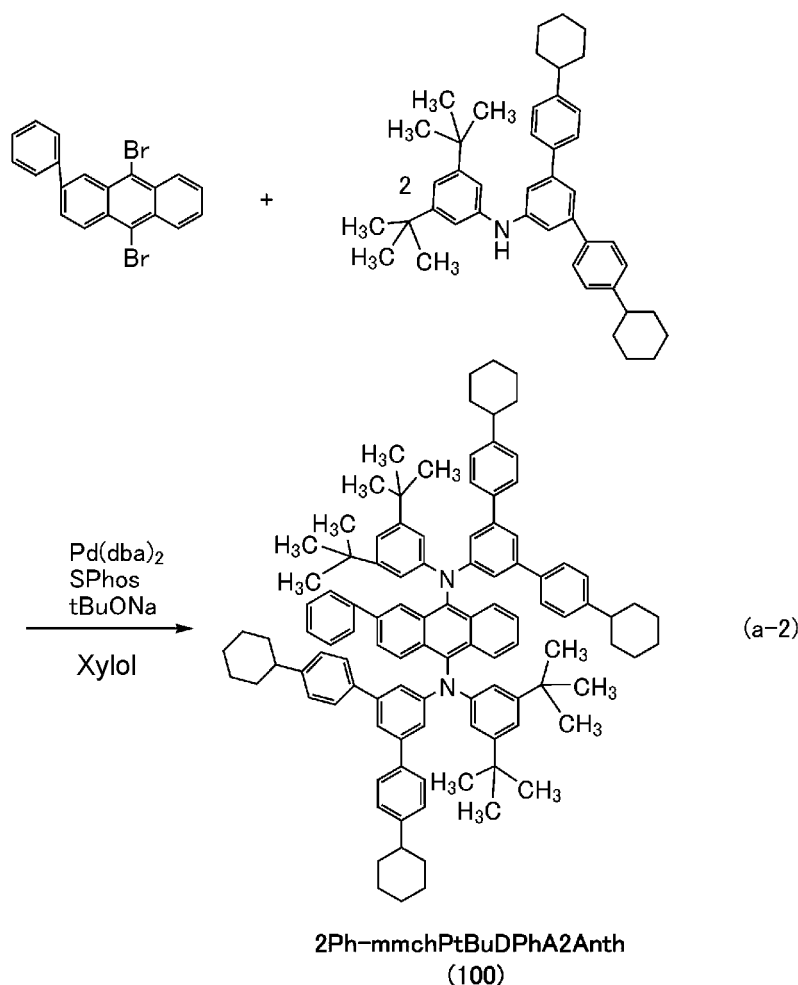
[0270] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,47 g (1,1 mmol) 9,10-Dibrom-2-phenylanthracen, 1,4 g (2,3 mmol) 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)-3',5'-di-tert-butylphenylamin, 0,44 mg (4,6 mmol) Natrium-tert-butoxid und 60 mg (0,15 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: Sphos) gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Der Mischung wurden 15 ml Xylol hinzugefügt, und diese Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 40 mg (70 μ mol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und ein Rühren wurde 2,5 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C durchgeführt.

[0271] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durch-

geführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0272] Der Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde aus Ethylacetat und Ethanol umkristallisiert, um 0,47 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 28 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend in (a-2) gezeigt.

[Chemische Formel 28]



[0273] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,47 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von 3,0 Pa 15 Stunden lang bei 340 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,39 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 83 % erhalten.

[0274] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 2 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 14** ist ein ^1H -NMR-Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (Strukturformel (100)) erhalten wurde.

[0275] ^1H -NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz): $\sigma = 8,54\text{--}8,51$ (m, 1H), $8,40\text{--}8,27$ (m, 3H), $7,72\text{--}7,69$ (m, 1H), $7,51\text{--}7,04$ (m, 35H), $2,52\text{--}2,45$ (m, 4H), $1,84\text{--}1,71$ (m, 20H), $1,43\text{--}1,35$ (m, 20H), $1,18\text{--}1,15$ (m, 36H).

[0276] Als Nächstes wurden die Absorptions- und Emissionsspektren von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in einer Toluollösung gemessen. UV-VIS-Absorptionsspektren (nachstehend einfach als „Absorptionsspektren“ bezeichnet) und Emissionsspektren wurden gemessen. Das Absorptionsspektrum wurde mit einem UV-VIS-

Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Das Emissionsspektrum wurde mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FS920, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. **Fig. 15** zeigt die erhaltenen Absorptions- und Emissionsspektren der Toluollösung. Die horizontale Achse stellt die Wellenlänge dar, und die vertikale Achse stellt die Absorptionsintensität dar.

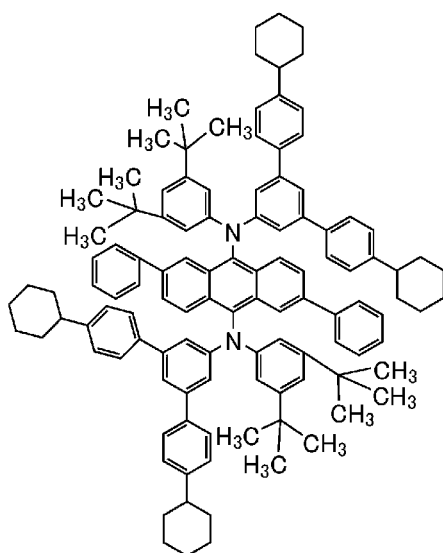
[0277] Wie in **Fig. 15** gezeigt, weist 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 475 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 529 nm (Anregungswellenlänge: 460 nm) auf.

[Beispiel 2]

<<Synthesebeispiel 2>>

[0278] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]-2,6-diphenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (101) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 29]



2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth
(101)

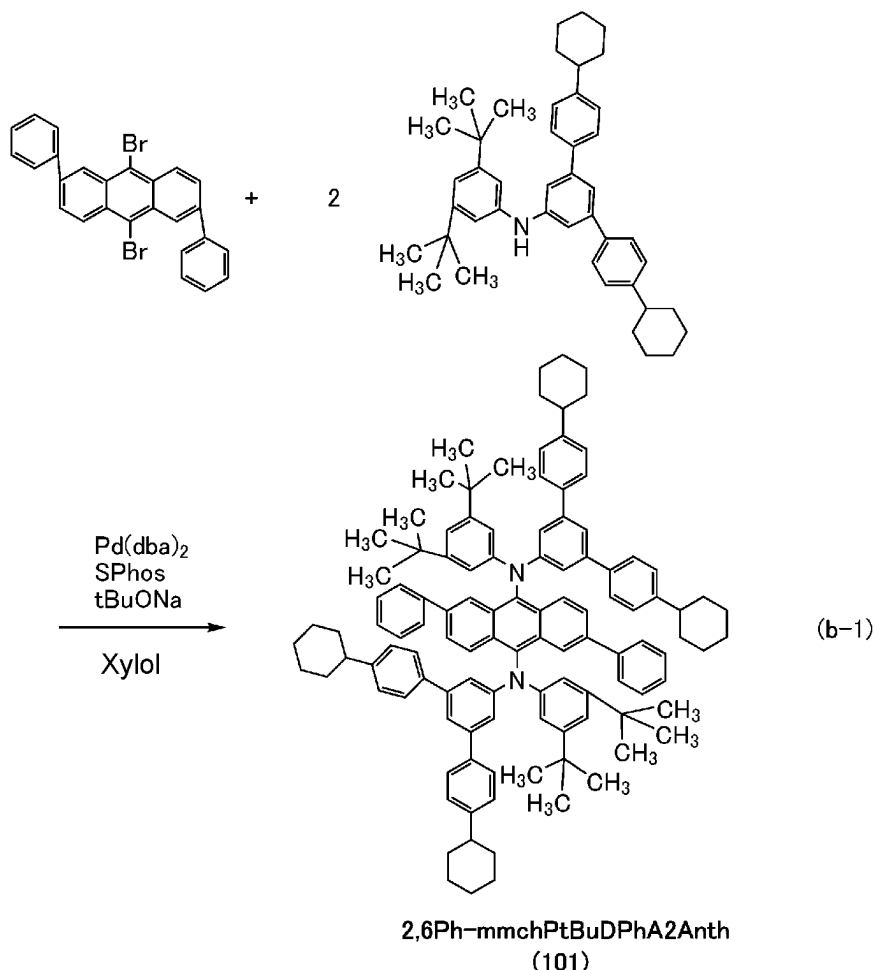
<Schritt 1: Synthese von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth>

[0279] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,39 g (0,80 mmol) 9,10-Dibrom-2,6-diphenylanthracen, 0,89 g (1,5 mmol) 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)-3',5'-di-tert-butyldiphenylamin, 0,30 g (3,1 mmol) Natrium-tert-butoxid und 60 mg (0,15 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: Sphos) gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Der Mischung wurden 10 ml Xylol hinzugefügt, und diese Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 40 mg (70 µmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und ein Rühren wurde 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C durchgeführt.

[0280] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0281] Der Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde aus Ethylacetat und Ethanol umkristallisiert, um 0,26 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 21 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (b-1) gezeigt.

[Chemische Formel 30]



[0282] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,26 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von 3,3 Pa 15 Stunden lang bei 360 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,22 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 84 % erhalten.

[0283] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 16** ist ein $^1\text{H-NMR}$ -Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (Strukturformel (101)) erhalten wurde.

[0284] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz): δ = 8,55-8,53 (m, 2H), 8,43-8,35 (m, 2H), 7,73-7,70 (m, 2H), 7,53-7,47 (m, 4H), 7,40-7,08 (m, 34H), 2,52-2,45 (m, 4H), 1,84-1,72 (m, 20H), 1,47-1,18 (m, 56H).

[0285] Als Nächstes zeigt **Fig. 17** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in einer Toluollösung. Das Messverfahren ist demjenigen ähnlich, das in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist.

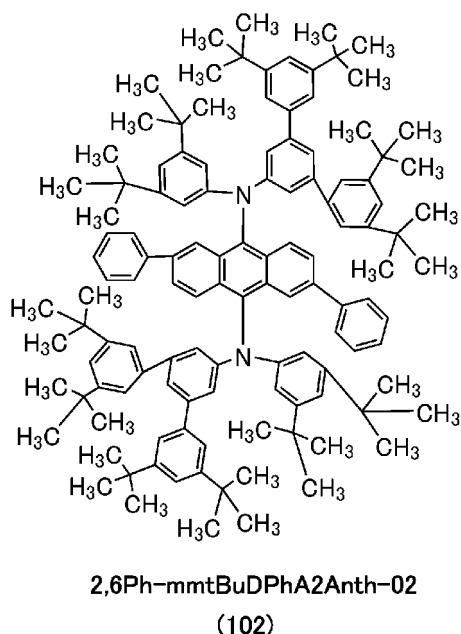
[0286] Wie in **Fig. 17** gezeigt, weist 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 487 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 541 nm (Anregungswellenlänge: 485 nm) auf.

[Beispiel 3]

<<Synthesebeispiel 3>>

[0287] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]-2,6-diphenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (102) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 31]



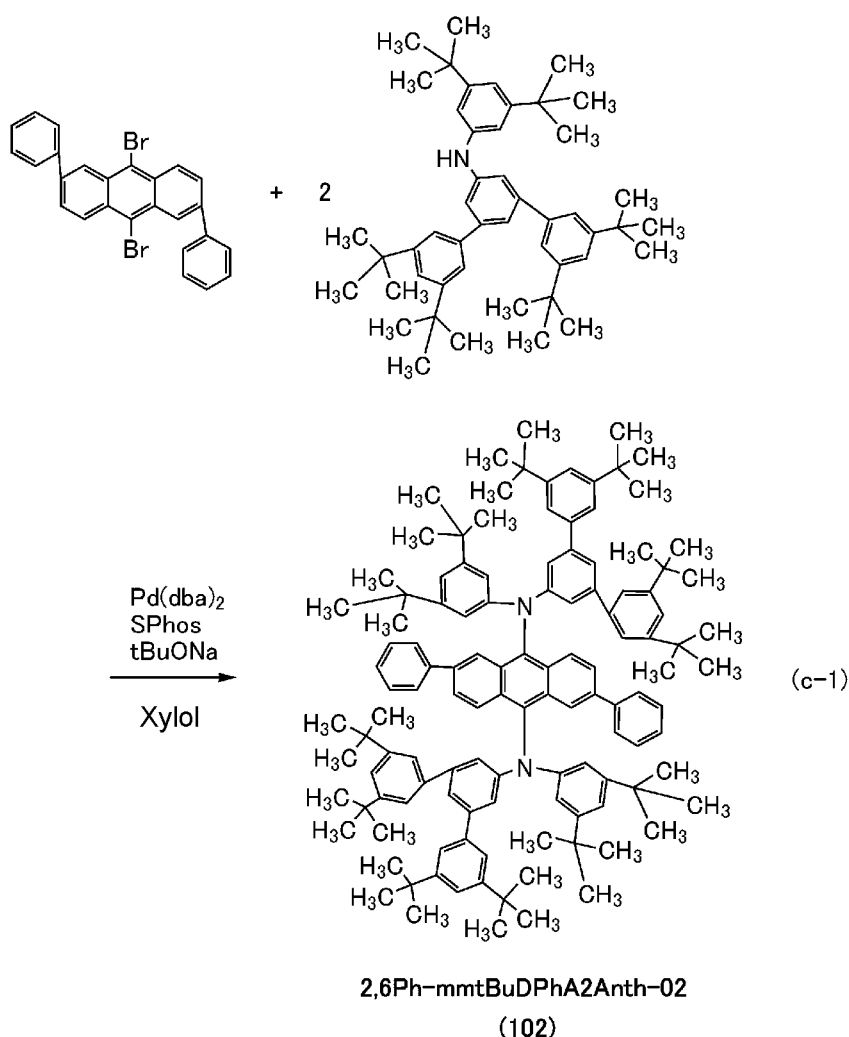
<Schritt 1: Synthese von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02>

[0288] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 1,0 g (2,1 mmol) 9,10-Dibrom-2,6-diphenylantracen, 2,7 g (4,2 mmol) 3,5-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-3',5'-di-tert-butyldiphenylamin, 0,93 g (8,3 mmol) Natrium-tert-butoxid und 60 mg (0,15 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: Sphos) gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 20 ml Xylol hinzugefügt, und die resultierende Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 40 mg (70 µmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und ein Rühren wurde 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C durchgeführt.

[0289] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 300 ml Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0290] Der Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (high performance liquid chromatography, HPLC) gereinigt, um 0,13 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 4 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (c-1) gezeigt.

[Chemische Formel 32]



[0291] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,13 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von 3,4 Pa 15 Stunden lang bei 305 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,10 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 77 % erhalten.

[0292] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 18** ist ein $^1\text{H-NMR}$ -Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (Strukturformel (102)) erhalten wurde.

[0293] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz): σ = 8,60-8,52 (m, 2H), 8,43-8,31 (m, 2H), 7,76-7,67 (m, 2H), 7,54-7,46 (m, 4H), 7,36-7,21 (m, 22H), 7,14-7,07 (m, 8H), 1,37-1,01 (m, 108H).

[0294] Als Nächstes zeigt **Fig. 19** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in einer Toluollösung. Das Messverfahren ist demjenigen ähnlich, das in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist.

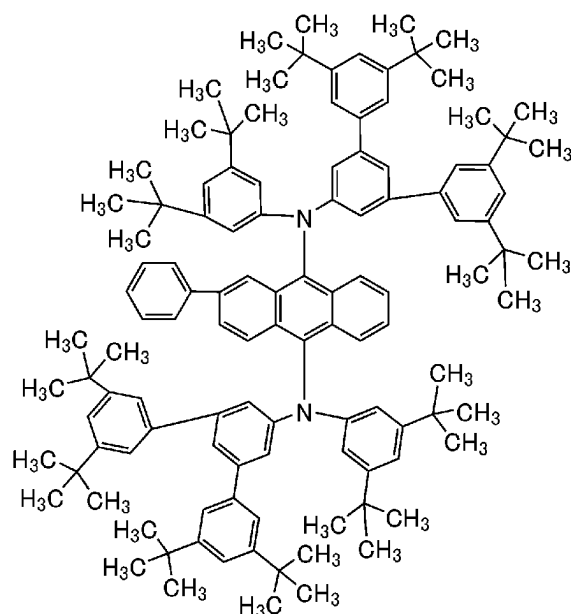
[0295] Wie in **Fig. 19** gezeigt, weist 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 495 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 540 nm (Anregungswellenlänge: 440 nm) auf.

[Beispiel 4]

<<Synthesebeispiel 4>>

[0296] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]-2-phenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (103) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 33]

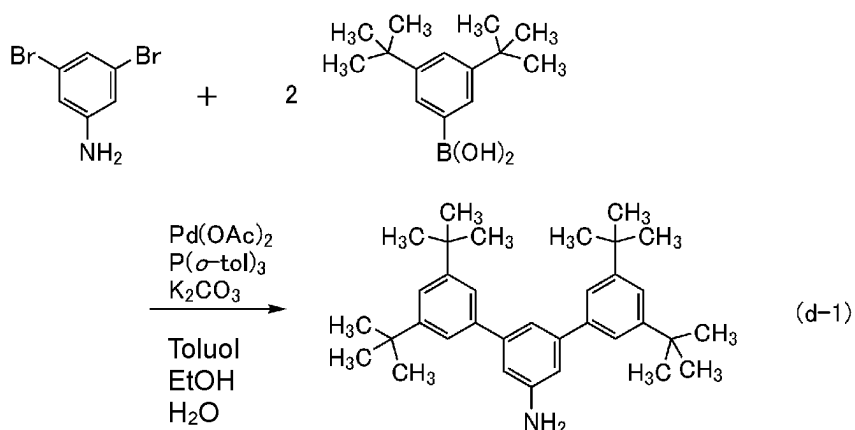


2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02
(103)

<Schritt 1: Synthese von 3,5-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)anilin>

[0297] In einen 500 ml Dreihalskolben wurden 2,5 g (10 mmol) 3,5-Dibromanilin, 4,9 g (21 mmol) 3,5-Di-tert-butylbenzolboronsäure und 0,27 g (0,89 mmol) Tri-ortho-tolylphosphin gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 75 ml Toluol, 25 ml Ethanol und 20 ml einer 2M wässrigen Kaliumcarbonatlösung hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 40 mg (0,18 mmol) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und die Mischung wurde 7 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde der Mischung Wasser hinzugefügt, und eine wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und eine organische Schicht wurden kombiniert, und die Mischung wurde mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Dann wurde die Mischung mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde durch Schwerkraftfiltration getrennt, und das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine braune ölige Substanz zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Toluol) gereinigt, um 1,8 g eines bräunlich weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 37 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (d-1) gezeigt.

[Chemische Formel 34]



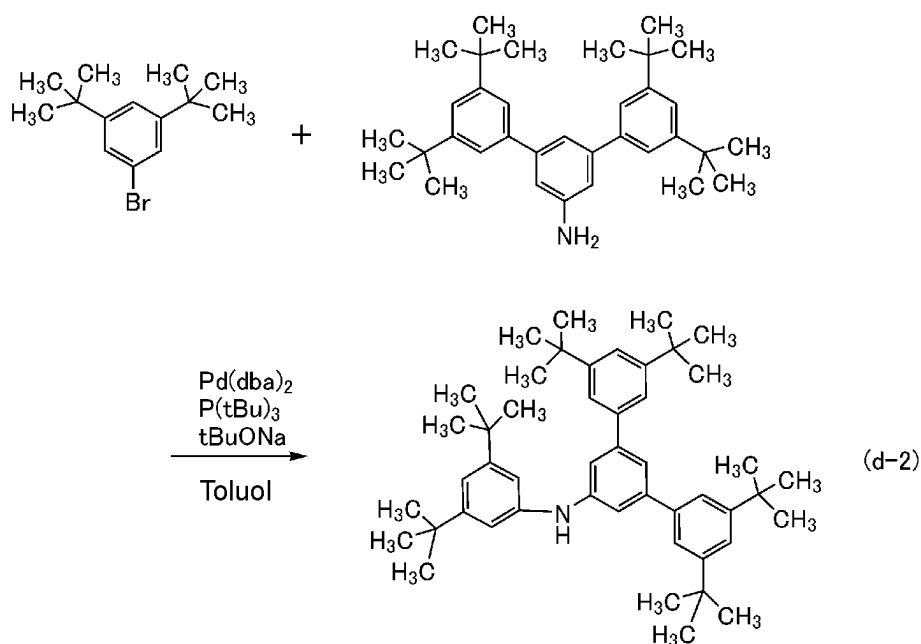
[0298] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen bräunlich weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)anilin erhalten wurde.

[0299] ^1H -NMR (CDCl_3 , 300 MHz): $\sigma = 7,44\text{--}7,33$ (m, 6H), $7,19\text{--}7,18$ (m, 1H), $6,88$ (d, $J = 1,5\text{ Hz}$, 2H), $3,85$ (bs, 2H), $1,37$ (s, 36H).

<Schritt 2: Synthese von 3,5-Di-tert-butyl-3',5'-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)diphenylamin>

[0300] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,72 g (2,7 mmol) 1-Brom-3,5-di-tert-butylbenzol, 1,3 g (2,7 mmol) 3,5-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)anilin und 0,50 g (5,2 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 30 ml Toluol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 0,30 ml (97 μmol) Tri-tert-butylphosphin (eine 10 Gew.-%-Hexanlösung) und 40 mg (70 μmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 3 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90°C gerührt. Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 300 ml Toluol hinzugefügt, und es wurde eine Saugfiltration durch Florisil, Celite und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 17:3 als Laufmittel) gereinigt, um 1,3 g eines bräunlich weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 71 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend in (d-2) gezeigt.

[Chemische Formel 35]



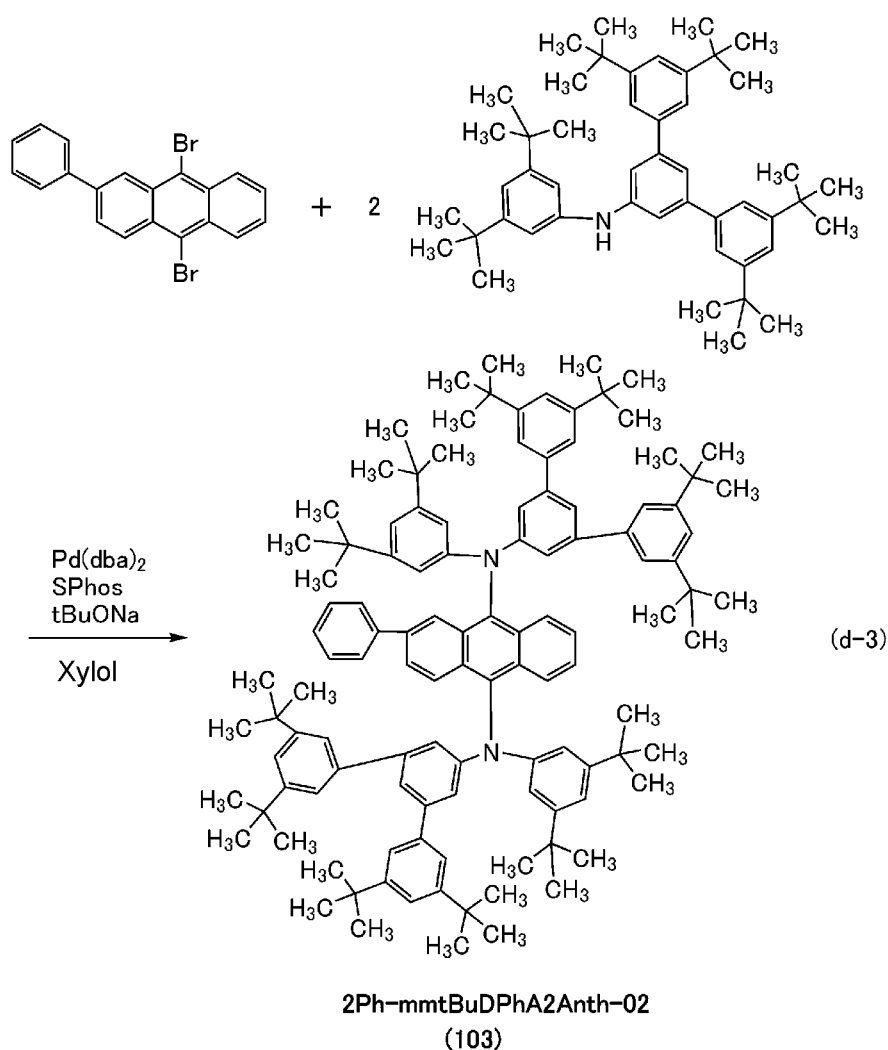
[0301] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 2 erhaltenen bräunlich weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Di-tert-butyl-3',5'-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)diphenylamin erhalten wurde.

[0302] ^1H -NMR (CDCl_3 , 300 MHz): $\sigma = 7,44$ (s, 6H), 7,28-7,27 (m, 1H), 7,22-7,21 (m, 2H), 7,10-7,09 (m, 2H), 7,06-7,05 (m, 1H), 5,92 (bs, 1H), 1,37 (s, 36H), 1,34 (s, 18H).

<Schritt 3: Synthese von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02>

[0303] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,80 g (1,9 mmol) 9,10-Dibrom-2-phenylanthracen, 1,3 g (1,9 mmol) 3,5-Di-tert-butyl-3',5'-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)diphenylamin, 0,36 g (3,7 mmol) Natrium-tert-butoxid und 0,18 g (0,44 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: Sphos) gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 10 ml Xylol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 0,12 g (0,21 mmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 20 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C gerührt. Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 400 ml Toluol hinzugefügt, und es wurde eine Saugfiltration durch Florisil, Celite und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 9:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielstoff zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde aus Hexan und Methanol umkristallisiert, um 0,30 g eines gelben Zielstoffes in einer Ausbeute von 20 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 3 wird nachstehend in (d-3) gezeigt.

[Chemische Formel 36]



[0304] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,30 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von 3,8 Pa 15 Stunden lang bei 295 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,25 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 83 % erhalten.

[0305] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 20** ist ein ^1H -NMR-Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 erhalten wurde.

[0306] ^1H -NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz): $\sigma = 8,56\text{--}8,52$ (m, 1H), $8,40\text{--}8,27$ (m, 3H), $7,76\text{--}7,69$ (m, 1H), $7,53\text{--}7,36$ (m, 7H), $7,33\text{--}7,11$ (m, 19H), $7,09\text{--}7,08$ (m, 3H), $7,00\text{--}6,91$ (m, 2H), $1,28\text{--}0,98$ (m, 108H).

[0307] Als Nächstes zeigt **Fig. 21** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in einer Toluollösung. Das Messverfahren ist demjenigen ähnlich, das in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist.

[0308] Wie in **Fig. 21** gezeigt, weist 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Toluollösung Absorptionspeaks bei etwa 484 nm, 392 nm und 343 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 529 nm (Anregungswellenlänge: 465 nm) auf.

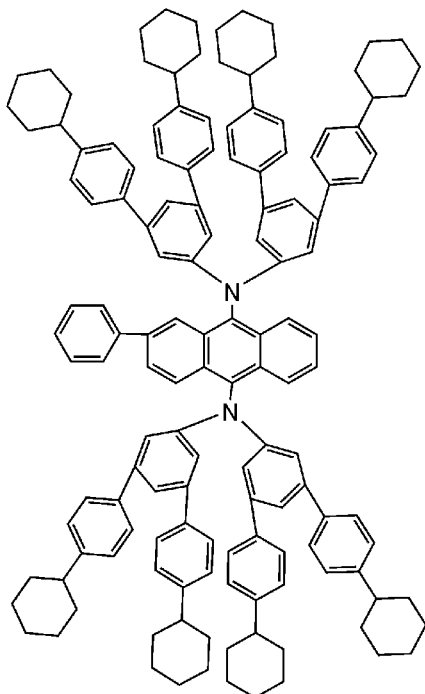
[Beispiel 5]

<<Synthesebeispiel 5>>

[0309] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von 2-Phenyl-N, N, N', N'-tetrakis[3, 5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]anthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmchPDPPhA2Anth) beschrieben, das die

Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (104) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2PhmmchPDPhA2Anth wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 37]

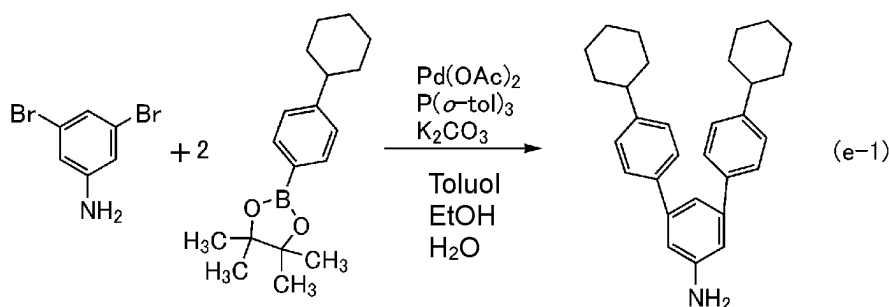


2Ph-mmchPDPhA2Anth
(104)

<Schritt 1: Synthese von 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)anilin>

[0310] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,87 g (3,5 mmol) 3,5-Dibromanilin, 2,0 g (7,0 mmol) 4-Cyclohexylphenylboronsäurepinacolester und 0,28 g (0,92 mmol) Tri-ortho-tolylphosphin gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 20 ml Toluol, 5 ml Ethanol und 7 ml einer 2M wässrigen Kaliumcarbonatlösung hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 40 mg (0,18 mmol) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und die Mischung wurde 9 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde der Mischung Wasser hinzugefügt, und eine wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und eine organische Schicht wurden kombiniert, und die Mischung wurde mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Dann wurde die Mischung mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde durch Schwerkraftfiltration getrennt, und das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine braune ölige Substanz zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Toluol) gereinigt, um 0,95 g eines bräunlich weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 67 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (e-1) gezeigt.

[Chemische Formel 38]



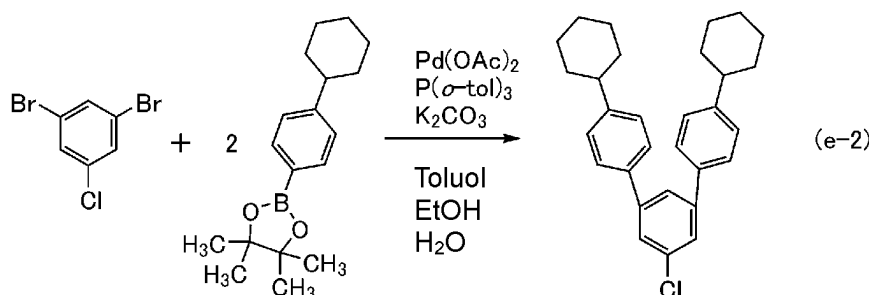
[0311] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen bräunlich weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)anilin erhalten wurde.

[0312] ^1H -NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz)- σ = 7,56-7,53 (m, 4H), 7,30-7,27 (m, 4H), 7,17-7,16 (m, 1H), 6,86 (d, J = 1,5Hz, 2H), 3,87 (bs, 2H), 2,59-2,51 (m, 2H), 1,92-1,74 (m, 10H), 1,50-1,23 (m, 10H).

<Schritt 2: Synthese von 1-Chlor-3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)benzol>

[0313] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 1,4 g (5,2 mmol) 1,3-Dibrom-5-chlorbenzol, 3,0 g (10 mmol) 4-Cyclohexylphenylboronsäurepinacolester und 0,28 g (0,92 mmol) Tri-ortho-tolylphosphin gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 30 ml Toluol, 10 ml Ethanol und 10 ml einer 2M wässrigen Kaliumcarbonatlösung hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 60 mg (0,27 mmol) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und die Mischung wurde 13 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90 °C gerührt. Nach dem Rühren wurde der Mischung Wasser hinzugefügt, und eine wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und eine organische Schicht wurden kombiniert, und die Mischung wurde mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Dann wurde die Mischung mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde durch Schwerkraftfiltration getrennt, und das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um eine braune ölige Substanz zu erhalten. Diese ölige Substanz wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Hexan) gereinigt, um 0,95 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 43 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend in (e-2) gezeigt.

[Chemische Formel 39]



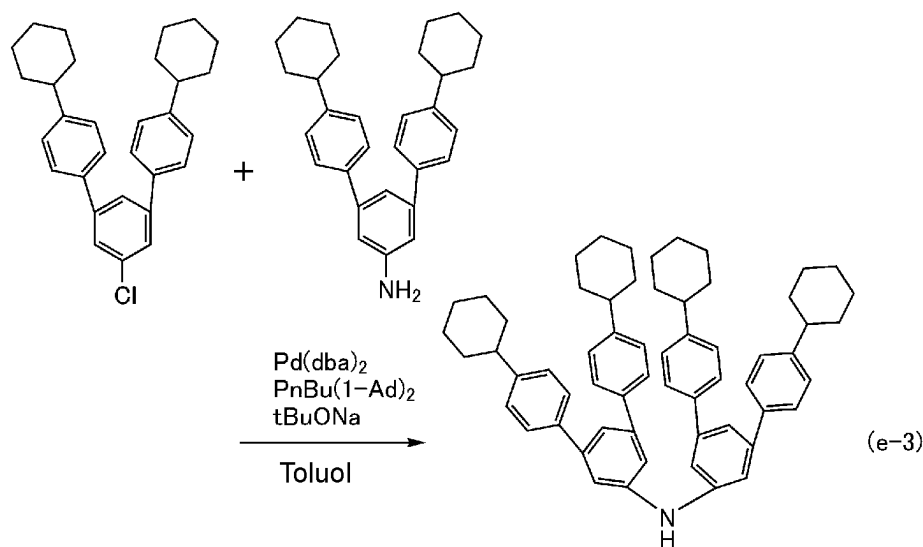
[0314] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 2 erhaltenen weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 1-Chlor-3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)benzol erhalten wurde.

[0315] ^1H -NMR (CDCl_3 , 300 MHz)- σ = 7,65-7,64 (m, 1H), 7,55-7,50 (m, 6H), 7,31-7,29 (m, 4H), 2,60-2,51 (m, 2H), 1,94-1,73 (m, 10H), 1,49-1,38 (m, 10H).

<Schritt 3: Synthese von Bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]amin>

[0316] In einen 100 ml Dreihalskolben wurden 0,95 g (2,2 mmol) 1-Chlor-3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)benzol, 0,95 g (2,3 mmol) 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)anilin, 0,44 g (4,6 mmol) Natrium-tert-butoxid und 50 mg (0,14 mmol) n-Butyldiadamantylphosphin gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 15 ml Toluol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 30 mg (52 μ mol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 4 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 120 °C gerührt. Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und es wurde eine Saugfiltration durch Florisil, Celite und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 3:2 als Laufmittel) gereinigt, um 1,4 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 79 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 3 wird nachstehend in (e-3) gezeigt.

[Chemische Formel 40]



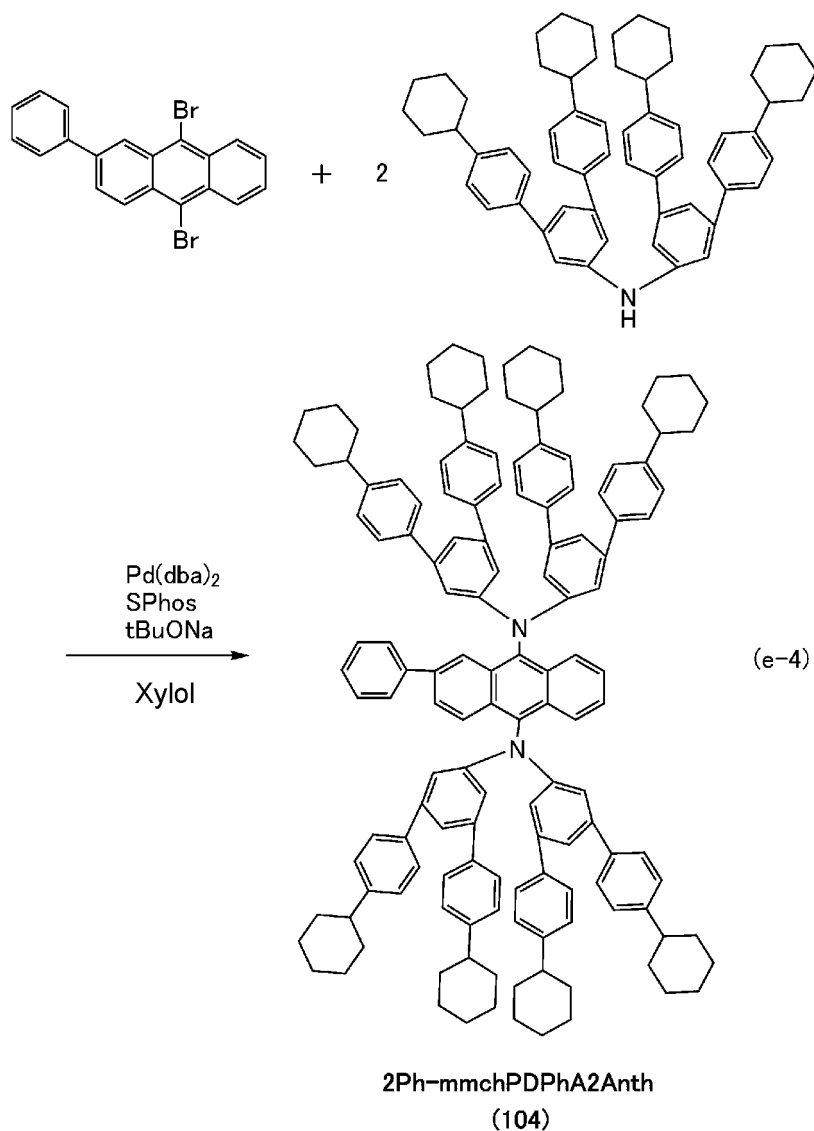
[0317] Die Ergebnisse einer ¹H-NMR-Messung des in dem Schritt 3 erhaltenen bräunlich weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass Bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]amin erhalten wurde.

[0318] ¹H-NMR (CD₂Cl₂, 300 MHz): σ = 7,59-7,56 (m, 8H), 7,39-7,38 (m, 2H), 7,35-7,34 (m, 4H), 7,32-7,28 (m, 8H), 6,11 (bs, 1H), 2,60-2,51 (m, 4H), 1,93-1,73 (m, 20H), 1,50-1,24 (m, 20H).

<Schritt 4: Synthese von 2Ph-mmchPDPhA2Anth>

[0319] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,35 g (0,85 mmol) 9,10-Dibrom-2-phenylanthracen, 1,4 g (1,8 mmol) 3,3',5,5'-Tetrakis(4-cyclohexylphenyl)diphenylamin, 0,34 g (3,5 mmol) Natrium-tert-butoxid und 60 mg (0,15 mmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxybiphenyl (Abkürzung: Sphos) gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 10 ml Xylol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 40 mg (70 μ mol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C gerührt. Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und es wurde eine Saugfiltration durch Florisil, Celite und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten. Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Feststoff 1 zu erhalten. Dann wurde der erhaltene gelbe Feststoff 1 aus Toluol und Ethylacetat umkristallisiert, um einen gelben Feststoff 2 zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff 2 wurde durch HPLC (Laufmittel: Chloroform) gereinigt, um 0,68 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 43 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 3 wird nachstehend in (e-4) gezeigt.

[Chemische Formel 41]



(e-4)

[0320] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 4 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 22** ist ein $^1\text{H-NMR}$ -Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2Ph-mmchPDPPhA2Anth erhalten wurde.

[0321] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz)- σ = 8,67 (m, 1H), 8,48-8,40 (m, 3H), 7,68-7,65 (m, 1H), 7,48-7,36 (m, 33H), 7,21-7,19 (m, 2H), 7,13-7,09 (m, 16H), 2,49-2,42 (m, 8H), 1,83-1,71 (m, 40H), 1,45-1,20 (m, 40H).

[0322] Als Nächstes zeigt **Fig. 23** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 2Ph-mmchPDPPhA2Anth in einer Toluollösung. Das Messverfahren ist demjenigen ähnlich, das in dem Beispiel 1 beschrieben worden ist.

[0323] Wie in **Fig. 23** gezeigt, weist 2Ph-mmchPDPPhA2Anth in der Toluollösung Absorptionspeaks bei etwa 467 nm, 393 nm und 351 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 526 nm (Anregungswellenlänge: 455 nm) auf.

[Beispiel 6]

[0324] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 und 1-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils eine Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 5 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 1 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-A/A'-bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]-2-phenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth) (Strukturformel (100)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 1-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 1]

	Erste Elektrode	Lochinjektions-schicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektronen-injektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 1-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II:MoOx (1:0,5, 40 nm)	PCBBi1BP (20 nm)	*	mPCCzPTzn-02 (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 1-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 1-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 1-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 1-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1-a				*****				

* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,01, 40 nm)

** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,025, 40 nm)

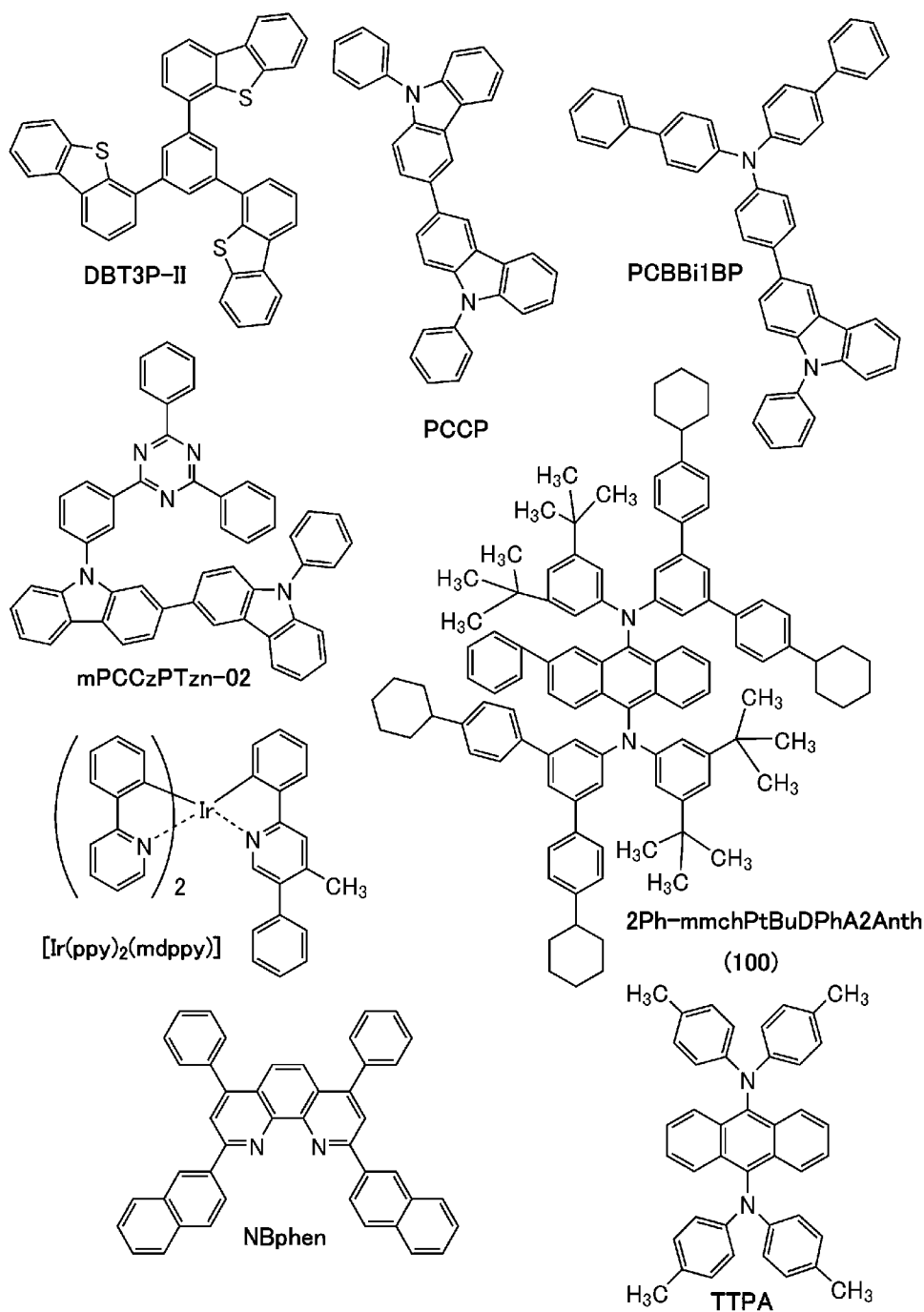
*** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm)

**** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,1, 40 nm)

***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)] (0,5:0,5:0,1, 40 nm)

***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:TTPA (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm)

[Chemische Formel 42]



<<Strukturen von Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0325] Bei jeder der Licht emittierenden Vorrichtungen, die in diesem Beispiel beschrieben werden, sind, wie in **Fig. 24** dargestellt, eine Lochinjektionsschicht **911**, eine Lochtransportschicht **912**, eine Licht emittierende Schicht **913**, eine Elektronentransportschicht **914** und eine Elektroneninjectionsschicht **915** in dieser Reihenfolge über einer ersten Elektrode **901** angeordnet, die über einem Substrat **900** ausgebildet ist, und eine zweite Elektrode **903** ist über der Elektroneninjectionsschicht **915** angeordnet.

[0326] Es sei angemerkt, dass ein Glassubstrat als Substrat **900** verwendet wurde. Die erste Elektrode **901** wurde unter Verwendung eines Films von Indiumzinnoxid, das Siliziumoxid enthält (ITSO), in einer Dicke von 70 nm ausgebildet. Die Elektrodenfläche der ersten Elektrode **901** wurde auf 4 mm² (2 mm × 2 mm) eingestellt.

[0327] Die Lochinjektionsschicht **911** wurde unter Verwendung eines Films ausgebildet, der durch Co-Verdampfung von 4,4',4''-(Benzol-1,3,5-triyl)tri(dibenzothiophen) (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdänoxid (DBT3P-II: Molybdänoxid = 1:0,5 (Massenverhältnis)) ausgebildet wurde, und die Dicke davon war 40 nm.

[0328] Die Lochtransportschicht **912** wurde unter Verwendung von 4,4'-Diphenyl-4''-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBBi1BP) ausgebildet, und die Dicke davon war 20 nm.

[0329] Jede der Licht emittierenden Schichten **913** der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-4 wurde unter Verwendung eines Films ausgebildet, der 9-[3-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-9'-phenyl-2,3'-bi-9H-carbazol (Abkürzung: mPCCzPTzn-02), 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), [2-(4-Methyl-5-phenyl-2-pyridinyl-κN)phenyl-κC]bis[2-(2-pyridinyl-κN)phenyl-κC]iridium (Abkürzung: [Ir(ppy)₂(mdppy)]) und 2PhmmchPtBuDPhA2Anth beinhaltet, und die Dicke davon war 40 nm. Die Licht emittierende Schicht **913** der Licht emittierenden Vorrichtung 1-5 wurde unter Verwendung eines Films ausgebildet, der mPCCzPTzn-02, PCCP und [Ir(ppy)₂(mdppy)] beinhaltet und kein 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth beinhaltet, und die Dicke davon war 40 nm. Die Licht emittierende Schicht **913** der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1-a wurde unter Verwendung eines Films ausgebildet, der mPCCzPTzn-02, PCCP, [Ir(ppy)₂(mdppy)] und TTPA beinhaltet, und die Dicke davon war 40 nm. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Schichten **913** der Licht emittierenden Vorrichtungen voneinander unterschiedliche Gewichtsverhältnisse aufwiesen, wie in der Tabelle 1 gezeigt.

[0330] Als Elektronentransportschicht **914** wurde ein mehrschichtiger Film aus einem 20 nm dicken Film aus mPCCzPTzn-02 und einem 10 nm dicken Film aus 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBphen) verwendet.

[0331] Die Elektroneninjectionsschicht **915** wurde unter Verwendung von Lithiumfluorid (LiF) in einer Dicke von 1 nm ausgebildet.

[0332] Die zweite Elektrode **903** wurde unter Verwendung von Aluminium in einer Dicke von 200 nm ausgebildet. In diesem Beispiel dient die zweite Elektrode **903** als Kathode.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0333] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Die Leuchtdichte und die Chromatizität (CIE-Chromatizität) wurden mit einem Leuchtdichte-Farbmessgerät (BM-5A, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen, und die Elektrolumineszenz- (EL-) Spektren wurden mit einem Mehrkanalspektrometer (PMA-11, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurde.

[0334] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 und 1-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 25**, **Fig. 26**, **Fig. 27** bzw. **Fig. 28** gezeigt.

[0335] **Fig. 29** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0336] Tabelle 2 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 2]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/CM ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 1-1	3,0	0,039	0,98	0,33	0,64	790	81	84	21
Licht emittierende Vorrichtung 1-2	3,1	0,060	1,5	0,33	0,64	1100	75	76	20

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/CM ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 1-3	3,1	0,067	1,7	0,33	0,64	1200	70	71	18
Licht emittierende Vorrichtung 1-4	3,1	0,069	1,7	0,34	0,64	1000	59	59	15
Licht emittierende Vorrichtung 1-5	3,0	0,050	1,2	0,32	0,65	1100	86	90	23
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1-a	3,1	0,10	2,4	0,36	0,62	930	38	39	10

[0337] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 1-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 29** gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 1-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 522 nm aufweist und von [Ir(ppy)₂(mdppy)] stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 534 nm aufweist und von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-4 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 15 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0338] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5, die sich durch die Konzentration von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1-a, deren Konzentration von TTPA in der Licht emittierenden Schicht der Konzentration von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung 1-3 gleich war, war ungefähr die Hälfte der externen Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung 1-3. Dieses Ergebnis bedeutet, dass 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 1-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 1-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0339] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 30** gezeigt. Aus den Ergebnissen wird festgestellt, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2PhmmchPtBuDPhA2Anth die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den

Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[0340] Die Fluoreszenzlebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5 wurde gemessen, um eine Differenz der Lichtemissionsgeschwindigkeit zu untersuchen, die durch die jeweiligen Konzentrationen bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5 verursacht wurde. Ein Pikosekunden-Fluoreszenzlebensdauer-Messsystem (hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) wurde für die Messung verwendet. Für die Messung der Fluoreszenzlebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen wurde eine Impulsspannung mit einer Rechteckwelle an die Licht emittierenden Vorrichtungen angelegt, und eine zeitaufgelöste Messung von Licht, das von dem Abfall der Spannung abgeschwächt wurde, wurde mit einer Streak-Kamera durchgeführt. Die Impulsspannung wurde bei einer Frequenz von 10 Hz angelegt. Durch Integrieren von Daten, die durch wiederholte Messungen erhalten wurden, wurden Daten mit einem hohen S/N-Verhältnis erhalten. Die Messung wurde bei Raumtemperatur (300 K) unter den folgenden Bedingungen durchgeführt: Eine Impulsspannung von etwa 3 V bis 4 V wurde angelegt, so dass die Leuchtdichte der Licht emittierenden Vorrichtungen nahe an 1000 cd/m² wurde, die Impulszeitbreite war 100 µs, eine negative Vorspannung war -5 V (zu dem Zeitpunkt, zu dem die Elemente nicht betrieben wurden) und die Messzeit war 10 µs. **Fig. 31** zeigt die Messergebnisse. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 31** die vertikale Achse die Emissionsintensität darstellt, die zu derjenigen in einem Zustand normiert wird, in dem Ladungsträger ständig injiziert werden (d. h. die Impulsspannung angelegt wird), und dass die horizontale Achse die Zeit darstellt, die nach dem Abfall der Impulsspannung verlaufen worden ist.

[0341] Die Schwächungskurven in **Fig. 31** wurden mittels einer exponentiellen Funktion angepasst, was zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-5 jeweils Licht emittieren, das eine schnelle Fluoreszenzkomponente von 1 µs oder weniger und eine verzögerte Fluoreszenzkomponente von ungefähr 5 µs aufweist. Außerdem wurde festgestellt, dass bei dem Hinzufügen einer fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial die Lebensdauer der schnellen Fluoreszenzkomponente verkürzt wurde, als die Konzentration der fluoreszierenden Substanz erhöht wurde. Dies zeigt, dass das Hinzufügen der fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial zu der Licht emittierenden Schicht zu einer Erhöhung des Anteils der schnellen Fluoreszenzkomponente führt, die von der fluoreszierenden Substanz stammt. Wie vorstehend beschrieben, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 1-1 bis 1-4, die das Gastmaterial mit einer Schutzgruppe enthalten, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine hohe externe Quanteneffizienz auf, selbst wenn die Konzentration der fluoreszierenden Substanzen der Licht emittierenden Vorrichtungen hoch ist. Demzufolge weist die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Emissionseffizienz auf, selbst wenn der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Es wird daher darauf hingedeutet, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie unterdrückt werden können; und somit kann die Übertragungseffizienz der Anregungsenergie durch den Förster-Mechanismus verbessert werden, indem die Konzentration des Gastmaterials erhöht wird. Im Gegensatz dazu wird die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 1-a, die das Gastmaterial ohne Schutzgruppe enthält, durch die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und durch die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie signifikant beeinflusst; deshalb wird die Emissionseffizienz verringert, während der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Licht emittieren, indem sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient genutzt werden.

[Beispiel 7]

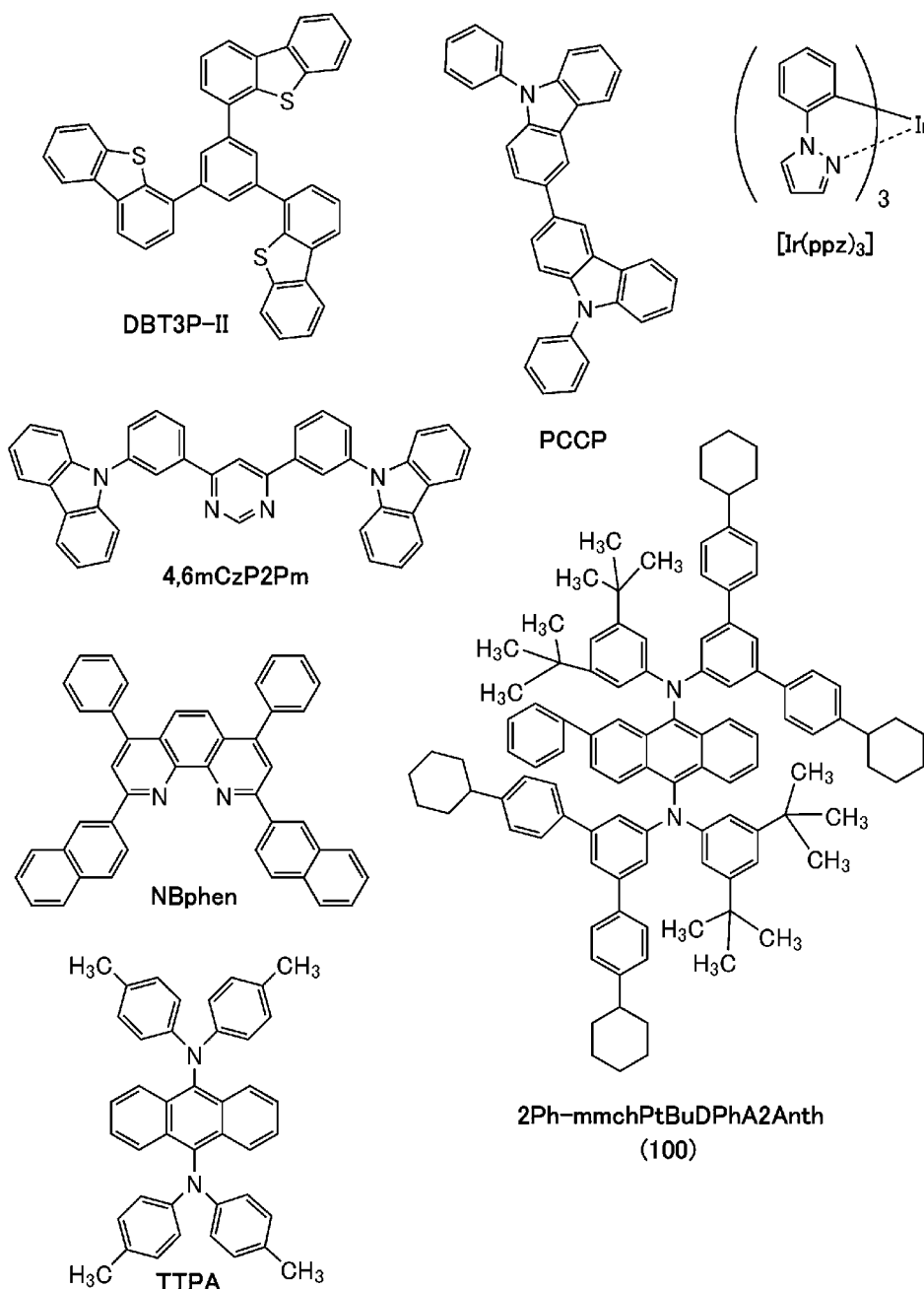
[0342] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 und 2-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 3 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 3 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]-2-phe-

nylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth) (Strukturformel (100)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 2-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 3]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 2-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II:MoOx PCCP (1:0, 5, 40 nm) (20 nm)		*	4, 6mCzP2Pm (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 2-2				**				
Licht ' emittierende Vorrichtung 2-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 2-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 2-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2-a				*****				
* 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,01, 40 nm) ** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,025, 40 nm) *** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,05, 40 nm) **** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,1, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃] (0,8:0,2, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:TTPA (0,8:0,2:0,1, 40 nm)								

[Chemische Formel 43]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0343] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 6, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Unterschiede zum Beispiel 6 sind 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), das in den Lochtransportschichten **912** der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 und 2-5 verwendet wird; Tris[2-(1H-pyrazol-1-yl- κ /V2)phenyl- κ C]iridium(III) (Abkürzung: $[\text{Ir}(\text{ppz})_3]$) und 9,9'-(Pyrimidin-4,6-diyl-di-3,1-phenylen)bis(9H-carbazol) (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), die in den Licht emittierenden Schichten davon verwendet werden; und 4,6mCzP2Pm, das in den Elektronentransportschichten **914** davon verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0344] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 6 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0345] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 und 2-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-

Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 32**, **Fig. 33**, **Fig. 34** bzw. **Fig. 35** gezeigt.

[0346] **Fig. 36** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0347] Tabelle 4 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 4]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 2-1	3,1	0,055	1,4	0,30	0,64	1000	75	76	21
Licht emittierende Vorrichtung 2-2	3,1	0,053	1,3	0,31	0,65	1000	77	78	21
Licht emittierende Vorrichtung 2-3	3,1	0,053	1,3	0,32	0,65	1000	78	79	20
Licht emittierende Vorrichtung 2-4	3,1	0,053	1,3	0,33	0,65	940	71	72	18
Licht emittierende Vorrichtung 2-5	3,3	0,065	1,6	0,32	0,61	1100	65	62	19
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2-a	3,3	0,11	2,7	0,37	0,62	1100	43	41	11

[0348] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 2-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 36** gezeigt, weist das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 2-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 531 nm aufweist und von einem Exciplex aus 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] stammt, wobei sich das EL-Spektrum von einem Emissionsspektrum unterscheidet, das auf jedes von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] zurückzuführen ist. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 535 nm aufweist und von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-4 2PhmmchPtBuDPhA2Anth, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 18 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %.

Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, oder eine Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in dem Exciplex von Triplett-Exzitonen erzeugt werden, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0349] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5, die sich durch die Konzentration von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 2-a, deren Konzentration von TTPA in der Licht emittierenden Schicht der Konzentration von 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung 2-3 gleich war, war ungefähr die Hälfte der externen Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung 2-3. Dieses Ergebnis bedeutet, dass 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 2-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2Ph-mmchPtBuDPhA2Anth im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 2-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0350] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 37** gezeigt. Aus den Ergebnissen wird festgestellt, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2PhmmchPtBuDPhA2Anth die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[0351] Die Fluoreszenzlebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5 wurde gemessen, um eine Differenz der Lichtemissionsgeschwindigkeit zu untersuchen, die durch die jeweiligen Konzentrationen bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5 verursacht wurde. Die Messungen wurden durch ein Verfahren durchgeführt, das demjenigen des Beispiels 6 ähnlich ist. **Fig. 38** zeigt die Messergebnisse. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 38** die vertikale Achse die Emissionsintensität darstellt, die zu derjenigen in einem Zustand normiert wird, in dem Ladungsträger ständig injiziert werden (d. h. die Impulsspannung angelegt wird), und dass die horizontale Achse die Zeit darstellt, die nach dem Abfall der Impulsspannung verlaufen worden ist.

[0352] Die Schwächungskurven in **Fig. 38** wurden mittels einer exponentiellen Funktion angepasst, was zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-5 jeweils Licht emittieren, das eine schnelle Fluoreszenzkomponente von 0,5 µs oder weniger und eine verzögerte Fluoreszenzkomponente von ungefähr 2 µs aufweist. Außerdem wurde festgestellt, dass bei dem Hinzufügen einer fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial der Anteil der schnellen Fluoreszenzkomponente erhöht wurde, als die Konzentration der fluoreszierenden Substanz erhöht wurde. Dies zeigt, dass das Hinzufügen der fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial zu der Licht emittierenden Schicht zu einer Erhöhung des Anteils der schnellen Fluoreszenzkomponente führt, die von der fluoreszierenden Substanz stammt. Wie vorstehend beschrieben, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 2-1 bis 2-4, die das Gastmaterial mit einer Schutzgruppe enthalten, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine hohe externe Quanteneffizienz auf, selbst wenn die Konzentration der fluoreszierenden Substanzen der Licht emittierenden Vorrichtungen hoch ist. Demzufolge weist die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Emissionseffizienz auf, selbst wenn der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Es wird daher darauf hingedeutet, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie unterdrückt werden können; und

somit kann die Energieübertragungseffizienz der Anregungsenergie durch den Förster-Mechanismus verbessert werden, indem die Konzentration des Gastmaterials erhöht wird. Im Gegensatz dazu wird die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 2-a, die das Gastmaterial ohne Schutzgruppe enthält, durch die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und durch die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie signifikant beeinflusst; deshalb wird die Emissionseffizienz verringert, während der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Licht emittieren, indem sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient genutzt werden.

<<Ergebnisse der CV-Messung>>

[0353] Als Nächstes wurden die elektrochemischen Eigenschaften (Oxidationsreaktionseigenschaften und Reduktionsreaktionseigenschaften) von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃], die für die Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen verwendet wurden, durch eine Cyclovoltammetrie-(CV-) Messung gemessen. Das Messverfahren ist wie folgt.

[0354] Ein elektrochemischer Analysator (ALS Modell 600A oder 600C, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Messeinrichtung verwendet. Eine Lösung für die CV-Messung wurde auf die folgende Weise hergestellt: Tetra-n-butylammoniumperchlorat (n-Bu₄NClO₄, hergestellt von Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., Katalognr. T0836) als Trägerelektrolyt wurde in wasserfreiem Dimethylformamid (DMF, hergestellt von Sigma-Aldrich Co. LLC., 99,8 %, Katalognr. 22705-6) als Lösungsmittel bei einer Konzentration von 100 mmol/l aufgelöst, und das zu messende Objekt wurde bei einer Konzentration von 2 mmol/l darin aufgelöst. Eine Platinelektrode (PTE-Platinelektrode, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Arbeitselektrode verwendet, eine weitere Platinelektrode (Pt-Gegenelektrode für VC-3 (5 cm), hergestellt von BAS Inc.) wurde als Hilfelektrode verwendet, und eine Ag/Ag⁺-Elektrode (RE7-Referenzelektrode für ein nichtwässriges Lösungsmittel, hergestellt von BAS Inc.) wurde als Referenzelektrode verwendet. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (20 °C bis 25 °C) durchgeführt wurde. Zusätzlich wurde die Abtastgeschwindigkeit bei der CV-Messung auf 0,1 V/s eingestellt, und ein Oxidationspotential E_a [V] und ein Reduktionspotential E_c [V] in Bezug auf die Referenzelektrode wurden gemessen. Das Potential E_a ist ein Zwischenpotential einer Oxidations-Reduktions-Welle und das Potential E_c ist ein Zwischenpotential einer Reduktions-Oxidations-Welle. Da hier die Potentialenergie der Referenzelektrode, die in diesem Beispiel verwendet wird, in Bezug auf das Vakuumniveau bekanntermaßen -4,94 [eV] ist, können das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau durch die folgenden Formeln berechnet werden: HOMO-Niveau [eV] = -4,94 - E_a und LUMO-Niveau [eV] = -4,94 - E_c.

[0355] Entsprechend den Ergebnissen der CV-Messung waren das Oxidationspotential und das Reduktionspotential von 4,6mCzP2Pm jeweils 0,95 V und -2,06 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm, die aus den Ergebnissen der CV-Messung berechnet wurden, jeweils -5,89 eV und -2,88 eV. Das Oxidationspotential und das Reduktionspotential von [Ir(ppz)₃] waren jeweils 0,45 V und -3,17 V. Außerdem waren das HOMO-Niveau und das LUMO-Niveau von [Ir(ppz)₃], die aus den Ergebnissen der CV-Messung berechnet wurden, jeweils -5,39 eV und -1,77 eV.

[0356] Wie vorstehend beschrieben, ist das LUMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm niedriger als dasjenige von [Ir(ppz)₃], und das HOMO-Niveau von [Ir(ppz)₃] ist höher als dasjenige von 4,6mCzP2Pm. Somit werden in dem Fall, in dem die Verbindungen in einer Licht emittierenden Schicht verwendet werden, Elektronen und Löcher effizient in 4,6mCzP2Pm bzw. [Ir(ppz)₃] injiziert, so dass 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] einen Exciplex bilden können. Außerdem ist die Lichtemissionsenergie in dem EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 2-5 in **Fig. 36** nahe an einer Energiedifferenz zwischen dem HOMO-Niveau von 4,6mCzP2Pm und dem LUMO-Niveau von [Ir(ppz)₃]. Deshalb stammt die Lichtemission von dem Exciplex, der von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] gebildet wird.

[Beispiel 8]

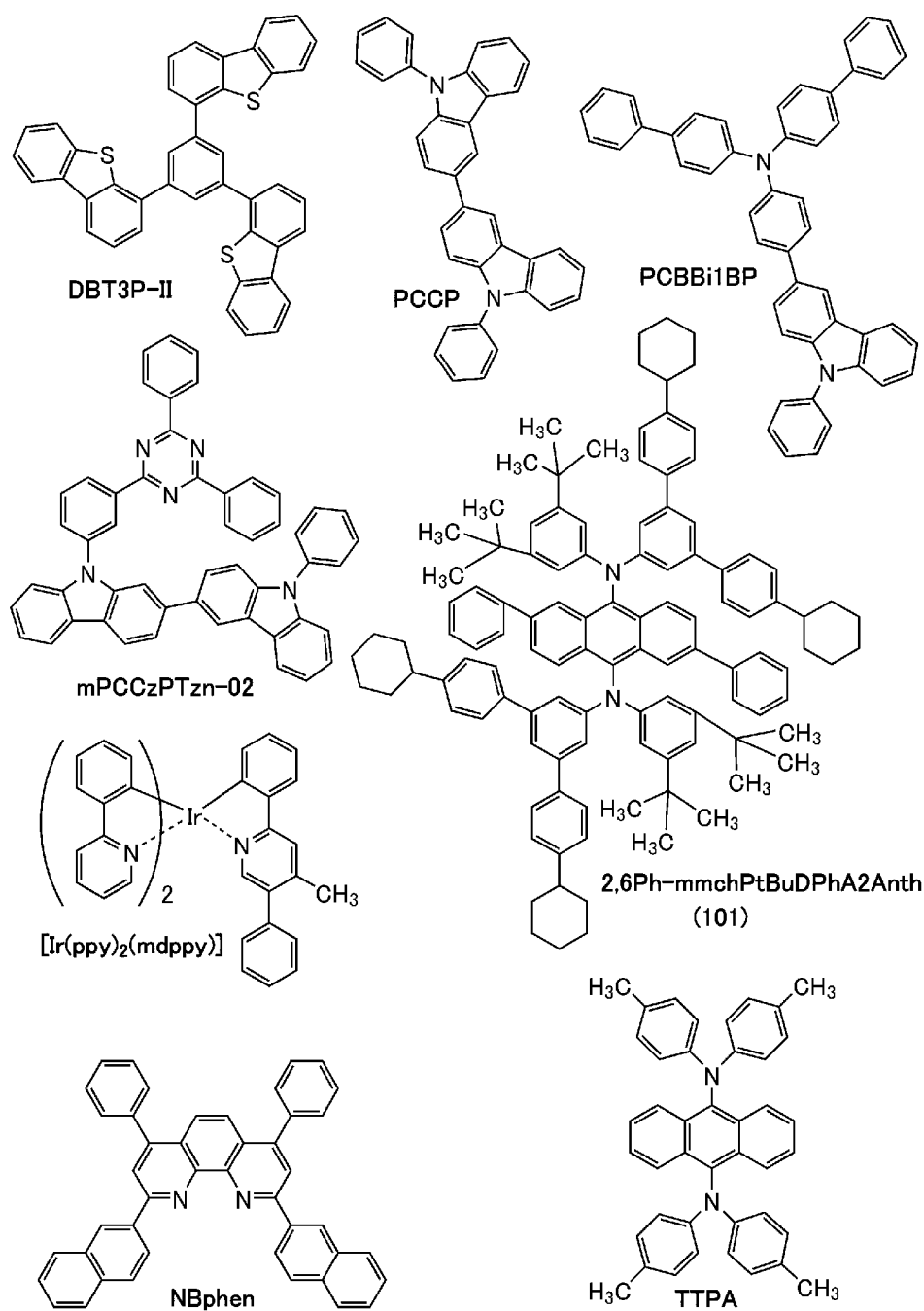
[0357] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 und 3-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 5 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 5 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtun-

gen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-A/,A'-bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]-2,6-diphenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth) (Strukturformel (101)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 3-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Ant, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 5]

	Ers- te Elek- trode	Lochinjekti- onsschicht	Loch- trans- port- schicht	Licht emittie- rende Schicht	Elektronentransportschicht		Elek- tronen- injek- tions- schicht	Zwei- te Elek- trode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittie- rende Vorrich- tung 3-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 40 nm)	PCB- Bi1 BP (20 nm)	*	mPCCz- PTzn-02 (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittie- rende Vorrich- tung 3-2				**				
Licht emittie- rende Vorrich- tung 3-3				***				
Licht emittie- rende Vorrich- tung 3-4				****				
Licht emittie- rende Vorrich- tung 3-5				*****				
Licht 'emit- tieren- de Ver- gleichs- vorrich- tung 3-a				*****				
* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,01, 40 nm) ** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,025, 40 nm) *** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm) **** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,1, 40 nm) ***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)] (0,5:0,5:0,1, 40 nm) ***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:TTPA (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm)								

[Chemische Formel 44]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0358] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 6 und dem Beispiel 7, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Ein Unterschied zum Beispiel 6 ist 2,6PhmmchPtBuDPhA2Anth, das in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1, 3-2, 3-3 und 3-4 verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0359] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 6 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0360] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 und 3-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 39**, **Fig. 40**, **Fig. 41** bzw. **Fig. 42** gezeigt.

[0361] **Fig. 43** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0362] Tabelle 6 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 6]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 3-1	3,1	0,054	1,3	0,33	0,64	1178	88	89	23
Licht emittierende Vorrichtung 3-2	3,1	0,053	1,3	0,34	0,64	1136	86	87	22
Licht emittierende Vorrichtung 3-3	3,1	0,054	1,3	0,35	0,63	1084	81	82	21
Licht emittierende Vorrichtung 3-4	3,1	0,056	1,4	0,36	0,62	1052	75	76	19
Licht emittierende Vorrichtung 3-5	3,0	0,050	1,2	0,32	0,65	1064	86	90	23
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 3-a	3,1	0,10	2,4	0,36	0,62	930	38	39	10

[0363] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 3-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 43** gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 3-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 522 nm aufweist und von [Ir(ppy)₂(mdppy)] stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 543 nm aufweist und von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-4 2,6PhmmchPtBuDPhA2Anth, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 19 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0364] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5, die sich durch die Konzentration von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3-a, deren Konzentration von TTPA in der Licht emittierenden Schicht der Konzentration von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung 3-3 gleich war, war kleiner als oder gleich der Hälfte der externen Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung 3-3. Dieses Ergebnis bedeutet, dass 2,6PhmmchPtBuDPhA2Anth, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 3-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 3-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0365] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 44** gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[0366] Die Fluoreszenzlebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5 wurde gemessen, um eine Differenz der Lichtemissionsgeschwindigkeit zu untersuchen, die durch die jeweiligen Konzentrationen bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5 verursacht wurde. Die Messungen wurden durch ein Verfahren durchgeführt, das demjenigen des Beispiels 6 ähnlich ist. **Fig. 45** zeigt die Messergebnisse. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 45** die vertikale Achse die Emissionsintensität darstellt, die zu derjenigen in einem Zustand normiert wird, in dem Ladungsträger ständig injiziert werden (d. h. die Impulsspannung angelegt wird), und dass die horizontale Achse die Zeit darstellt, die nach dem Abfall der Impulsspannung verlaufen worden ist.

[0367] Die Schwächungskurven in **Fig. 45** wurden mittels einer exponentiellen Funktion angepasst, was zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-5 jeweils Licht emittieren, das eine schnelle Fluoreszenzkomponente von 1 µs oder weniger und eine verzögerte Fluoreszenzkomponente von ungefähr 5 µs aufweist. Außerdem wurde festgestellt, dass bei dem Hinzufügen einer fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial die Lebensdauer der schnellen Fluoreszenzkomponente verkürzt wurde, als die Konzentration der fluoreszierenden Substanz erhöht wurde. Dies zeigt, dass das Hinzufügen der fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial zu der Licht emittierenden Schicht zu einer Erhöhung des Anteils der schnellen Fluoreszenzkomponente führt, die von der fluoreszierenden Substanz stammt. Wie vorstehend beschrieben, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 3-1 bis 3-4, die das Gastmaterial mit einer Schutzgruppe enthalten, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine hohe externe Quanteneffizienz auf, selbst wenn die Konzentration der fluoreszierenden Substanzen der Licht emittierenden Vorrichtungen hoch ist. Demzufolge weist die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Emissionseffizienz auf, selbst wenn der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Es wird daher darauf hingedeutet, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie unterdrückt werden können; und somit kann die Übertragungseffizienz der Anregungsenergie durch den Förster-Mechanismus verbessert werden, indem die Konzentration des Gastmaterials erhöht wird. Im Gegensatz dazu wird die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 3-a, die das Gastmaterial ohne Schutzgruppe enthält, durch die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und durch die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie signifikant beeinflusst; daher wird die Emissionseffizienz verringert, während der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht

wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Licht emittieren, indem sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient genutzt werden.

[Beispiel 9]

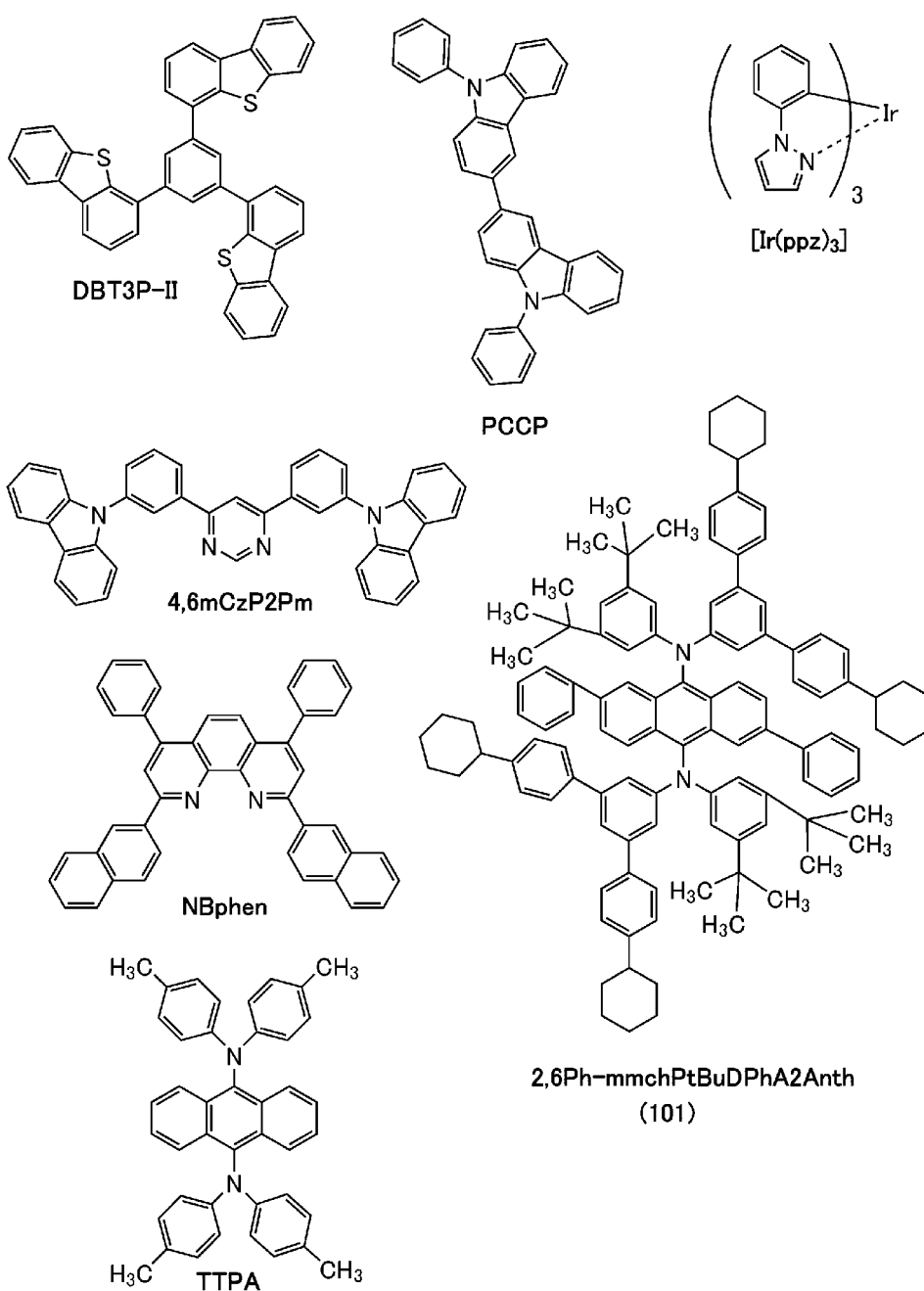
[0368] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 4-1, 4-2, 4-3, 4-4 und 4-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 3 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 7 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-A/,A'-bis[3,5-bis(4-cyclohexylphenyl)phenyl]-2,6-diphenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth) (Strukturformel (101)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 4-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 7]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transport-schicht		Elektro-neninjeki-onsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 4-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 40 nm)	PCCP (20 nm)	*	4, 6mCzP2Pm (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 4-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 4-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 4-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 4-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 4-a				*****				

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transport-schicht	Elektro-neninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914	915	903
* 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,01, 40 nm) ** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,025, 40 nm) *** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,05, 40 nm) **** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,1, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃] (0,8:0,2, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:TTPA (0,8:0,2:0,1, 40 nm)							

[Chemische Formel 45]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0369] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in den Beispielen 6 bis 8, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Unterschiede zum Beispiel 8 sind 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), das in den Lochtransportschichten **912** der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1, 4-2, 4-3 und 4-4 verwendet wird; [Ir(ppz)₃] und 9,9'-(Pyrimidin-4,6-diyl-di-3,1-phenylen)bis(9H-carbazol) (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), die in den Licht emittierenden Schichten davon verwendet werden; und 4,6mCzP2Pm, das in den Elektronentransportschichten **914** davon verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0370] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 6 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0371] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1, 4-2, 4-3, 4-4 und 4-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 46**, **Fig. 47**, **Fig. 48** bzw. **Fig. 49** gezeigt.

[0372] **Fig. 50** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0373] Tabelle 8 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 8]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 4-1	3,2	0,059	1,5	0,33	0,63	1100	75	73	21
Licht emittierende Vorrichtung 4-2	3,2	0,059	1,5	0,34	0,63	1100	76	75	20
Licht emittierende Vorrichtung 4-3	3,2	0,061	1,5	0,34	0,63	1100	74	73	20
Licht emittierende Vorrichtung 4-4	3,2	0,061	1,5	0,36	0,62	1000	66	64	17
Licht emittierende Vorrichtung 4-5	3,3	0,065	1,6	0,32	0,61	1100	65	62	19
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 4-a	3,3	0,11	2,7	0,37	0,62	1100	43	41	11

[0374] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 4-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 50** gezeigt, weist das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 4-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 531 nm aufweist und von einem Exciplex aus 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] stammt, wobei sich das EL-Spektrum von dem Emissionsspektrum unterscheidet, das auf jedes von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] zurückzuführen ist. Die EL-

Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 543 nm aufweist und von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-4 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 17 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-4 eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, oder eine Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in dem Exciplex von Triplett-Exzitonen erzeugt werden, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0375] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5, die sich durch die Konzentration von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 4-a, deren Konzentration von TTPA in der Licht emittierenden Schicht der Konzentration von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung 4-3 gleich war, war ungefähr die Hälfte der externen Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung 4-3. Dieses Ergebnis bedeutet, dass 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 4-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 4-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0376] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 51** gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2,6Ph-mmchPtBuDPhA2Anth die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[0377] Die Fluoreszenzlebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5 wurde gemessen, um eine Differenz der Lichtemissionsgeschwindigkeit zu untersuchen, die durch die jeweiligen Konzentrationen bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5 verursacht wurde. Die Messungen wurden durch ein Verfahren durchgeführt, das demjenigen des Beispiels 6 ähnlich ist. **Fig. 52** zeigt die Messergebnisse. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 52** die vertikale Achse die Emissionsintensität darstellt, die zu derjenigen in einem Zustand normiert wird, in dem Ladungsträger ständig injiziert werden (d. h. die Impulsspannung angelegt wird), und dass die horizontale Achse die Zeit darstellt, die nach dem Abfall der Impulsspannung verlaufen worden ist.

[0378] Die Schwächungskurven in **Fig. 52** wurden mittels einer exponentiellen Funktion angepasst, was zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-5 jeweils Licht emittieren, das eine schnelle Fluoreszenzkomponente von 0,5 µs oder weniger und eine verzögerte Fluoreszenzkomponente von ungefähr 2 µs aufweist. Außerdem wurde festgestellt, dass bei dem Hinzufügen einer fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial der Anteil der schnellen Fluoreszenzkomponente erhöht wurde, als die Konzentration der fluoreszierenden Substanz erhöht wurde. Dies zeigt, dass das Hinzufügen der fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial zu der

Licht emittierenden Schicht zu einer Erhöhung des Anteils der schnellen Fluoreszenzkomponente führt, die von der fluoreszierenden Substanz stammt. Wie vorstehend beschrieben, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 4-1 bis 4-4, die das Gastmaterial mit einer Schutzgruppe enthalten, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine hohe externe Quanteneffizienz auf, selbst wenn die Konzentration der fluoreszierenden Substanzen der Licht emittierenden Vorrichtungen hoch ist. Demzufolge weist die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Emissionseffizienz auf, selbst wenn der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Es wird daher darauf hingedeutet, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie unterdrückt werden können; und somit kann die Energieübertragungseffizienz der Anregungsenergie durch den Förster-Mechanismus verbessert werden, indem die Konzentration des Gastmaterials erhöht wird. Im Gegensatz dazu wird die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 4-a, die das Gastmaterial ohne Schutzgruppe enthält, durch die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und durch die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie signifikant beeinflusst; daher wird die Emissionseffizienz verringert, während der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Licht emittieren, indem sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient genutzt werden.

[Beispiel 10]

[0379] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 und 5-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 5 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 9 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]-2-phenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02) (Strukturformel (104)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 5-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 9]

	Erste Elektrode	Lochinjektions-schicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektronen-injektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 5-1	ITO (70 nm)	DBT3P-Ir:MoOx (1:0,5, 40 nm)	PCBBi1BP (20 nm)	*	mPCCzPTzn-02 (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 5-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 5-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 5-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 5-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 5-a				*****				

* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,5:0,5:0,1:0,01, 40 nm)

** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,5:0,5:0,1:0,033, 40 nm)

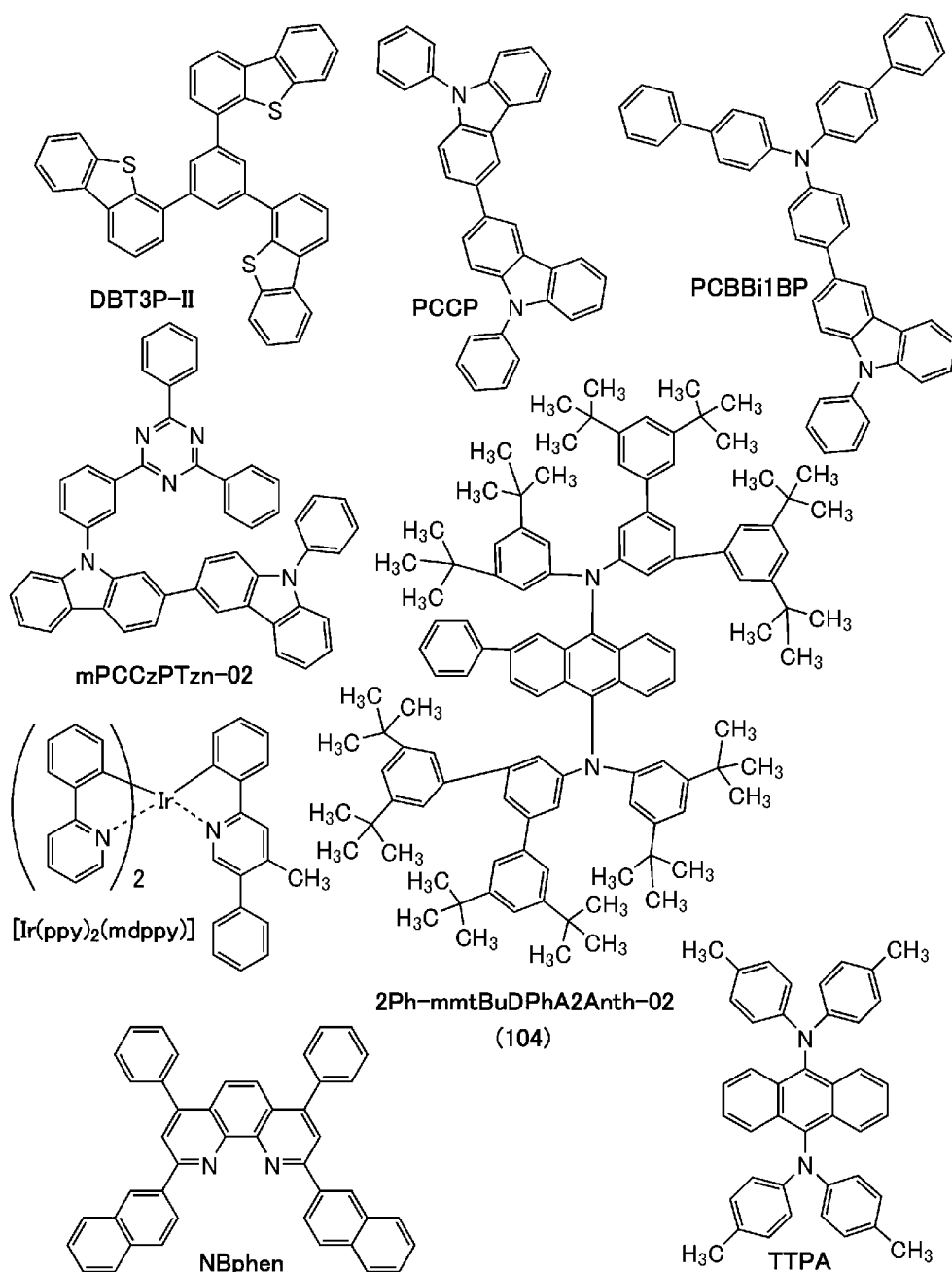
*** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,5:0,5:0,1:0,06, 40 nm)

**** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,5:0,5:0,1:0,1, 40 nm)

***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)] (0,5:0,5:0,1, 40 nm)

***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:TTPA (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm)

[Chemische Formel 46]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0380] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in den Beispielen 6 bis 9, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Ein Unterschied zum Beispiel 8 ist 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1, 5-2, 5-3 und 5-4 verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0381] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 6 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0382] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 und 5-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 53**, **Fig. 54**, **Fig. 55** bzw. **Fig. 56** gezeigt.

[0383] Fig. 57 zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0384] Tabelle 10 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 10]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 5-1	3,1	0,060	1,5	0,31	0,65	1200	78	79	21
Licht emittierende Vorrichtung 5-2	3,1	0,059	1,5	0,31	0,66	1000	71	72	19
Licht emittierende Vorrichtung 5-3	3,2	0,078	2,0	0,32	0,66	1200	60	59	16
Licht emittierende Vorrichtung 5-4	3,2	0,069	1,7	0,32	0,66	890	52	51	13
Licht emittierende Vorrichtung 5-5	3,0	0,050	1,2	0,32	0,65	1100	86	90	23
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 5-a	3,1	0,10	2,4	0,36	0,62	930	38	39	10

[0385] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 5-5 erhalten wird. Wie in Fig. 57 gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 5-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 522 nm aufweist und von [Ir(ppy)₂(mdppy)] stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 530 nm aufweist und von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-4 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 13 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-4 eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0386] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5, die sich durch die Konzentration von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass alle Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5 eine hohe externe Quanteneffizienz aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungs-

energie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 5-a, die in der Licht emittierenden Schicht TTPA enthält, war niedriger als diejenige der Licht emittierenden Vorrichtung 5-3. Dieses bedeutet, dass 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 5-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2PhmmtBuDPhA2Anth-02 im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 5-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0387] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 5-1 bis 5-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 58** gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[Beispiel 11]

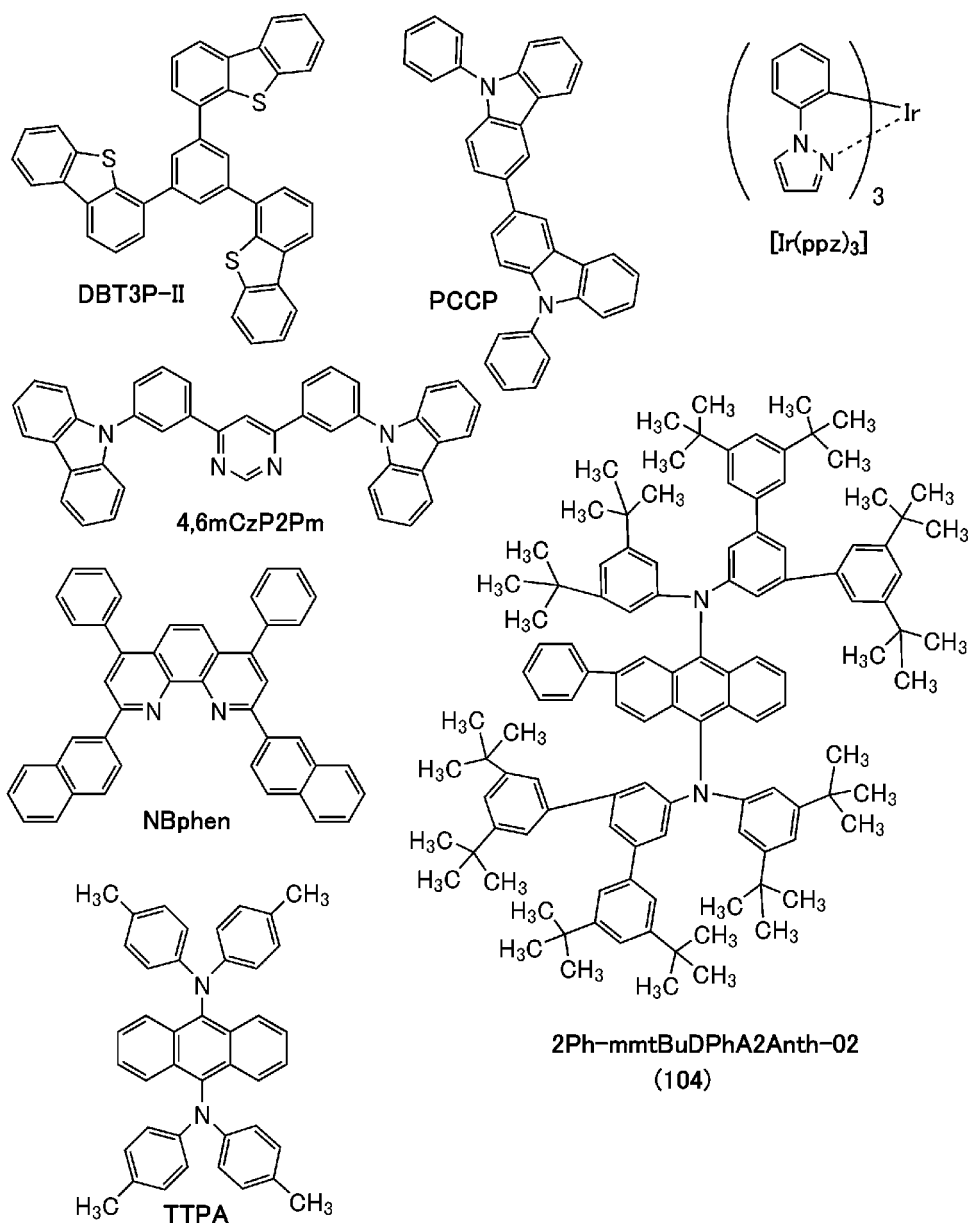
[0388] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 6-1, 6-2, 6-3, 6-4 und 6-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 3 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 11 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]-2-phenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02) (Strukturformel (104)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 6-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 11]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transportschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 6-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 40 nm)	PCCP (20 nm)	*	4, 6mCzP2Pm (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 6-2				**				

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 6-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 6-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 6-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 6-a				*****				
* 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,8:0,2:0,01, 40 nm) ** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,8:0,2:0,025, 40 nm) *** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,8:0,2:0,045, 40 nm) **** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 (0,8:0,2:0,13, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃] (0,8:0,2, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz) ₃]:TTPA (0,8:0,2:0,1, 40 nm)								

[Chemische Formel 47]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0389] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in den Beispielen 6 bis 10, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Unterschiede zum Beispiel 10 sind 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), das in den Lochtransportschichten **912** der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1, 6-2, 6-3, 6-4 und 6-5 verwendet wird; $[\text{Ir}(\text{ppz})_3]$ und 9,9'-(Pyrimidin-4,6-diyl-di-3,1-phenylen)bis(9H-carbazol) (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), die in den Licht emittierenden Schichten davon verwendet werden; und 4,6mCzP2Pm, das in den Elektronentransportschichten **914** davon verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0390] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 6 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0391] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1, 6-2, 6-3, 6-4 und 6-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 59**, **Fig. 60**, **Fig. 61** bzw. **Fig. 62** gezeigt.

[0392] Fig. 63 zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0393] Tabelle 12 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 12]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 6-1	3,1	0,044	1,1	0,30	0,63	860	77	78	22
Licht emittierende Vorrichtung 6-2	3,1	0,043	1,1	0,30	0,64	860	80	81	22
Licht emittierende Vorrichtung 6-3	3,2	0,060	1,5	0,30	0,65	1200	78	77	21
Licht emittierende Vorrichtung 6-4	3,2	0,054	1,4	0,32	0,65	1000	77	75	20
Licht emittierende Vorrichtung 6-5	3,3	0,065	1,6	0,32	0,61	1100	65	62	19
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 6-a	3,3	0,11	2,7	0,37	0,62	1100	43	41	11

[0394] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 6-5 erhalten wird. Wie in Fig. 63 gezeigt, weist das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 6-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 531 nm aufweist und von einem Exciplex aus 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] stammt, wobei sich das EL-Spektrum von dem Emissionsspektrum unterscheidet, das auf jedes von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] zurückzuführen ist. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 530 nm aufweist und von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-4 2PhmmtBuDPhA2Anth-02, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 20 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, oder eine Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in dem Exciplex von Triplett-Exzitonen erzeugt werden, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0395] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5, die sich durch die Konzentration von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass alle Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2Ph-

mmtBuDPhA2Anth-02, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 6-a, die in der Licht emittierenden Schicht TTPA enthält, war ungefähr die Hälfte derjenigen der Licht emittierenden Vorrichtung 6-3. Dieses bedeutet, dass 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 6-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 6-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0396] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm^2 wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 64** gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[0397] Die Fluoreszenzlebensdauer der Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5 wurde gemessen, um eine Differenz der Lichtemissionsgeschwindigkeit zu untersuchen, die durch die jeweiligen Konzentrationen bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5 verursacht wurde. Die Messungen wurden durch ein Verfahren durchgeführt, das demjenigen des Beispiels 6 ähnlich ist. **Fig. 65** zeigt die Messergebnisse. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 65** die vertikale Achse die Emissionsintensität darstellt, die zu derjenigen in einem Zustand normiert wird, in dem Ladungsträger ständig injiziert werden (d. h. die Impulsspannung angelegt wird), und dass die horizontale Achse die Zeit darstellt, die nach dem Abfall der Impulsspannung verlaufen worden ist.

[0398] Die Schwächungskurven in **Fig. 65** wurden mittels einer exponentiellen Funktion angepasst, was zeigt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-5 jeweils Licht emittieren, das eine schnelle Fluoreszenzkomponente von $0,5 \mu\text{s}$ oder weniger und eine verzögerte Fluoreszenzkomponente von ungefähr $2 \mu\text{s}$ aufweist. Außerdem wurde festgestellt, dass bei dem Hinzufügen einer fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial der Anteil der schnellen Fluoreszenzkomponente erhöht wurde, als die Konzentration der fluoreszierenden Substanz erhöht wurde. Dies zeigt, dass das Hinzufügen der fluoreszierenden Substanz als Gastmaterial zu der Licht emittierenden Schicht zu einer Erhöhung des Anteils der schnellen Fluoreszenzkomponente führt, die von der fluoreszierenden Substanz stammt. Wie vorstehend beschrieben, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 6-1 bis 6-4, die das Gastmaterial mit einer Schutzgruppe enthalten, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine hohe externe Quanteneffizienz auf, selbst wenn die Konzentration der fluoreszierenden Substanzen der Licht emittierenden Vorrichtungen hoch ist. Dies deutet darauf hin, dass die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Emissionseffizienz aufweist, selbst wenn der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Es wird daher darauf hingedeutet, dass bei der Licht emittierenden Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie unterdrückt werden können; und somit kann die Energieübertragungseffizienz der Anregungsenergie durch den Förster-Mechanismus verbessert werden, indem die Konzentration des Gastmaterials erhöht wird. Im Gegensatz dazu wird die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 6-a, die das Gastmaterial ohne Schutzgruppe enthält, durch die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirtsmaterial auf das Gastmaterial durch den Dexter-Mechanismus und durch die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie signifikant beeinflusst; daher wird die Emissionseffizienz verringert, während der Anteil einer Lichtemission, die von der fluoreszierenden Substanz stammt, erhöht wird. Daher kann die Licht emittierende Vorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Licht emittieren, indem sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient genutzt werden.

[Beispiel 12]

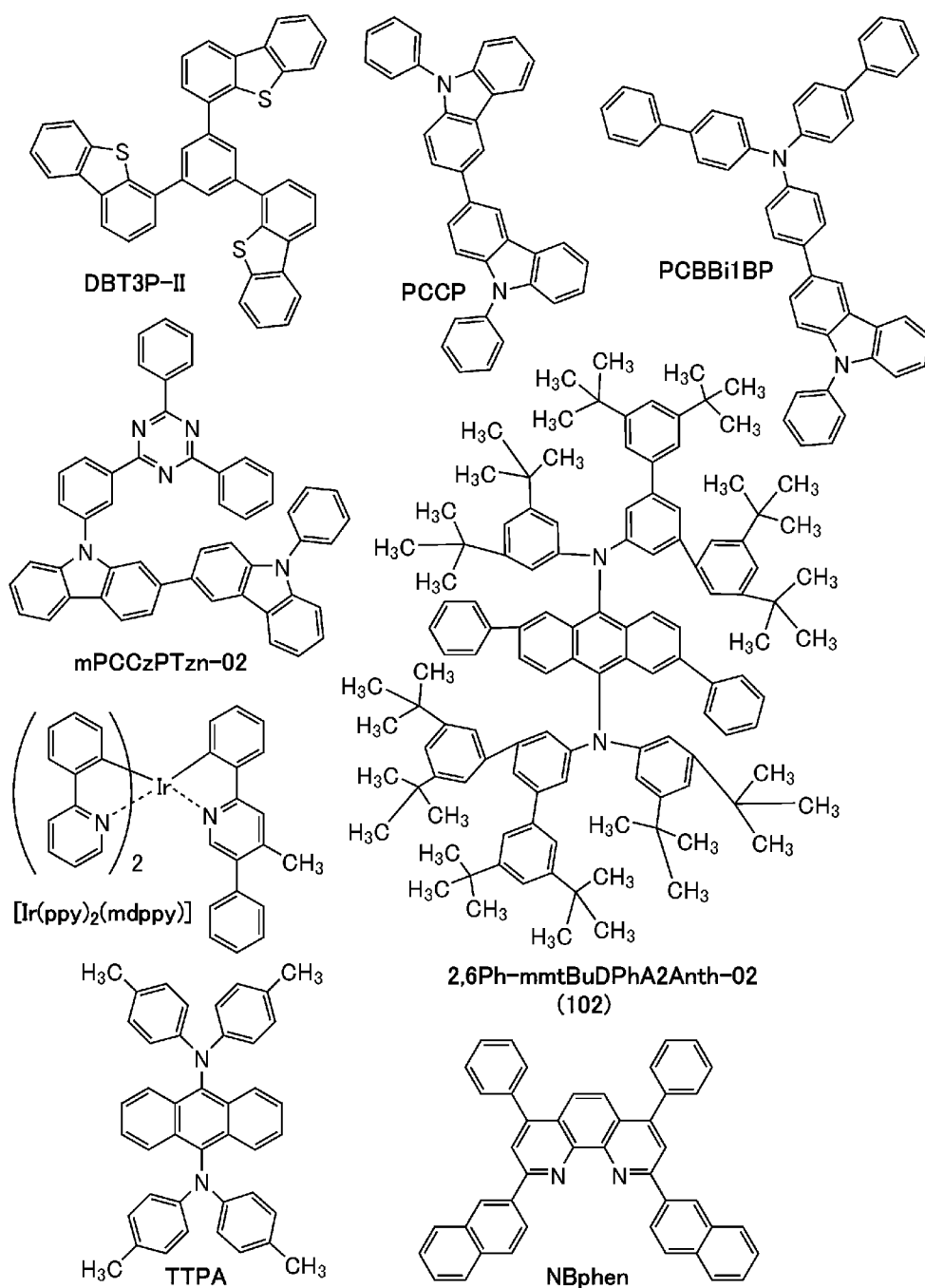
[0399] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 und 7-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 5 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 13 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N"-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]-2,6-diphenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02) (Strukturformel (102)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 7-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 13]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 7-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 40 nm)	PCB-Bi1 BP (20 nm)	*	mPCCz-PTzn-02 (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 7-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 7-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 7-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 7-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 7-a				*****				

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transportschicht	Elektro-neninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914	915	903
* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,01, 40 nm) ** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,025, 40 nm) *** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm) **** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,1, 40 nm) ***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)] (0,5:0,5:0,1, 40 nm) ***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy) ₂ (mdppy)]:TTPA (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm)							

[Chemische Formel 48]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0400] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 6, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Ein Unterschied zum Beispiel 6 ist 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 und 7-5 verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0401] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Die Leuchtdichte, die Chromatizität (CIE-Chromatizität) und die Elektrolumineszenz- (EL-) Spektren wurden mit einem Spektralradiometer (SR-UL1R, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurde.

[0402] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 und 7-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 66**, **Fig. 67**, **Fig. 68** bzw. **Fig. 69** gezeigt.

[0403] **Fig. 70** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0404] Tabelle 14 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 14]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 7-1	3,0	0,060	1,5	0,34	0,62	1200	79	83	21
Licht emittierende Vorrichtung 7-2	3,0	0,056	1,4	0,35	0,62	1100	75	78	20
Licht emittierende Vorrichtung 7-3	3,0	0,058	1,5	0,35	0,62	1100	73	76	19
Licht emittierende Vorrichtung 7-4	3,0	0,056	1,4	0,37	0,61	910	65	68	17
Licht emittierende Vorrichtung 7-5	3,0	0,050	1,2	0,32	0,65	1100	86	90	23
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 7-a	3,1	0,096	2,4	0,36	0,62	930	38	39	10

[0405] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2,6Ph-mmBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 7-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 70** gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 7-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 522 nm aufweist und von [Ir(ppy)₂(mdppy)] stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 540 nm aufweist und von 2,6Ph-mmBuDPhA2Anth-02 stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-4 2,6Ph-mmBuDPhA2Anth-02, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 17 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0406] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5, die sich durch die Konzentration von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass alle Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 7-a, deren Konzentration von TTPA in der Licht emittierenden Schicht der Konzentration von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung 7-3 gleich war, war kleiner als oder gleich der Hälfte der externen Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung 7-3. Dieses bedeutet, dass 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 7-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 7-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett-Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

[0407] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 7-1 bis 7-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 84** gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

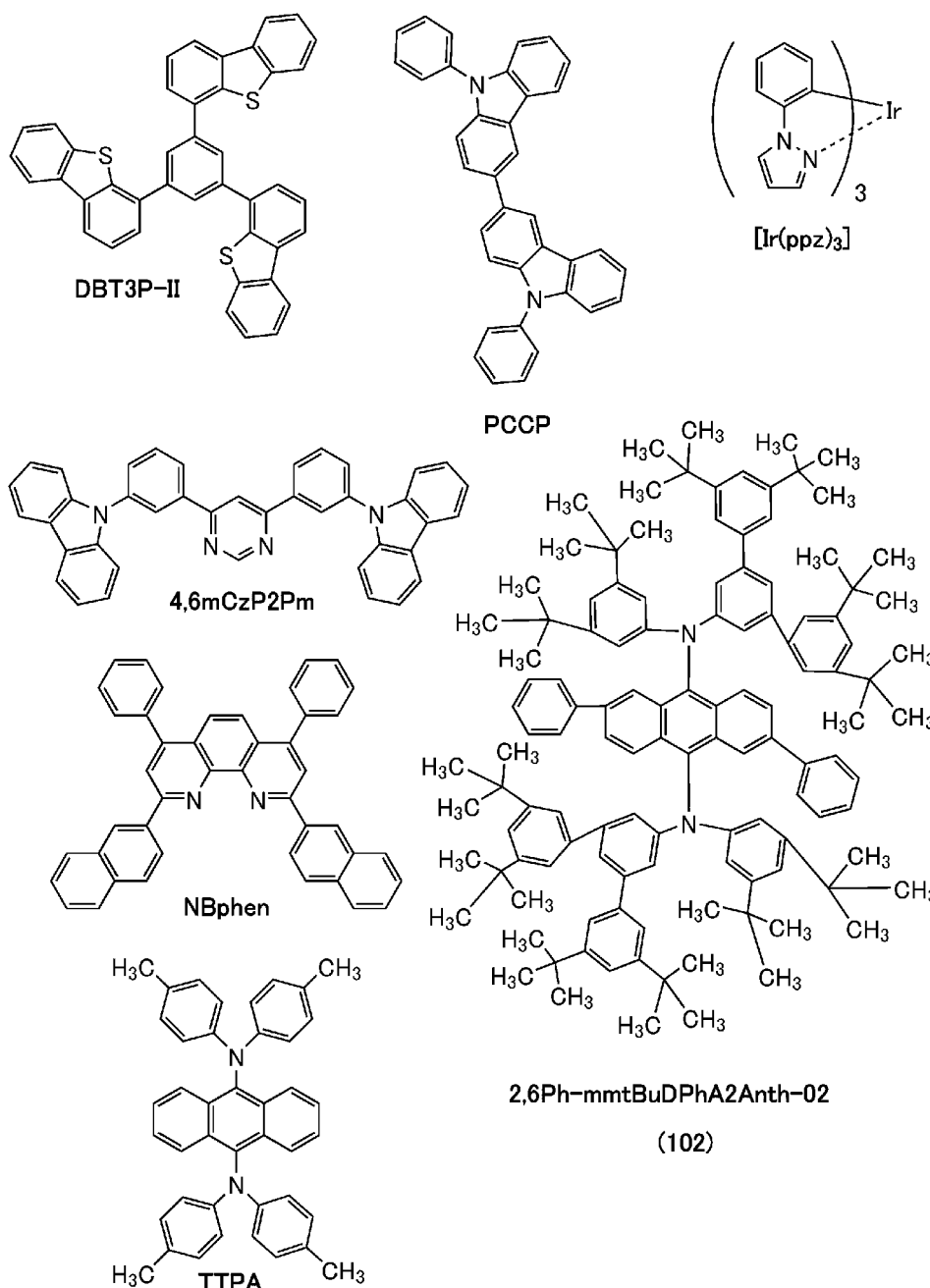
[Beispiel 13]

[0408] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 8-1, 8-2, 8-3, 8-4 und 8-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 3 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 15 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]-2,6-diphenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02) (Strukturformel (102)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Eine Licht emittierende Vorrichtung 8-a, bei der 9,10-Bis[N,N-di-(p-tolyl)-amino]anthracen (Abkürzung: TTPA) anstelle von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung enthalten ist, verwendet wird, wird als Vergleichsbeispiel der Licht emittierenden Vorrichtungen gezeigt. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 15]

	Erste Elektrode	Lochinjektionschicht	Lochtransporterschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transporterschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 8-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 40 nm)	PCCP (20 nm)	*	4, 6mCzP2Pm (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 8-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 8-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 8-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 8-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 8-a				*****				
* 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,01, 40 nm) ** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,025, 40 nm) *** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,05, 40 nm) **** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,1, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃] (0,8:0,2, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:TTPA (0,8:0,2:0,1, 40 nm)								

[Chemische Formel 49]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0409] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in den Beispielen 6 bis 12, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Unterschiede zum Beispiel 12 sind 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), das in den Lochtransportschichten **912** der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1, 8-2, 8-3, 8-4 und 8-5 verwendet wird; $[\text{Ir}(\text{ppz})_3]$ und 9,9'-(Pyrimidin-4,6-diyl-di-3,1-phenylen)bis(9H-carbazol) (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), die in den Licht emittierenden Schichten davon verwendet werden; und 4,6mCzP2Pm, das in den Elektronentransportschichten **914** davon verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0410] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 12 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0411] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1, 8-2, 8-3, 8-4 und 8-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-

Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 71**, **Fig. 72**, **Fig. 73** bzw. **Fig. 74** gezeigt.

[0412] **Fig. 75** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0413] Tabelle 16 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 16]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/W)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 8-1	3,1	0,050	1,3	0,32	0,61	880	70	71	19
Licht emittierende Vorrichtung 8-2	3,1	0,049	1,2	0,33	0,62	900	72	73	19
Licht emittierende Vorrichtung 8-3	3,1	0,051	1,3	0,34	0,62	920	72	73	19
Licht emittierende Vorrichtung 8-4	3,1	0,051	1,3	0,36	0,61	840	66	67	17
Licht emittierende Vorrichtung 8-5	3,3	0,065	1,6	0,32	0,61	1100	65	62	19
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 8-a	3,3	0,11	2,7	0,37	0,62	1100	43	41	11

[0414] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 8-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 75** gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 8-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 531 nm aufweist und von einem Exciplex aus 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] stammt, wobei sich das EL-Spektrum von dem Emissionsspektrum unterscheidet, das auf jedes von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] zurückzuführen ist. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 540 nm aufweist und von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-4 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 17 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, oder eine Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in dem Exciplex von Triplett-Exzitonen erzeugt werden, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0415] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5, die sich durch die Konzentration von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass alle Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5 im Wesentlichen die gleiche externe Quanteneffizienz aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert. Die externe Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 8-a, deren Konzentration von TTPA in der Licht emittierenden Schicht der Konzentration von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 in der Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtung 8-3 gleich war, war ungefähr die Hälfte der externen Quanteneffizienz der Licht emittierenden Vorrichtung 8-3. Dieses bedeutet, dass 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02, das in der Licht emittierenden Vorrichtung 8-3 verwendet wird, eine Schutzgruppe aufweist und daher 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 im Vergleich zu TTPA, das keine Schutzgruppe aufweist und in der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 8-a verwendet wird, die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt durch den Dexter-Mechanismus verhindern kann und sowohl die Singulett- Anregungsenergie als auch die Triplett-Anregungsenergie effizient in eine Lichtemission umwandelt werden können, wodurch die externe Quanteneffizienz stark beeinflusst wird.

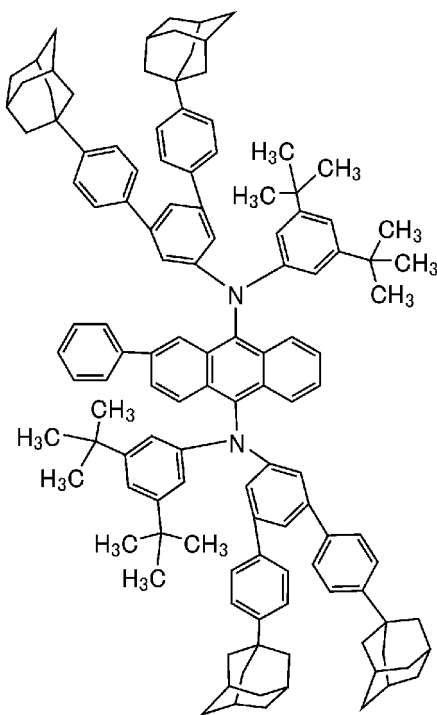
[0416] Betriebstests mit einer konstanten Stromdichte bei einem konstanten Strom von 50 mA/cm² wurden an den Licht emittierenden Vorrichtungen 8-1 bis 8-5 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in **Fig. 85** gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Konzentration von 2,6Ph-mmtBuDPhA2Anth-02 die Zuverlässigkeit verbessert. Dies deutet darauf hin, dass dann, wenn die Konzentration des Gasts in der Licht emittierenden Schicht erhöht wird, die Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht effizient in eine Lichtemission des Gasts umgewandelt werden kann. Mit anderen Worten: Es wird darauf hingedeutet, dass eine Erhöhung der Konzentration des Gasts die Energieübertragung von dem Wirt auf das Gast durch den Dexter-Mechanismus verhindern und die Geschwindigkeit der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von dem Wirt auf das Gast durch den Förster-Mechanismus erhöhen kann. Somit handelt es sich bei der Licht emittierenden Vorrichtung, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, um eine hochzuverlässige Licht emittierende Vorrichtung mit hoher Emissionseffizienz.

[Beispiel 14]

<<Synthesebeispiel 6>>

[0417] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis{3,5-bis[4-(1-adamantyl)phenyl]phenyl}-2-phenylanthracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (124) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 50]



2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth
(124)

[0418] Das vorstehend beschriebene 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth kann durch ein Verfahren, das in den nachstehenden Syntheschemas (f-2) und (f-3) gezeigt wird, in ähnlicher Weise synthetisiert werden, wobei 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]anilin, das durch nachstehend gezeigtes Syntheschema (f-1) erhalten wird, anstelle von 3,5-Bis(4-cyclohexylphenyl)anilin, das in dem Schritt 1 des Beispiels 1 verwendet wird, verwendet wird.

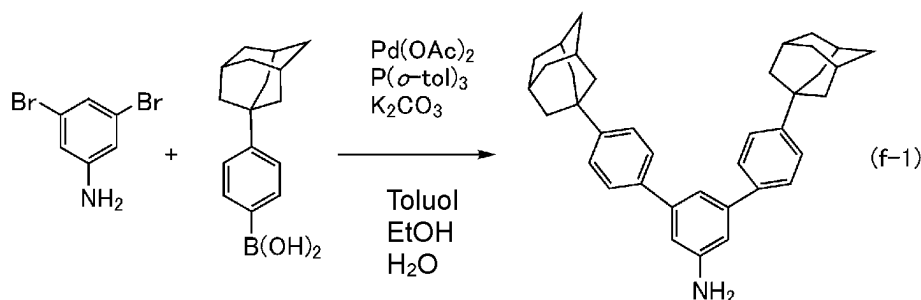
<Schritt 1: Synthese von 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]anilin>

[0419] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 2,4 g (9,6 mmol) 3,5-Dibromanilin, 5,0 g (20 mmol) 4-(1-Adamantyl)-phenylboronsäure und 0,81 g (2,7 mmol) Triortho-tolylphosphin gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 50 ml Toluol, 15 ml Ethanol und 20 ml einer 2M wässrigen Kaliumcarbonatlösung hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 0,12 g (0,53 mmol) Palladium(II)-acetat hinzugefügt, und die Mischung wurde 22 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90 °C gerührt.

[0420] Nach dem Rühren wurde der Mischung Wasser hinzugefügt, und eine wässrige Schicht wurde einer Extraktion mit Toluol unterzogen. Die erhaltene Lösung des Extrakts und eine organische Schicht wurden kombiniert, und die Mischung wurde mit Wasser und einer gesättigten Salzlösung gewaschen. Dann wurde die Mischung mit Magnesiumsulfat getrocknet. Diese Mischung wurde durch Schwerkräftfiltration getrennt, und das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0421] Der erhaltene Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Laufmittel: Toluol) gereinigt, um 1,3 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 27 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird in (f-1) gezeigt.

[Chemische Formel 51]



[0422] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]anilin erhalten wurde.

[0423] ^1H -NMR (CDCl_3 , 300 MHz): σ = 7,58 (m, 4H), 7,45 (m, 4H), 7,22 (m, 1H), 6,88 (m, 2H), 3,81 (bs, 2H), 2,12 (m, 6H), 1,97 (m, 12H), 1,80 (m, 12H).

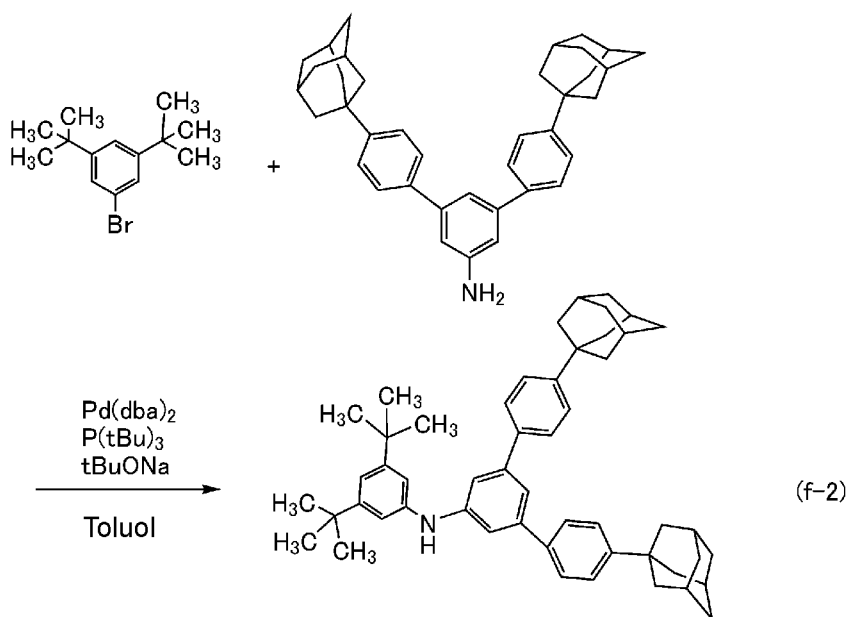
<Schritt 2: Synthese von 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]-3',5'-di-tert-butyl-diphenylamin>

[0424] In einen 300 ml Dreihalskolben wurden 0,7 g (2,6 mmol) 1-Brom-3,5-di-tert-butylbenzol, 1,3 g (2,6 mmol) 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]anilin und 0,50 g (5,2 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 15 ml Toluol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 0,3 ml (96 μmol) Tri-tert-butylphosphin und 40 mg (70 μmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90 °C gerührt.

[0425] Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen rötlich braunen Feststoff zu erhalten.

[0426] Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um 1,5 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 79 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend in (f-2) gezeigt.

[Chemische Formel 52]



[0427] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 2 erhaltenen weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]-3',5'-di-tert-butyl-diphenylamin erhalten wurde.

[0428] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz): $\sigma = 7,61$ (m, 4H), 7,45 (m, 4H), 7,34 (m, 1H), 7,25 (m, 2H), 7,09-7,07 (m, 3H), 5,96 (bs, 1H), 2,11 (m, 6H), 1,97 (m, 12H), 1,81 (m, 12H), 1,35 (s, 18H).

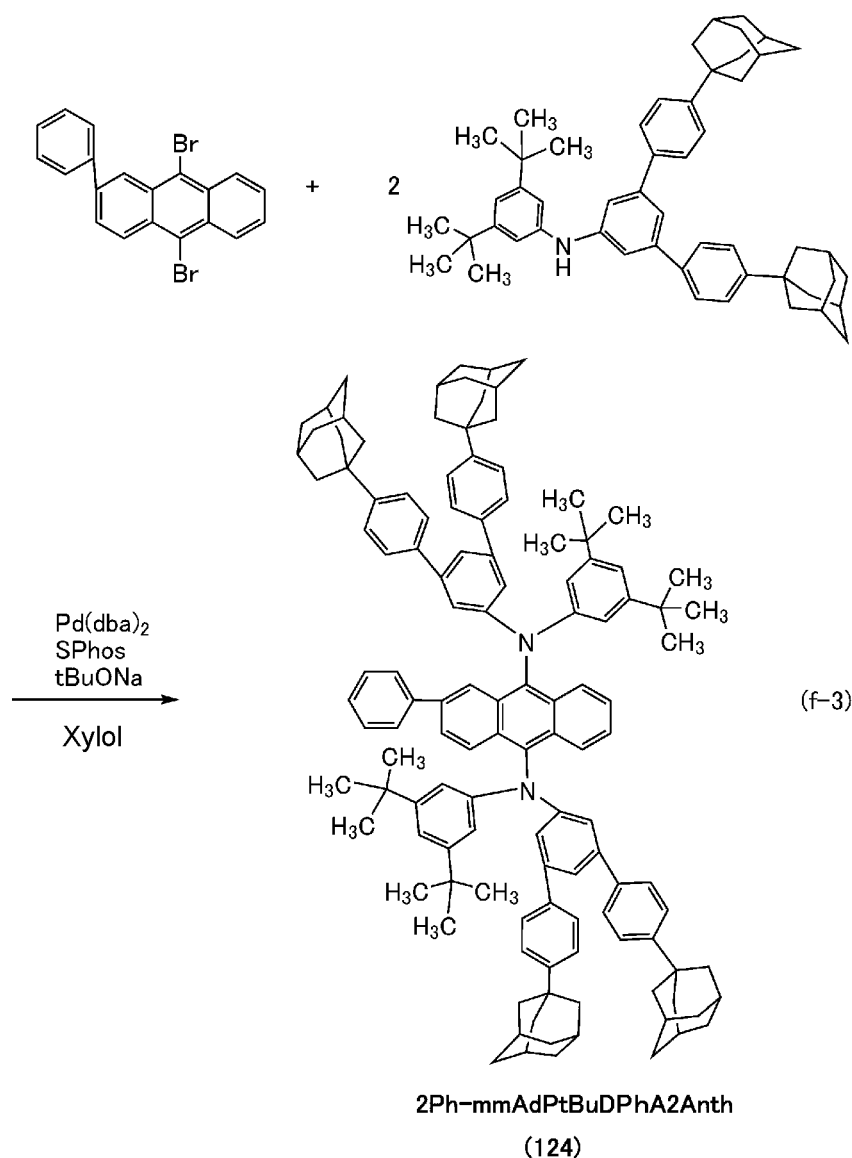
<Schritt 3: Synthese von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth>

[0429] In einen 50 ml Dreihalskolben wurden 0,13 g (0,99 mmol) 9,10-Dibrom-2-phenylanthracen, 0,45 g (0,64 mmol) 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]-3',5'-di-tert-butyl-diphenylamin, 0,10 g (1,0 mmol) Natrium-tert-butoxid und 30 mg (73 μmol) 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl (Abkürzung: SPhos) gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 5 ml Xylol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter reduziertem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 20 mg (35 μmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 5 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C gerührt.

[0430] Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und eine Saugfiltration wurde durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0431] Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 9:1 bis 3:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde aus Ethylacetat und Methanol umkristallisiert, um 0,17 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 33 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 3 wird nachstehend in (f-3) gezeigt.

[Chemische Formel 53]



[0432] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,4 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von $3,0 \times 10^{-2}$ Pa 15 Stunden lang bei 440°C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,25 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 63 % erhalten.

[0433] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 3 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 76** ist ein $^1\text{H-NMR}$ -Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (Strukturformel (124)) erhalten wurde.

[0434] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz): $\sigma = 8,53$ (m, 1H), 8,42-8,29 (m, 3H), 7,73 (m, 1H), 7,52-7,07 (m, 35H), 2,08 (m, 12H), 1,91-1,78 (m, 48H), 1,20-1,17 (m, 36H).

[0435] Als Nächstes zeigt **Fig. 77** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in einer Toluollösung. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung mit einem UV-VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen wurde. Das Emissionsspektrum von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung wurde mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FP-8600, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 2PhmmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung durch Subtraktion des gemessenen Absorptionsspektrums von nur Toluol in einer Quarzszelle berechnet wurde. In **Fig. 77** stellt die horizontale Achse die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

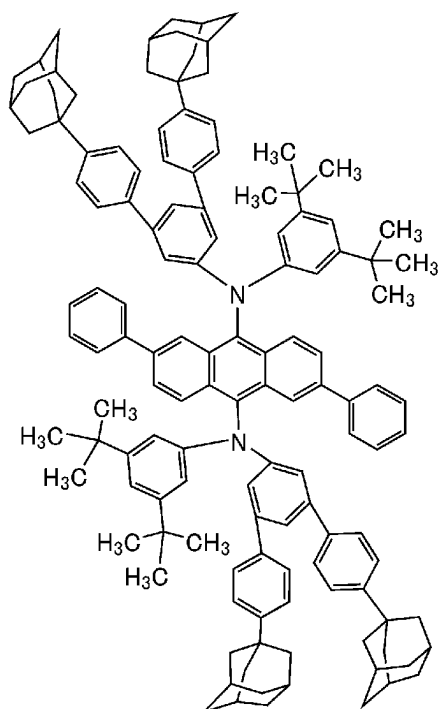
[0436] Wie in **Fig. 77** gezeigt, weist 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 476 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 529 nm (Anregungswellenlänge: 450 nm) auf.

[Beispiel 15]

<<Synthesebeispiel 7>>

[0437] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis{3,5-bis[4-(1-adamantyl)phenyl]phenyl}-2,6-diphenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (125) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth wird nachstehend gezeigt.

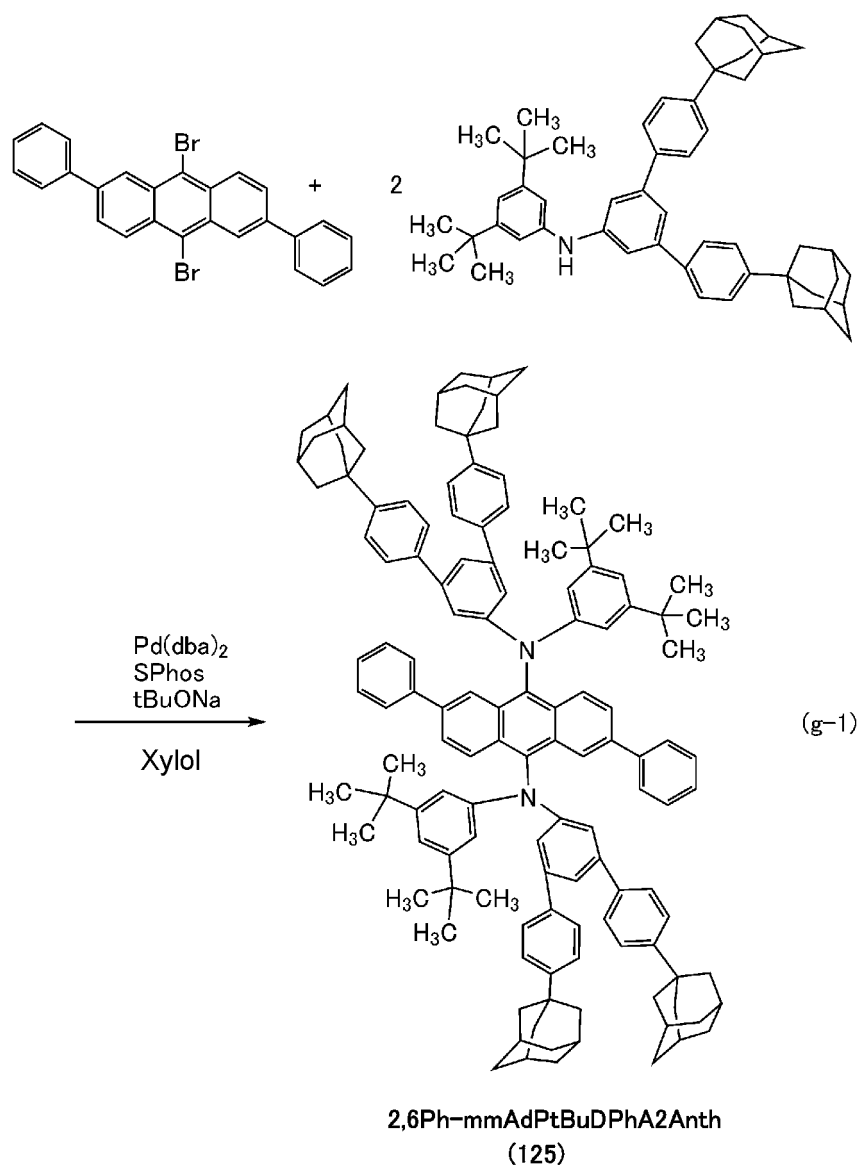
[Chemische Formel 54]



2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth
(125)

[0438] Das vorstehend beschriebene 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth kann wie in dem nachstehenden Syntheschema (g-1) synthetisiert werden, indem 9,10-Dibrom-2,6-diphenylantracen und 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]-3',5'-di-tert-butylidiphenylamin, das durch das in den Syntheschemas (f-1) und (f-2) des Beispiels 14 gezeigte Verfahren erhalten wurde, verwendet werden.

[Chemische Formel 55]



[0439] Alternativ kann das vorstehend beschriebene 2,6PhmmAdPtBuDPhA2Anth durch das Syntheschema (g-1) synthetisiert werden, in dem 2-Dicyclohexylphosphino-2',6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl (Abkürzung: SPhos) durch Tri-tert-butylphosphin ersetzt wird.

<Schritt 1: Synthese von 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth>

[0440] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,34 g (0,70 mmol) 9,10-Dibrom-2,6-diphenylanthracen, 1,0 g (1,4 mmol) 3,5-Bis[4-(1-adamantyl)phenyl]-3',5'-ditert-butylidiphenylamin und 0,20 g (2,1 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 10 ml Xylol hinzugefügt, und die Mischung wurde unter geringem Druck entgast. Danach wurden der Mischung 0,3 ml (96 µmol) Tri-tert-butylphosphin und 20 mg (35 µmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und die Mischung wurde 5 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150 °C gerührt.

[0441] Nach dem Rühren wurden der erhaltenen Mischung 500 ml Toluol hinzugefügt, und eine Saugfiltration wurde durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0442] Dieser Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene gelbe Feststoff wurde durch Hochleistungs-

flüssigkeitschromatographie (HPLC) gereinigt, um 0,27 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 22 % zu erhalten.

[0443] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 78** ist ein $^1\text{H-NMR}$ -Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (Strukturformel (125)) erhalten wurde.

[0444] $^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz): σ = 8,54 (m, 2H), 8,38 (m, 2H), 7,73 (m, 2H), 7,53-7,50 (m, 4H), 7,41-7,09 (m, 34H), 2,08 (m, 12H), 1,90-1,77 (m, 48H), 1,19 (s, 36H).

[0445] Als Nächstes zeigt **Fig. 79** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in einer Toluollösung. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 2,6PhmmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung mit einem UV-VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen wurde. Das Emissionsspektrum von 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung wurde mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FP-8600, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung durch Subtraktion des gemessenen Absorptionsspektrums von nur Toluol in einer Quarzzelle berechnet wurde. In **Fig. 79** stellt die horizontale Achse die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

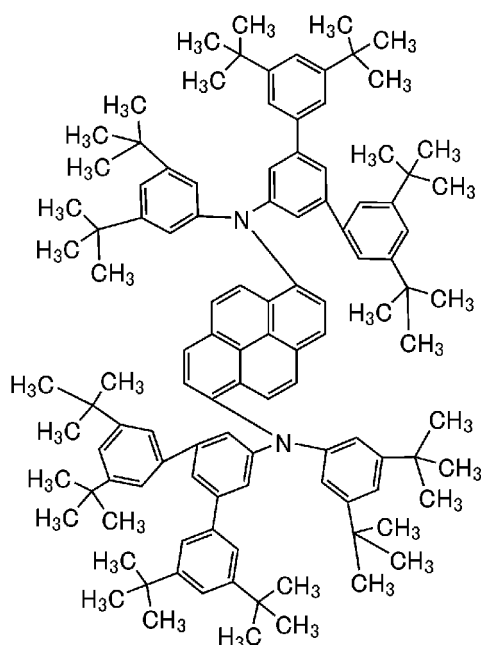
[0446] Wie in **Fig. 79** gezeigt, weist 2,6Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 487 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 541 nm (Anregungswellenlänge: 460 nm) auf.

[Beispiel 16]

<<Synthesebeispiel 8>>

[0447] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mmtBuDPhAPrn-02) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (128) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 56]



1,6mmtBuDPhAPrn-02
(128)

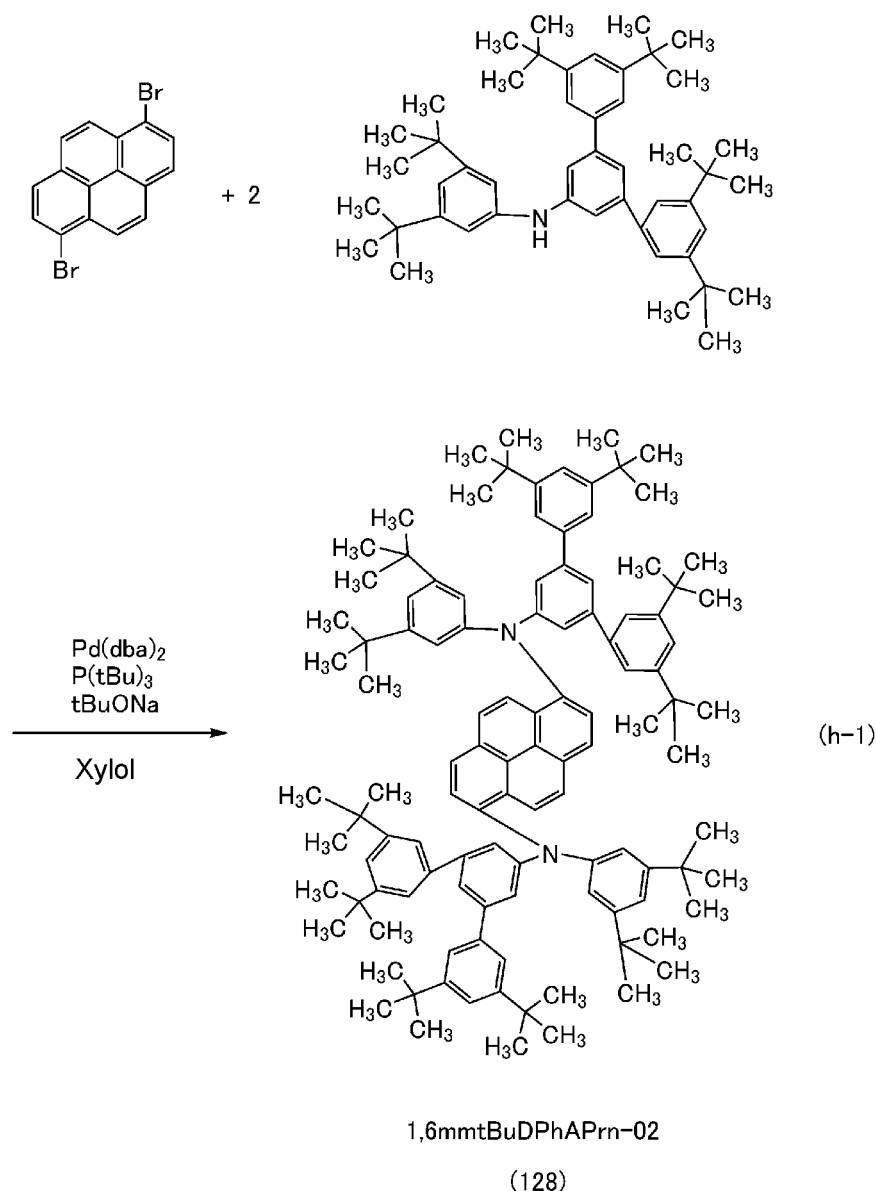
<Schritt 1: Synthese von 1,6mmtBuDPhAPrn-02>

[0448] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,45 g (1,2 mmol) 1,6-Dibrompyren, 2,0 g (3,0 mmol) 3,5-Di-tert-butyl-3',5'-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)diphenylamin und 0,60 g (6,2 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 12 ml Xylol hinzugefügt, und die resultierende Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 0,5 ml (0,16 mmol) Tri-tert-butylphosphin (eine 10 Gew.-%-Hexanlösung) und 40 mg (70 µmol) Bis(dibenzylidenaceton)palladium(0) hinzugefügt, und dann wurde ein Rühren 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150°C durchgeführt.

[0449] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 600 ml erwärmtes Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen gelben Feststoff zu erhalten.

[0450] Der erhaltene Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Toluol umkristallisiert, um 1,3 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 68 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (h-1) gezeigt.

[Chemische Formel 57]



[0451] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 0,97 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von 7,1 Pa 15 Stunden lang bei 350 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,86 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 89 % erhalten.

[0452] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 80** ist ein ^1H -NMR-Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 1,6mmtBuDPhAPrn-02 (Strukturformel (128)) erhalten wurde.

[0453] ^1H -NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz): σ = 8,28 (d, J = 9,2 Hz, 2H), 8,17 (d, J = 8,1 Hz, 2H), 8,04 (d, J = 9,2 Hz, 2H), 7,89 (d, J = 8,1 Hz, 2H), 7,29-7,28 (m, 8H), 7,24-7,22 (m, 2H), 7,18-7,17 (m, 10H), 6,97 (m, 4H), 1,28 (s, 36H), 1,16 (s, 72H).

[0454] Als Nächstes zeigt **Fig. 81** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 in einer Toluollösung. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 in der Toluollösung mit einem UV-VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen wurde. Das Emissionsspektrum von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 in der Toluollösung wurde mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FP-8600, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 in der Toluollösung durch Subtraktion des gemessenen Absorptionsspektrums von nur Toluol in einer Quarzzelle berechnet wurde. In **Fig. 81** stellt die

horizontale Achse die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

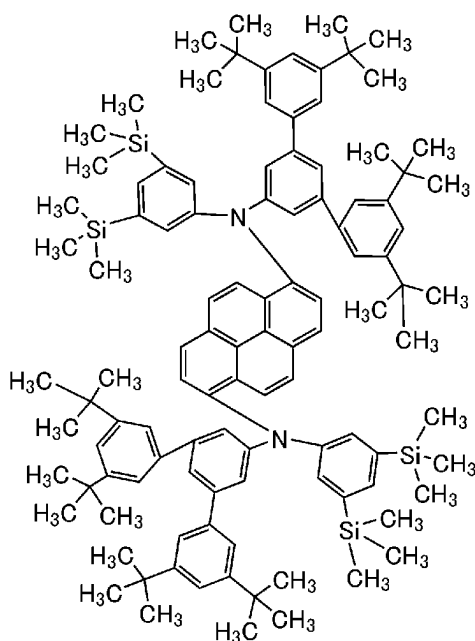
[0455] Wie in **Fig. 81** gezeigt, weist 1,6mmtBuDPhAPrn-02 in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 439 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 465 nm (Anregungswellenlänge: 410 nm) auf.

[Beispiel 17]

<<Synthesebeispiel 9>>

[0456] In diesem Beispiel wird ein Verfahren zum Synthetisieren von N,N'-Bis(3,5-di-trimethylsilylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02) beschrieben, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, die durch die Strukturformel (129) der Ausführungsform 1 dargestellt wird. Die Struktur von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 wird nachstehend gezeigt.

[Chemische Formel 58]



1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02

(129)

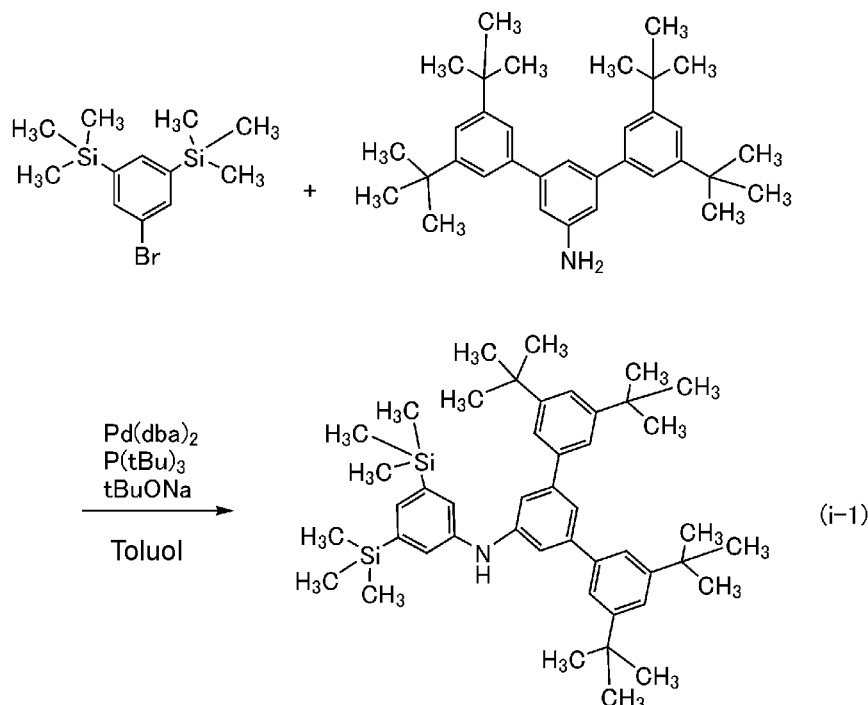
<Schritt 1: Synthese von 3,5-Di-trimethylsilyl-3',5'-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)diphenylamin>

[0457] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 2,0 g (4,3 mmol) 3,5-(3,5-Di-tert-butylphenyl)anilin, 1,2 g (4,0 mmol) 1-Brom-3,5-di-trimethylsilylbenzol und 0,80 g (8,3 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Der Mischung wurden 20 ml Toluol hinzugefügt, und diese Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 0,30 ml (96 µmol) Tri-tert-butylphosphin und 40 mg (70 µmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und dann wurde ein Rühren 6 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 90 °C durchgeführt.

[0458] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 600 ml Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen braunen Feststoff zu erhalten.

[0459] Der erhaltene Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol =4:1 als Laufmittel) gereinigt, um 2,3 g eines weißen Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 82 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 1 wird nachstehend in (i-1) gezeigt.

[Chemische Formel 59]



[0460] Die Ergebnisse einer $^1\text{H-NMR}$ -Messung des in dem Schritt 1 erhaltenen weißen Feststoffs werden nachstehend gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass 3,5-Di-tert-butyl-3',5'-bis(trimethylsilyl)diphenylamin erhalten wurde.

[0461] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): σ = 7,46-7,44 (m, 6H), 7,36-7,35 (m, 2H), 7,31-7,30 (m, 1H), 7,28-7,27 (m, 1H), 7,23-7,22 (m, 2H), 6,00 (bs, 1H), 1,37 (s, 36H), 0,28 (s, 18H).

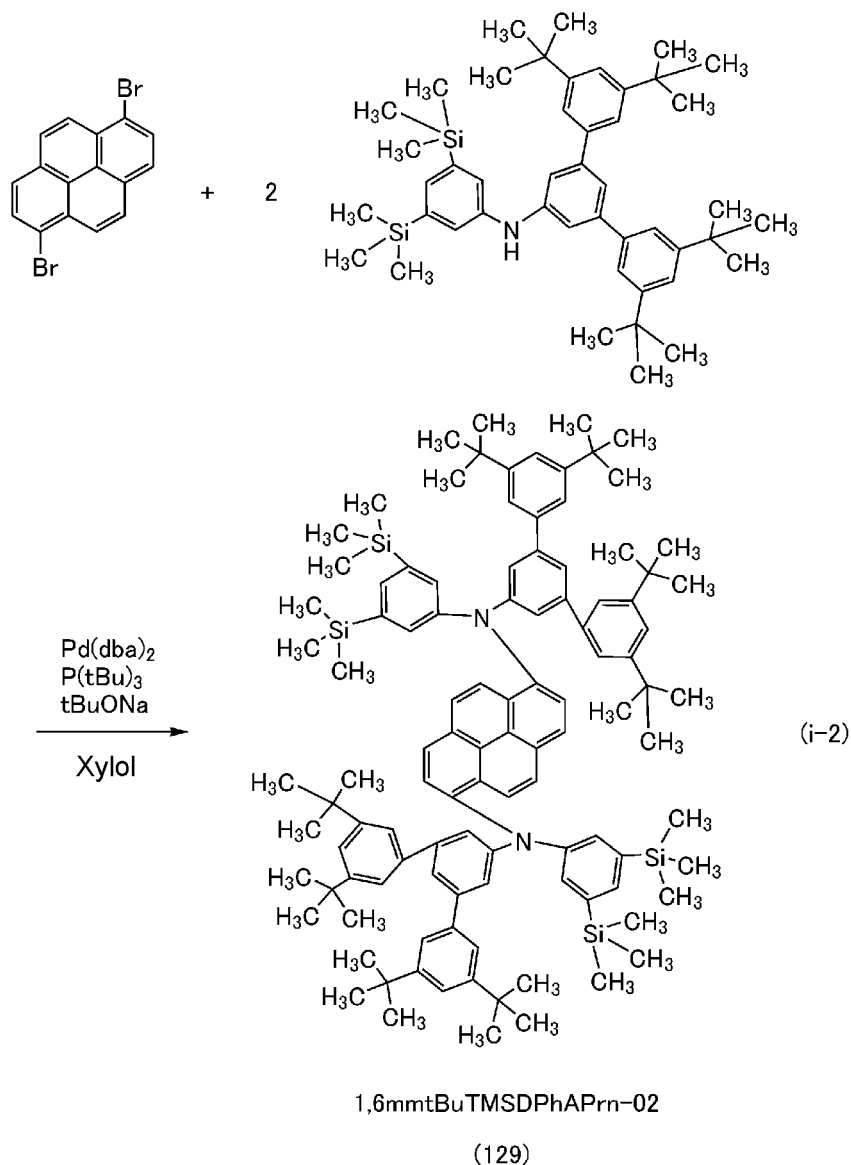
<Schritt 2: Synthese von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02>

[0462] In einen 200 ml Dreihalskolben wurden 0,50 g (1,4 mmol) 1,6-Dibrompyren, 2,3 g (3,3 mmol) 3,5-Di-tert-butyl-3',5'-bis(trimethylsilyl)diphenylamin und 0,60 g (6,2 mmol) Natrium-tert-butoxid gegeben, und die Luft in dem Kolben wurde durch Stickstoff ersetzt. Dieser Mischung wurden 12 ml Xylol hinzugefügt, und die resultierende Mischung wurde entgast, indem sie unter reduziertem Druck gerührt wurde. Dieser Mischung wurden 0,5 ml (0,16 mmol) Tri-tert-butylphosphin (eine 10 Gew.-%-Hexanlösung) und 40 mg (70 μmol) Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) hinzugefügt, und dann wurde ein Rühren 3 Stunden lang unter einem Stickstoffstrom bei 150°C durchgeführt.

[0463] Nach dem Rühren wurden der resultierenden Mischung 500 ml erwärmtes Toluol hinzugefügt, und dann wurde eine Saugfiltration durch Florisil (Katalog Nr. 066-05265, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), Celite (Katalog Nr. 537-02305, hergestellt von Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) und Aluminiumoxid durchgeführt, um ein Filtrat zu erhalten. Das erhaltene Filtrat wurde konzentriert, um einen gelben Feststoff zu erhalten.

[0464] Der erhaltene Feststoff wurde durch Kieselgel-Säulenchromatographie (Hexan: Toluol = 4:1 als Laufmittel) gereinigt, um einen gelben Zielfeststoff zu erhalten. Der erhaltene Feststoff wurde aus Toluol umkristallisiert, um 1,2 g eines gelben Zielfeststoffs in einer Ausbeute von 57 % zu erhalten. Ein Syntheschema von Schritt 2 wird nachstehend in (i-2) gezeigt.

[Chemische Formel 60]



[0465] Durch ein Train-Sublimationsverfahren wurden 1,1 g des erhaltenen gelben Feststoffs durch Sublimation gereinigt. Bei der Sublimationsreinigung wurde der gelbe Feststoff unter einem Druck von 7,1 Pa 15 Stunden lang bei 320 °C erwärmt. Nach der Sublimationsreinigung wurden 0,97 g eines gelben Zielfeststoffs mit einer Sammelquote von 87 % erhalten.

[0466] Die Ergebnisse einer ^1H -NMR-Messung des in dem Schritt 2 erhaltenen gelben Feststoffs werden nachstehend gezeigt. **Fig. 82** ist ein ^1H -NMR-Diagramm. Die Ergebnisse zeigen, dass 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 (Strukturformel (129)) erhalten wurde.

[0467] ^1H -NMR (CD_2Cl_2 , 300 MHz): σ = 8,30 (d, J = 9,2 Hz, 2H), 8,17 (d, J = 8,1 Hz, 2H), 8,05 (d, J = 9,2 Hz, 2H), 7,89 (d, J = 8,1 Hz, 2H), 7,53 (m, 4H), 7,43-7,42 (m, 2H), 7,29-7,28 (m, 4H), 7,22-7,21 (m, 2H), 7,18-7,17 (m, 8H), 6,99-6,98 (m, 4H), 1,17 (s, 72H), 0,20 (s, 36H).

[0468] Als Nächstes zeigt **Fig. 83** die Messergebnisse der Absorptions- und Emissionsspektren von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 in einer Toluollösung. Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 in der Toluollösung mit einem UV-VIS-Spektrophotometer (V-550, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen wurde. Das Emissionsspektrum von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 in der Toluollösung wurde mit einem Fluoreszenz-Spektrophotometer (FP-8600, hergestellt von JASCO Corporation) gemessen.

Es sei angemerkt, dass das Absorptionsspektrum von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 in der Toluollösung durch Subtraktion des gemessenen Absorptionsspektrums von nur Toluol in einer Quarzzelle berechnet wurde. In **Fig. 83** stellt die horizontale Achse die Wellenlänge dar, und die vertikalen Achsen stellen die Absorptionsintensität und die Emissionsintensität dar.

[0469] Wie in **Fig. 83** gezeigt, weist 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 in der Toluollösung einen Absorptionspeak bei etwa 436 nm und einen Emissionswellenlängenpeak bei 464 nm (Anregungswellenlänge: 410 nm) auf.

[Beispiel 18]

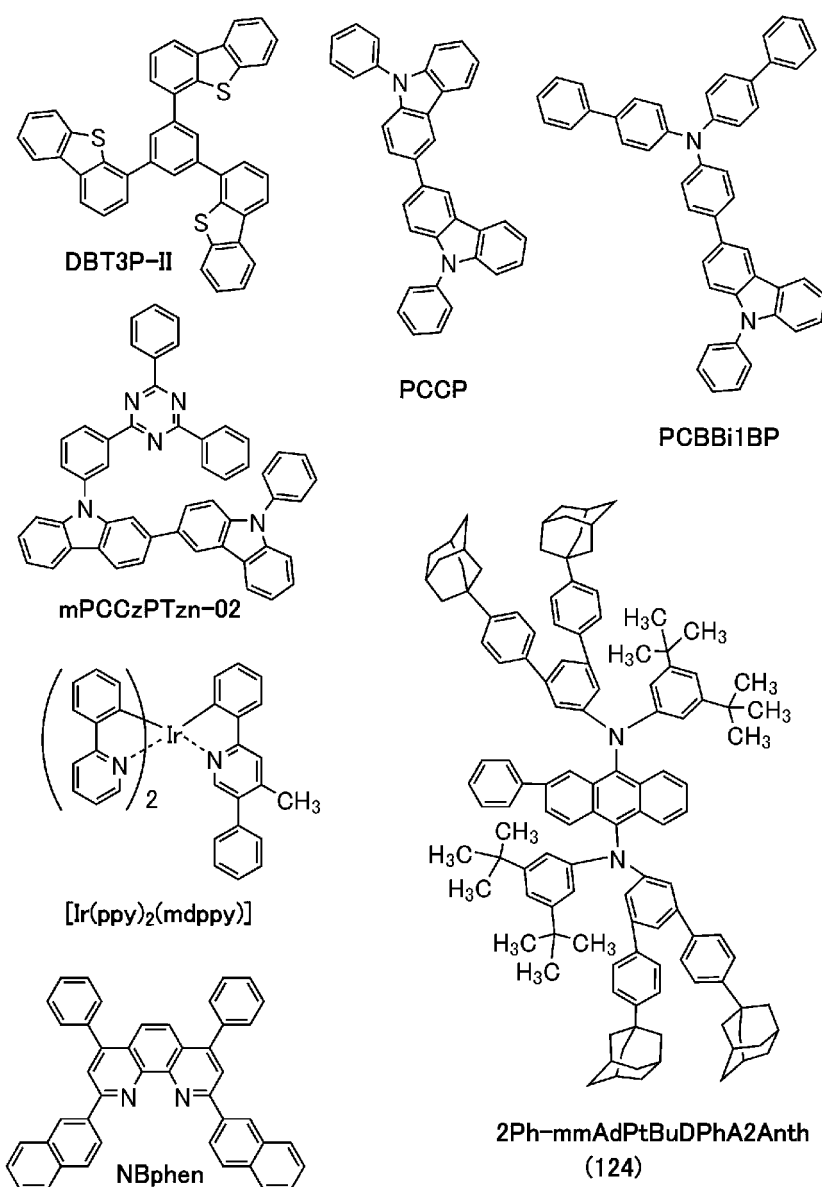
[0470] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 9-1, 9-2, 9-3, 9-4 und 9-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 5 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 1 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 17 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-A/,A'-bis{3,5-bis[4-(1-adamantyl)phenyl]phenyl}-2-phenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth) (Strukturformel (124)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 17]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransporterschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transporterschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 9-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 40 nm)	PCB-Bi1 BP (20 nm)	*	mPCCz-PTzn-02 (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 9-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 9-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 9-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 9-5				*****				

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914	915	903
* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,01, 40 nm) ** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,025, 40 nm) *** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,05, 40 nm) **** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,5:0,5:0,1:0,1, 40 nm) ***** mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)₂(mdppy)] (0,5:0,5:0,1, 40 nm)							

[Chemische Formel 61]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0471] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 12, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Ein Unterschied zum Beispiel 12 ist 2Ph-

mmAdPtBuDPhA2Anth, das in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1, 9-2, 9-3, 9-4 und 9-5 verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0472] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Die Leuchtdichte, die Chromatizität (CIE-Chromatizität) und die Elektrolumineszenzspektren wurden mit einem Spektralradiometer (SR-UL1R, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurde.

[0473] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1, 9-2, 9-3, 9-4 und 9-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 86**, **Fig. 87**, **Fig. 88** bzw. **Fig. 89** gezeigt.

[0474] **Fig. 90** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0475] Tabelle 18 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 18]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/VV)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 9-1	3,1	0,052	1,3	0,34	0,62	960	74	75	20
Licht emittierende Vorrichtung 9-2	3,1	0,056	1,4	0,35	0,62	980	69	70	18
Licht emittierende Vorrichtung 9-3	3,1	0,061	1,5	0,35	0,62	960	63	64	17
Licht emittierende Vorrichtung 9-4	3,3	0,096	2,4	0,37	0,61	1200	49	46	13
Licht emittierende Vorrichtung 9-5	3,0	0,050	1,2	0,32	0,65	1100	86	90	23

[0476] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 9-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 90** gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 9-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 522 nm aufweist und von [Ir(ppy)₂(mdppy)] stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 539 nm aufweist und von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-4 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 13 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen

gen 9-1 bis 9-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0477] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5, die sich durch die Konzentration von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass alle Licht emittierenden Vorrichtungen 9-1 bis 9-5 eine hohe externe Quanteneffizienz aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert.

[Beispiel 19]

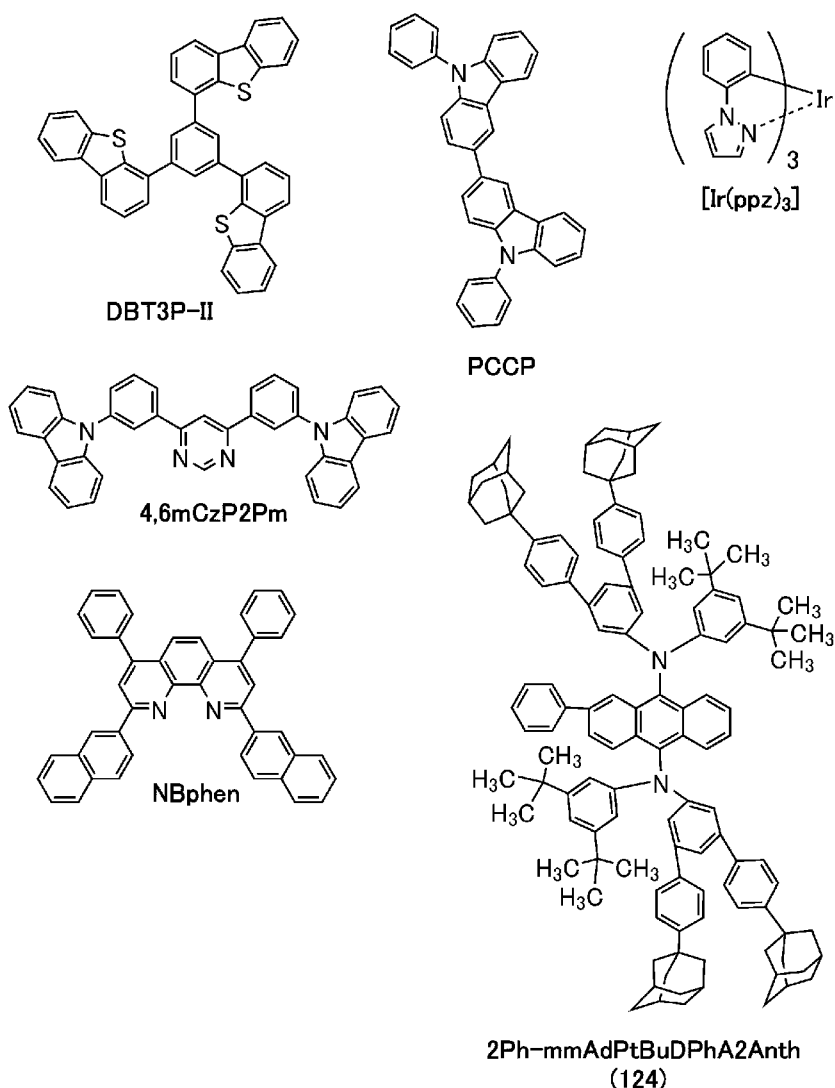
[0478] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Es handelt sich bei den in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen um Licht emittierende Vorrichtungen 10-1, 10-2, 10-3, 10-4 und 10-5, und die Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 3 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 1 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 19 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich diese Licht emittierenden Vorrichtungen durch die Menge der in der Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis{3,5-bis[4-(1-adamantyl)phenyl]phenyl}-2-phenylantracen-9,10-diamin (Abkürzung: 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth) (Strukturformel (124)), voneinander unterscheiden und die anderen Strukturen einander gleich sind. Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt.

[Tabelle 19]

	Erste Elektrode	Lochinjektions-schicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transport-schicht		Elektro-neninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 10-1	ITSO (70 nm)	DB13P-II:MoOx (1:0,5, 40 nm)	PCCP (20 nm)	*	4,6mCzP2Pm (20 nm)	NBphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 10-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 10-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 10-4				****				
Licht emittierende Vorrichtung 10-5				*****				

	Erste Elektrode	Lochinjektions-schicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transport-schicht	Elektro-neninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914	915	903
* 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,01, 40 nm) ** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,025, 40 nm) *** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,05, 40 nm) **** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃]:2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth (0,8:0,2:0,1, 40 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(ppz)₃] (0,8:0,2, 40 nm)							

[Chemische Formel 62]



<<Struktur der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0479] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 18, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Unterschiede zum Beispiel 18 sind 3,3'-Bis(9-phenyl-9H-carbazol) (Abkürzung: PCCP), das in den Lochtransport-schichten **912** der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1, 10-2, 10-3, 10-4 und 10-5 verwendet wird; [Ir(ppz)₃] und 9,9'-(Pyrimidin-4,6-diyl-di-3,1-phenylene)bis(9H-carbazol) (Abkürzung: 4,6mCzP2Pm), die in den Licht emittierenden Schichten davon verwendet werden; und 4,6mCzP2Pm, das in den Elektronentransportschichten **914** davon verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0480] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 18 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0481] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der in diesem Beispiel hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1, 10-2, 10-3, 10-4 und 10-5 werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften und die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften in **Fig. 91**, **Fig. 92**, **Fig. 93** bzw. **Fig. 94** gezeigt.

[0482] **Fig. 95** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0483] Tabelle 20 zeigt die Anfangswerte von Haupteigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen bei etwa 1000 cd/m².

[Tabelle 20]

	Spannung (V)	Strom (mA)	Stromdichte (mA/cm ²)	Chromatizität		Leuchtdichte (cd/m ²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (lm/VV)	Externe Quanteneffizienz (%)
				x	y				
Licht emittierende Vorrichtung 10-1	3,1	0,056	1,4	0,33	0,60	920	65	66	18
Licht emittierende Vorrichtung 10-2	3,1	0,056	1,4	0,33	0,61	950	67	68	18
Licht emittierende Vorrichtung 10-3	3,1	0,053	1,3	0,34	0,62	890	67	68	18
Licht emittierende Vorrichtung 10-4	3,2	0,077	1,9	0,35	0,62	1200	60	59	16
Licht emittierende Vorrichtung 10-5	3,3	0,065	1,6	0,32	0,61	1100	65	62	19

[0484] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-4 sind jeweils eine Vorrichtung, die durch Hinzufügen von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, zu der Licht emittierenden Vorrichtung 10-5 erhalten wird. Wie in **Fig. 95** gezeigt, wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vorrichtung 10-5 eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 531 nm aufweist und von einem Exciplex aus 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] stammt, wobei sich das EL-Spektrum von einem Emissionsspektrum unterscheidet, das auf jedes von 4,6mCzP2Pm und [Ir(ppz)₃] zurückzuführen ist. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-4 wiesen eine grüne Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 535 nm aufweist und von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-4 2PhmmAdPtBuDPhA2Anth, das eine fluoreszierende Substanz ist, die Anregungsenergie empfängt und Licht emittiert. Außerdem wird aus den Ergebnissen festgestellt, dass die Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5 jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von 16 % oder mehr aufweisen. Die maximale Erzeugungswahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, beträgt 25 %, und daher beträgt die maximale externe Quanteneffizienz eines fluoreszierenden Elements in dem Fall, in dem die Lichtextraktionseffizienz nach außen 30 % beträgt, 7,5 %. Andererseits weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-4 jeweils eine externe Quanteneffizienz von mehr als 7,5 % auf. Dies liegt daran, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, oder eine Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch umgekehr-

tes Intersystem-Crossing in dem Exciplex von Triplett-Exzitonen erzeugt werden, von der fluoreszierenden Substanz erhalten wird.

[0485] Der Vergleich der Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5, die sich durch die Konzentration von 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth in der Licht emittierenden Schicht voneinander unterscheiden, zeigt, dass alle Licht emittierenden Vorrichtungen 10-1 bis 10-5 eine hohe externe Quanteneffizienz von 16 % oder mehr aufweisen. Somit wird festgestellt, dass die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 2Ph-mmAdPtBuDPhA2Anth, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern kann, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittiert.

[Beispiel 20]

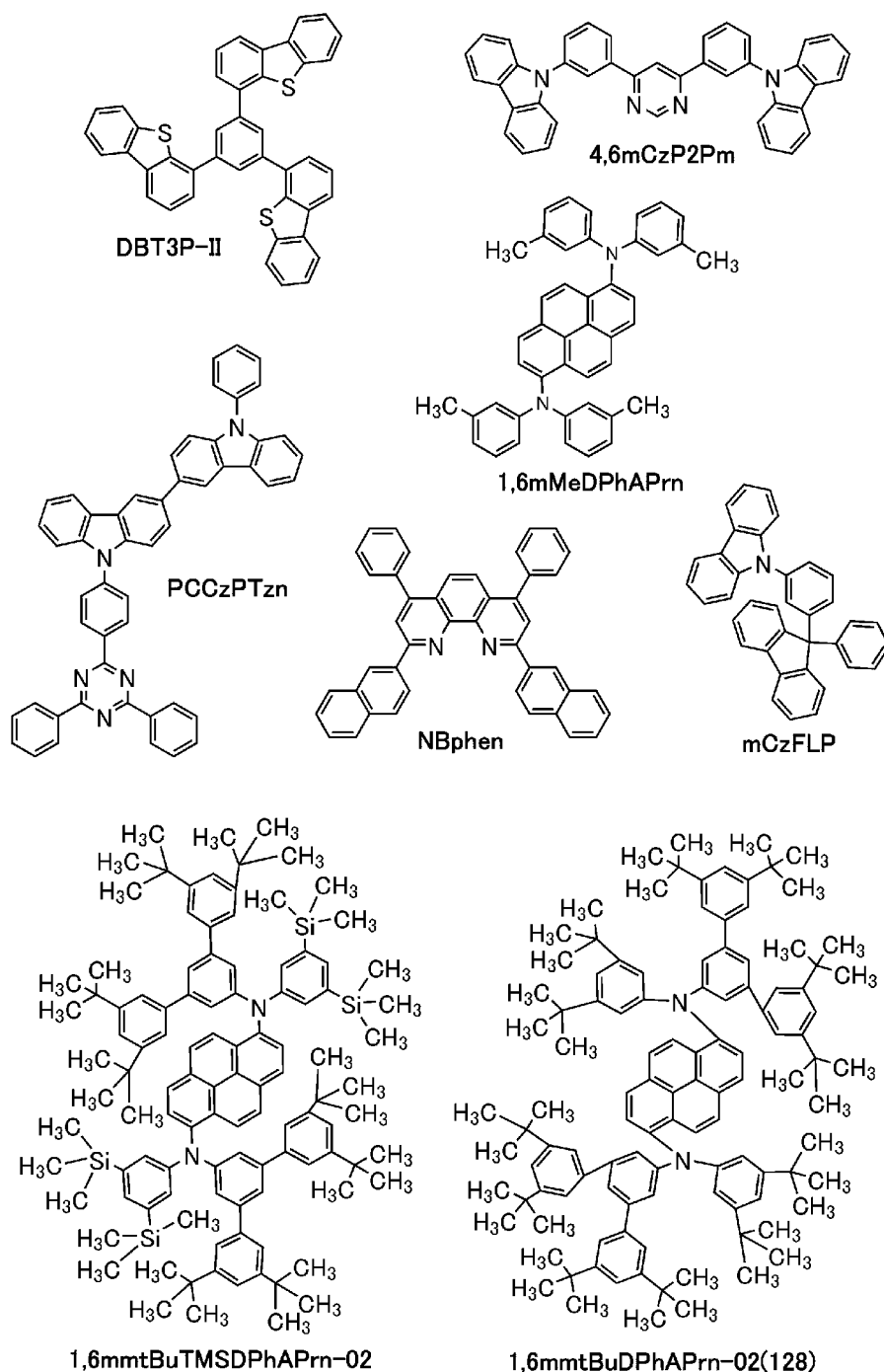
[0486] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 8 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 21 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich Licht emittierende Vorrichtungen 11-1 und 11-2 nur durch die Menge der in ihrer Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mmtBuDPhAPrn-02) (Strukturformel (128)), voneinander unterscheiden. Licht emittierende Vorrichtungen 11-3 und 11-4 unterscheiden sich voneinander nur durch die Menge der in ihrer Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-trimethylsilylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02) (Strukturformel (129)). Für einen Vergleich wurden Licht emittierende Vergleichsvorrichtungen 11-5, 11-6 und 11-7 hergestellt. Die Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 11-5, 11-6 und 11-7 unterscheiden sich voneinander nur durch die Menge der in ihrer Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung, d. h. die Menge von N,N,N',N'-Tetra(3-methylphenyl)pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMeDPhAPrn). Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass in der folgenden Beschreibung 9-[4-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-9'-phenyl-3,3'-bi-9H-carbazol als PCCzPTzn (Abkürzung) dargestellt wird und 9-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-9H-carbazol als mCzFLP (Abkürzung) dargestellt wird.

[Tabelle 21]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransport-schicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektro-neninjektions-schicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 11-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II:MoOx (1:0,5, 30 nm)	mCzFLP (20 nm)	*	4,6mCzP2Pm (10 nm)	NBphen (15 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 11-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 11-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 11-4				****				

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektrodeninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 11-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 11-6				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 11-7				*****				
* 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn:1,6mmtBuDPhAPm-02 (0,8:0,2:0,01, 30 nm) ** 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn:1,6mmtBuDPhAPrn-02 (0,8:0,2:0,05, 30 nm) *** 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn:1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 (0,8:0,2:0,01, 30 nm) **** 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn:1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 (0,8:0,2:0,05, 30 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn:1,6mMeDPhAPrn (0,8:0,2:0,01, 30 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn:1,6mMeDPhAPm (0,8:0,2:0,05, 30 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:PCCzPTzn (0,8:0,2, 30 nm)								

[Chemische Formel 63]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0487] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 11, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Unterschiede zum Beispiel 11 sind das Material, das in jeder Lochtransportschicht der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1, 11-2, 11-3 und 11-4 verwendet wird, und die Materialien, die in jeder Licht emittierenden Schicht davon verwendet werden.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0488] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Die Leuchtdichte, die Chromatizität (CIE-Chromatizität) und die Elektrolumineszenzspektren wurden mit einem Spektralradiometer (SR-UL1R, hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) gemessen. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in einer Atmosphäre, die bei 23 °C gehalten wurde) durchgeführt wurde.

[0489] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1, 11-2, 11-3 und 11-4 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 11-5, 11-6 und 11-7, welche in diesem Beispiel hergestellt werden, werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften, die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften und die Leuchtdichteexternen Quanteneffizienz-Eigenschaften in **Fig. 96, Fig. 97, Fig. 98, Fig. 99** bzw. **Fig. 100** gezeigt.

[0490] **Fig. 101** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0491] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 und 11-2 beinhalten jeweils 1,6mmtBuDPhAPrn-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, in der Licht emittierenden Schicht, und die Licht emittierenden Vorrichtungen 11-3 und 11-4 beinhalten jeweils 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, in der Licht emittierenden Schicht. Wie in **Fig. 101** gezeigt, wiesen die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 und 11-2 eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 471 nm aufweist und von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 11-3 und 11-4 wiesen eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 470 nm aufweist und von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 11-5 und 11-6 wiesen eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 473 nm aufweist und von 1,6mMeDPhAPrn stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 bis 11-4 und den Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 11-5 und 11-6 1,6mmtBuDPhAPrn-02, 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 und 1,6mMeDPhAPrn, die fluoreszierende Substanzen sind, jeweils die Anregungsenergie empfangen und Licht emittieren. Im Gegensatz dazu wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 11-7 eine hellblaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 485 nm aufweist und von PCCzPTzn stammt. Es sei angemerkt, dass es bekannt ist, dass das PCCzPTzn ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (TADF-) Material ist (Nichtpatentdokument 1).

[0492] Wie in **Fig. 100** gezeigt, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 11-1 und 11-3, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhalten, eine hohe externe Quanteneffizienz von über 10 % auf. Im Gegensatz dazu weist die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 11-5 eine externe Quanteneffizienz von etwa 5 % auf. Diese deuten darauf hin, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch umgekehrtes Intersystem-Crossing in dem TADF-Material von Triplett-Exzitonen erzeugt werden, von der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten wird.

[0493] Wie bei den Ergebnissen gezeigt, weisen außerdem die Licht emittierende Vorrichtung 11-2, die in der Licht emittierenden Schicht 1,6mmtBuDPhAPrn-02 mit hoher Konzentration beinhaltet, und die Licht emittierende Vorrichtung 11-4, die in der Licht emittierenden Schicht 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 mit hoher Konzentration beinhaltet, jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz im Vergleich zu der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 11-6 auf, die in der Licht emittierenden Schicht 1,6mMeDPhAPrn mit hoher Konzentration beinhaltet. Somit wird festgestellt, dass die Verbindungen von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, 1,6mmtBuDPhAPrn-02 und 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern können, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittieren.

[Beispiel 21]

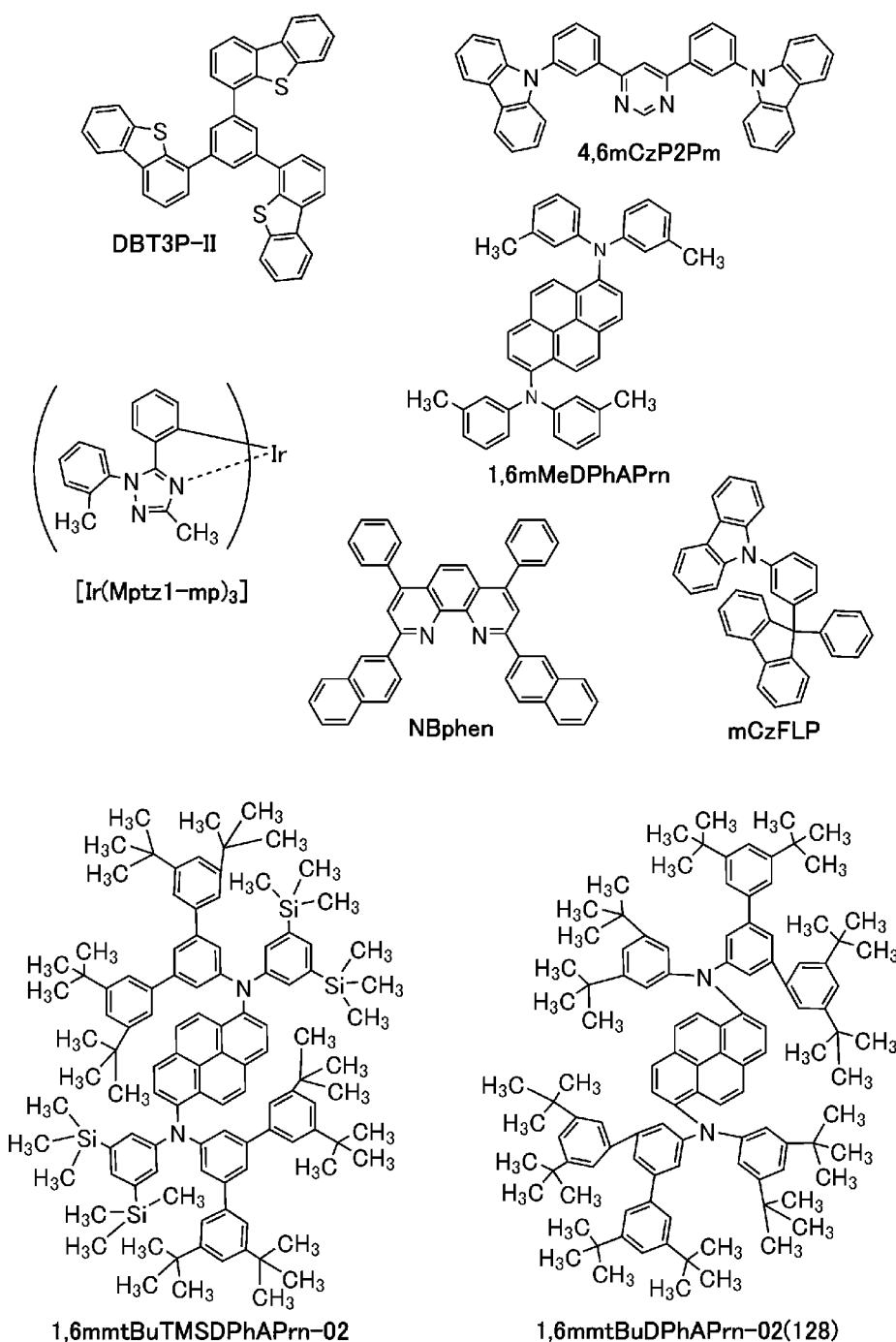
[0494] In diesem Beispiel wurden Licht emittierende Vorrichtungen unter Verwendung der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt, und ihre Betriebseigenschaften wurden gemessen. Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils die Vorrichtungsstruktur, die in **Fig. 24** gezeigt wird, und die Struktur auf, die in dem Strukturbeispiel 7 der Licht emittierenden Schicht der Ausführungsform 2 beschrieben wird, insbesondere weisen sie eine Struktur auf, die in Tabelle 22 gezeigt wird. Es sei angemerkt, dass sich Licht emittierende Vorrichtungen 12-1 und 12-2 nur durch die Menge der in ihrer Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-tert-butylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mmtBuDPhAPrn-02) (Strukturformel (128)), voneinander unterscheiden. Licht emittierende Vorrichtungen 12-3 und 12-4 unterscheiden sich voneinander nur durch die Menge der in ihrer Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

dung, d. h. die Menge von N,N'-Bis(3,5-di-trimethylsilylphenyl)-N,N'-bis[3,5-bis(3,5-di-tert-butylphenyl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02) (Strukturformel (129)). Für einen Vergleich wurden Licht emittierende Vergleichsvorrichtungen 12-5, 12-6 und 12-7 hergestellt. Die Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 12-5, 12-6 und 12-7 unterscheiden sich voneinander nur durch die Menge der in ihrer Licht emittierenden Schicht enthaltenen Verbindung, d. h. die Menge von 1,6mMeDPhAPrn (Abkürzung). Die chemischen Formeln von Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden nachstehend gezeigt. Es sei angemerkt, dass in der folgenden Beschreibung Tris{3-methyl-1-(2-methylphenyl)-5-phenyl-1H-1,2,4-triazolato}iridium(III) als [Ir(Mptz1-mp)₃] (Abkürzung) dargestellt wird und 9-[3-(9-Phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]-9H-carbazol als mCzFLP (Abkürzung) dargestellt wird.

[Tabelle 22]

	Erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht		Elektroneninjektionsschicht	Zweite Elektrode
	901	911	912	913	914		915	903
Licht emittierende Vorrichtung 12-1	ITSO (70 nm)	DBT3P-II: MoOx (1:0, 5, 30 nm)	mCzFLP (20 nm)	*	4, 6mCzP2Pm (10 nm)	NBphen (15 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierende Vorrichtung 12-2				**				
Licht emittierende Vorrichtung 12-3				***				
Licht emittierende Vorrichtung 12-4				****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 12-5				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 12-6				*****				
Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 12-7				*****				
* 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mp) ₃]:1,6mmtBuDPhAPrn-02 (0,9:0,1:0,01, 30 nm) ** 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mp) ₃]:1,6mmtBuDPhAPrn-02 (0,9:0,1:0,05, 30 nm) *** 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mph) ₃]:1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 (0,9:0,1:0,01, 30 nm) **** 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mp) ₃]:1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 (0,9:0,1:0,05, 30 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mp) ₃]:1,6mMeDPKAPrn (0,9:0,1:0,01, 30 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mp) ₃]:1,6mMeDPhAPrn (0,9:0,1:0,05, 30 nm) ***** 4,6mCzP2Pm:[Ir(Mptz1-mp) ₃] (0,9:0,1, 30 nm)								

[Chemische Formel 64]



<<Strukturen der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0495] Die in diesem Beispiel beschriebenen Licht emittierenden Vorrichtungen weisen jeweils, wie in dem Beispiel 20, die in **Fig. 24** dargestellte Struktur auf. Ein Unterschied zum Beispiel 20 ist das Material, das in jeder Licht emittierenden Schicht der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1, 12-2, 12-3 und 12-4 verwendet wird.

<<Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen>>

[0496] Betriebseigenschaften der hergestellten Licht emittierenden Vorrichtungen wurden gemessen. Da die Messverfahren denjenigen des Beispiels 20 ähnlich sind, wird die Beschreibung weggelassen.

[0497] Als Messergebnisse der Betriebseigenschaften der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1, 12-2, 12-3 und 12-4 und der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 12-5, 12-6 und 12-7, welche in diesem Beispiel hergestellt werden, werden die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften, die Spannungs-Stromdichte-Eigenschaften und die Leuchtdichteexternen Quanteneffizienz-Eigenschaften in **Fig. 102**, **Fig. 103**, **Fig. 104**, **Fig. 105** bzw. **Fig. 106** gezeigt.

[0498] **Fig. 107** zeigt die Elektrolumineszenzspektren (EL-Spektren), die bei der Zufuhr eines Stroms mit einer Stromdichte von 2,5 mA/cm² zu den Licht emittierenden Vorrichtungen erhalten wurden.

[0499] Die Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 und 12-2 beinhalten jeweils 1,6mmtBuDPhAPrn-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, in der Licht emittierenden Schicht, und die Licht emittierenden Vorrichtungen 12-3 und 12-4 beinhalten jeweils 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02, das die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, in der Licht emittierenden Schicht. Wie in **Fig. 107** gezeigt, wiesen die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 und 12-2 jeweils eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 471 nm aufweist und von 1,6mmtBuDPhAPrn-02 stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vorrichtungen 12-3 und 12-4 wiesen jeweils eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 473 nm aufweist und von 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 stammt. Die EL-Spektren der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 12-5 und 12-6 wiesen jeweils eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von etwa 473 nm aufweist und von 1,6mMeDPhAPrn stammt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei den Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 bis 12-4 und den Licht emittierenden Vergleichsvorrichtungen 12-5 und 12-6 1,6mmtBuDPhAPrn-02, 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 und 1,6mMeDPhAPrn, die fluoreszierende Substanzen sind, die Anregungsenergie empfangen und Licht emittieren. Im Gegensatz dazu wies das EL-Spektrum der Licht emittierenden Vergleichsvorrichtung 12-7 eine blaue Lichtemission auf, die eine Peakwellenlänge von 488 nm aufweist und von [Ir(Mptz1-mp)₃] (Abkürzung) stammt. Es sei angemerkt, dass [Ir(Mptz1-mp)₃] eine phosphoreszierende Substanz ist.

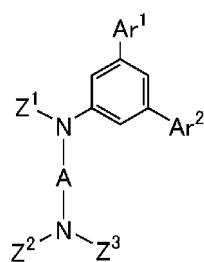
[0500] Wie in **Fig. 106** gezeigt, weisen die Licht emittierenden Vorrichtungen 12-1 und 12-3, die die Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhalten, jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von über 20 % auf. Diese deuten darauf hin, dass neben einer Lichtemission, die von Singulett-Exzitonen stammt, die durch Rekombination von Ladungsträgern (Löchern und Elektronen) erzeugt werden, die von dem Paar von Elektroden injiziert werden, eine Lichtemission, die von der Energieübertragung von Triplett-Exzitonen stammt, von der Verbindung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten wird.

[0501] Wie bei den Ergebnissen gezeigt, weisen außerdem die Licht emittierende Vorrichtung 12-2, die in der Licht emittierenden Schicht 1,6mmtBuDPhAPrn-02 mit hoher Konzentration beinhaltet, und die Licht emittierende Vorrichtung 12-4, die in der Licht emittierenden Schicht 1,6mmtBuTMSDPhAPrn-02 mit hoher Konzentration beinhaltet, jeweils eine hohe externe Quanteneffizienz von über 10 % auf. Im Gegensatz dazu weist die Licht emittierende Vergleichsvorrichtung 12-6, die in der Licht emittierenden Schicht 1,6mMeDPhAPrn mit hoher Konzentration beinhaltet, eine externe Quanteneffizienz von etwa 4 % auf. Somit wird festgestellt, dass die Verbindungen von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, 1,6mmtBuDPhAPrn-02 und 1,6mmt-BuTMSDPhAPrn-02, in den Licht emittierenden Schichten der Licht emittierenden Vorrichtungen die Deaktivierung der Triplett-Anregungsenergie verhindern können, welche besonders dann problematisch ist, wenn die Konzentration des Gastmaterials hoch ist, und sie effizient Licht emittieren.

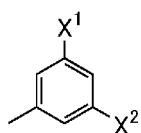
[0502] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2019-157331, eingereicht beim japanischen Patentamt am 29. August 2019, deren gesamte Inhalte hiermit zum Gegenstand der vorliegenden Offenlegung gemacht werden.

Patentansprüche

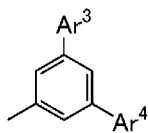
1. Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G1) dargestellt wird:



(G1)



(Z-1)



(Z-2)

wobei A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen darstellt,

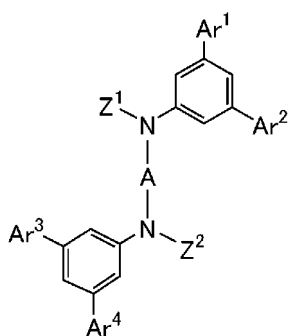
wobei Z¹ bis Z³ jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch eine allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird,

wobei in der allgemeinen Formel (Z-1) X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen darstellen,

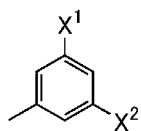
wobei Ar¹ bis Ar⁴ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellen, und

wobei mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁴ den gleichen Substituenten wie X¹ umfasst.

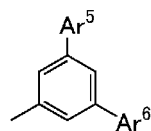
2. Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G2) dargestellt wird:



(G2)



(Z-3)



(Z-4)

wobei A einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten aromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen oder einen substituierten oder nicht substituierten kondensierten heteroaromatischen Ring mit 10 bis 30 Kohlenstoffatomen darstellt,

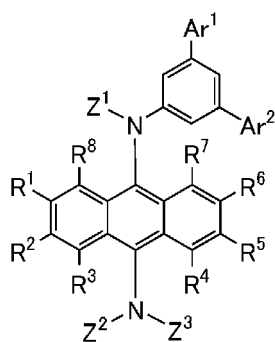
wobei Z¹ und Z² jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch eine allgemeine Formel (Z-3) oder (Z-4) dargestellt wird,

wobei in der allgemeinen Formel (Z-3) X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen darstellen,

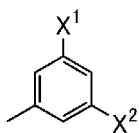
wobei Ar¹ bis Ar⁶ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellen, und

wobei mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁶ den gleichen Substituenten wie X¹ umfasst.

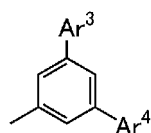
3. Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G3) dargestellt wird:



(G3)



(Z-1)



(Z-2)

wobei Z¹ bis Z³ jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch eine allgemeine Formel (Z-1) oder (Z-2) dargestellt wird,

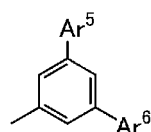
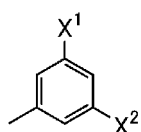
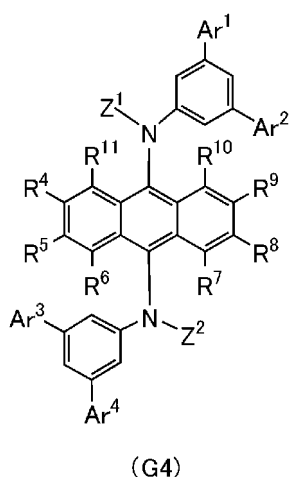
wobei in der allgemeinen Formel (Z-1) X¹ und X² jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen darstellen,

wobei Ar¹ bis Ar⁴ jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellen,

wobei mindestens eines von Ar¹ bis Ar⁴ den gleichen Substituenten wie X¹ oder X² umfasst, und

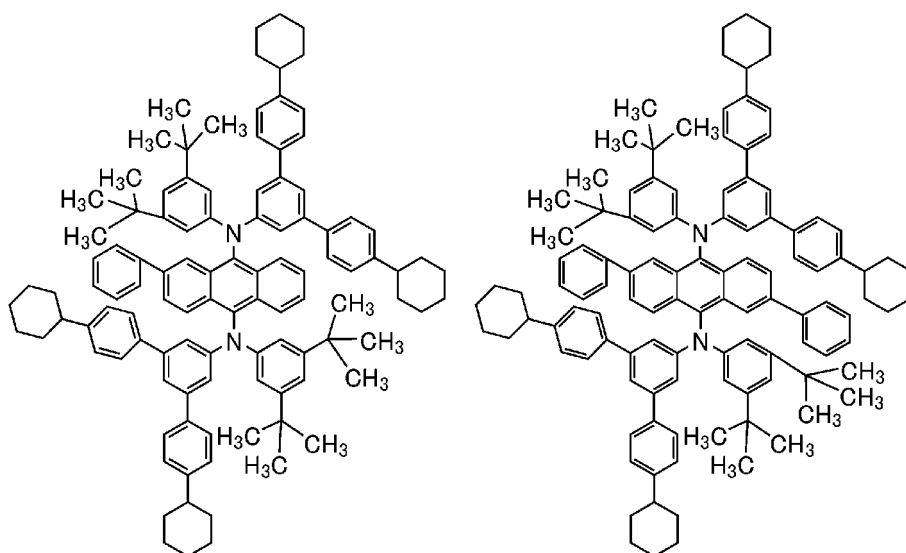
wobei R¹ bis R⁸ jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen darstellen.

4. Verbindung, die durch eine allgemeine Formel (G4) dargestellt wird:



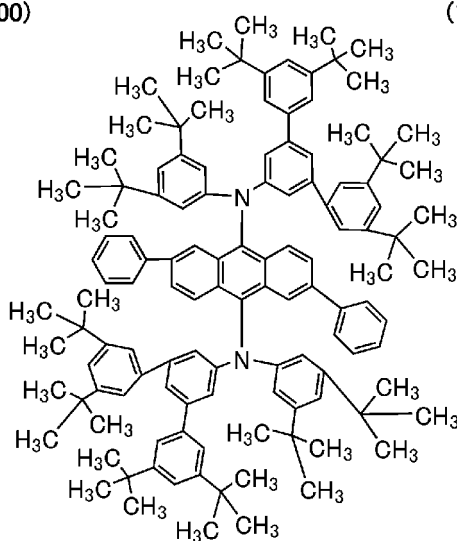
wobei Z^1 und Z^2 jeweils unabhängig voneinander eine Struktur aufweisen, die durch eine allgemeine Formel (Z-3) oder (Z-4) dargestellt wird,
wobei in der allgemeinen Formel (Z-3) X^1 und X^2 jeweils unabhängig voneinander eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Cycloalkyl-Gruppe mit einer Brückenstruktur und mit 7 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen darstellen,
wobei Ar^1 bis Ar^6 jeweils unabhängig voneinander eine substituierte oder nicht substituierte aromatische Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 6 bis 13 Kohlenstoffatomen darstellen,
wobei mindestens eines von Ar^1 bis Ar^6 den gleichen Substituenten wie X^1 oder X^2 umfasst, und
wobei R^4 bis R^{11} jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff, eine Alkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine substituierte oder nicht substituierte Cycloalkyl-Gruppe mit 3 bis 10 Kohlenstoffatomen, eine Trialkylsilyl-Gruppe mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen oder eine substituierte oder nicht substituierte Aryl-Gruppe mit 6 bis 25 Kohlenstoffatomen darstellen.

5. Verbindung, die durch eine Strukturformel (100), (101) oder (102) dargestellt wird:



(100)

(101)



(102)

6. Licht emittierende Vorrichtung, die die Verbindung nach Anspruch 1 umfasst.

7. Licht emittierende Vorrichtung, die eine EL-Schicht zwischen einem Paar von Elektroden umfasst, wobei die EL-Schicht die Verbindung nach Anspruch 1 umfasst.

8. Licht emittierende Vorrichtung, die eine EL-Schicht zwischen einem Paar von Elektroden umfasst, wobei die EL-Schicht eine Licht emittierende Schicht umfasst, und wobei die Licht emittierende Schicht die Verbindung nach Anspruch 1 umfasst.

9. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 8, die ferner ein phosphoreszierendes Material in der Licht emittierenden Schicht umfasst.

10. Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 8, die ferner ein TADF-Material in der Licht emittierenden Schicht umfasst.

11. Licht emittierende Einrichtung, die umfasst:
die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 6; und
einen Transistor und/oder ein Substrat.

12. Elektronisches Gerät, das umfasst:
die Licht emittierende Einrichtung nach Anspruch 11; und

ein Mikrofon, eine Kamera, einen Bedienknopf, einen externen Verbindungsabschnitt und/oder einen Lautsprecher.

13. Beleuchtungsvorrichtung, die umfasst:
die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 6; und
ein Gehäuse, eine Abdeckung und/oder eine Halterung.

Es folgen 81 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

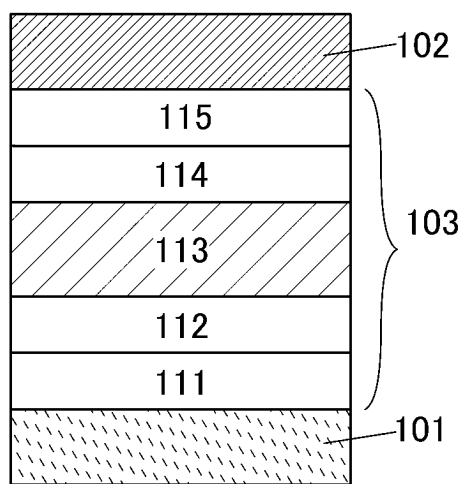


FIG. 1B

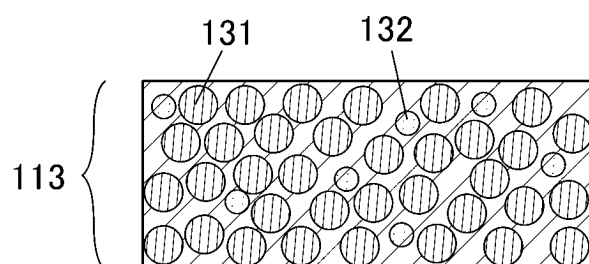


FIG. 2A

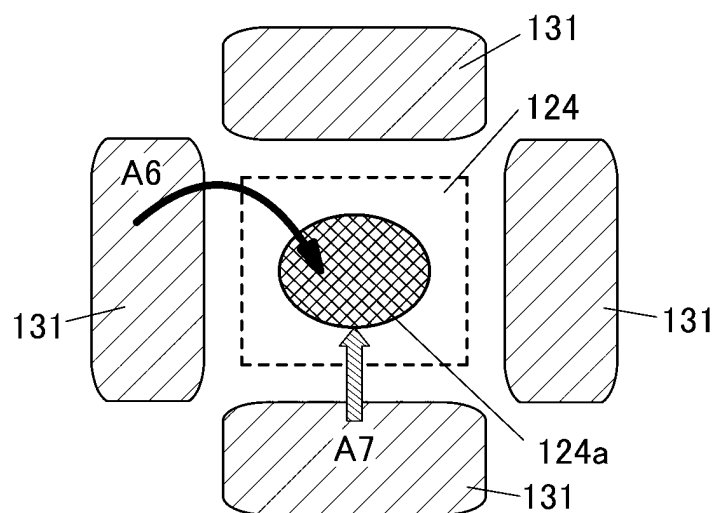


FIG. 2B

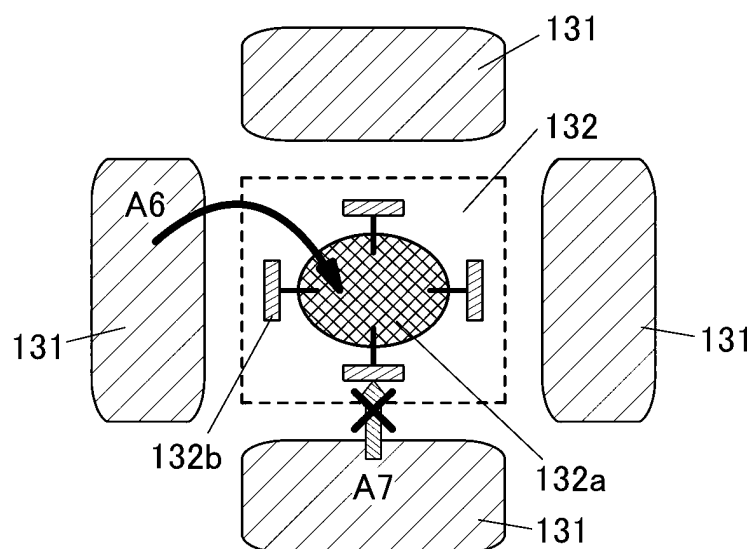


FIG. 3A

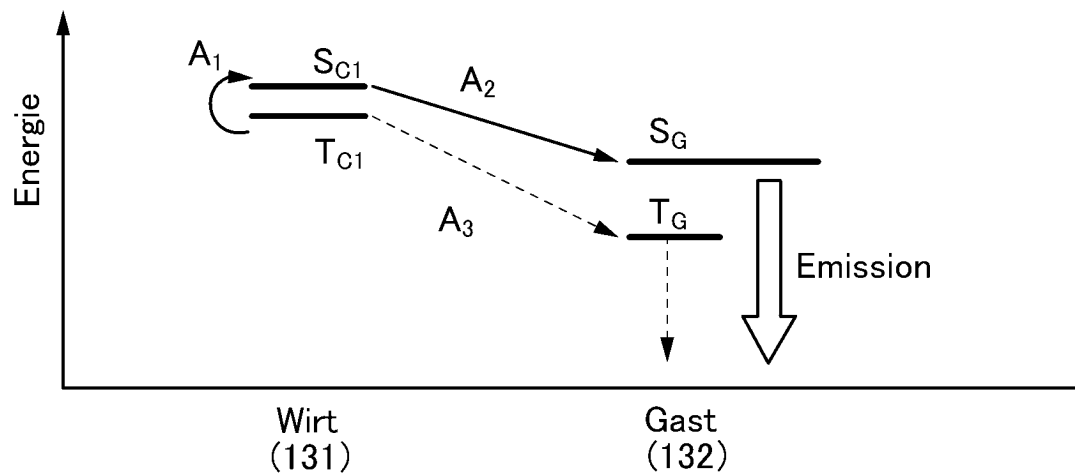


FIG. 3B

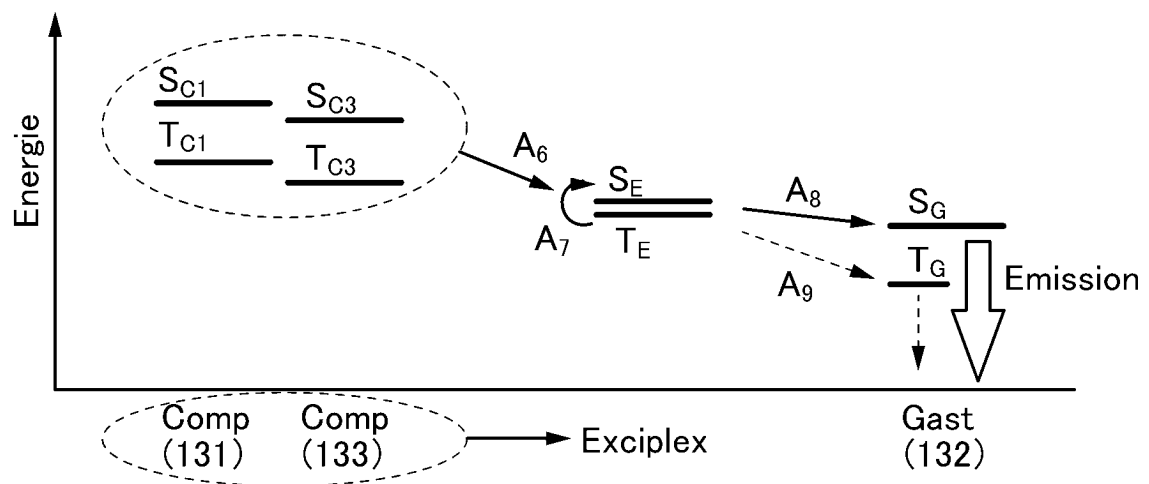


FIG. 3C

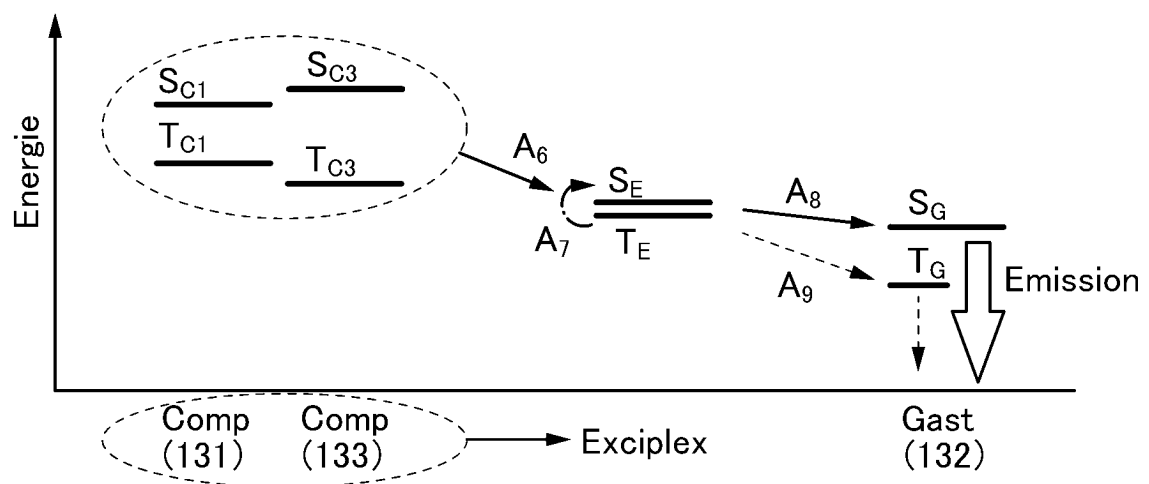


FIG. 4A

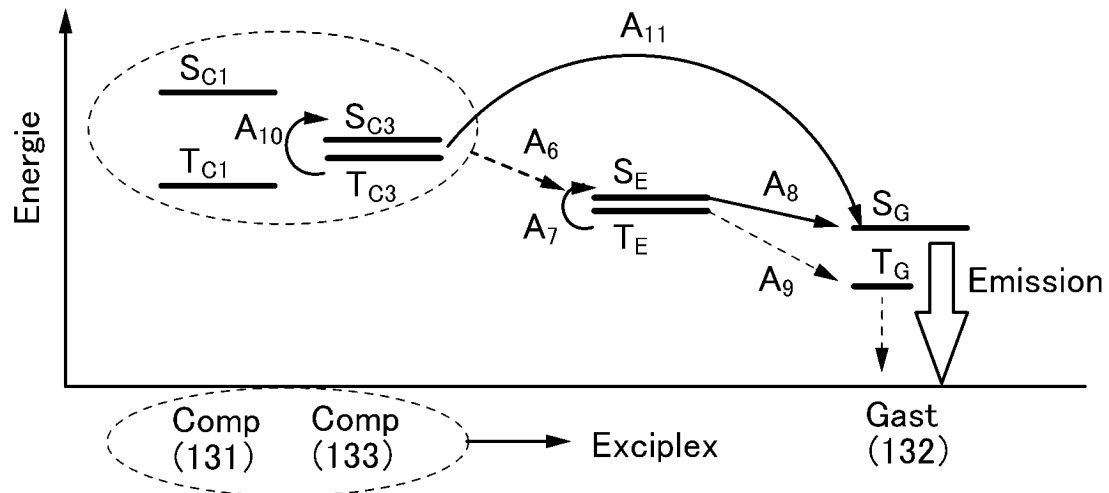


FIG. 4B

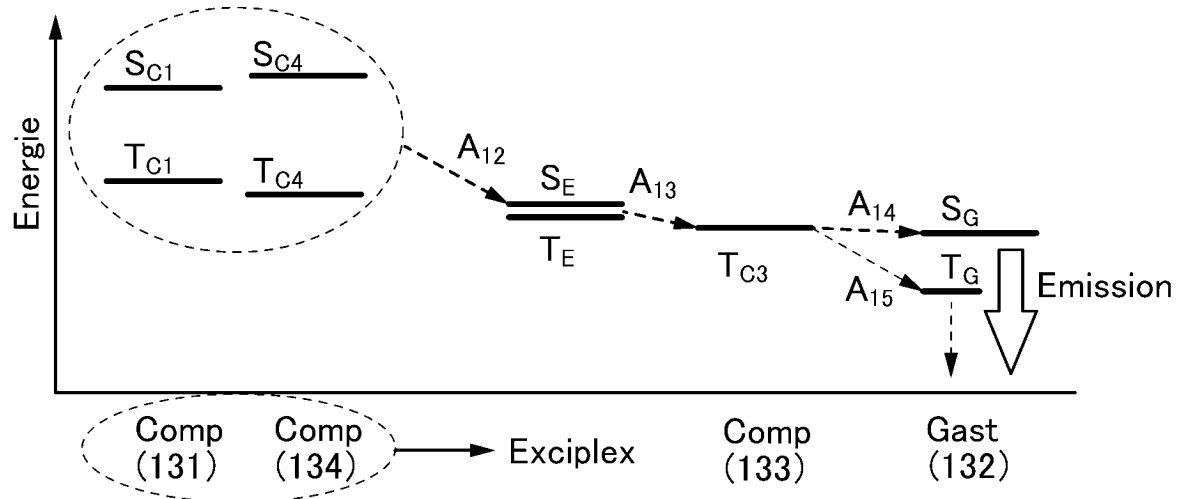


FIG. 4C

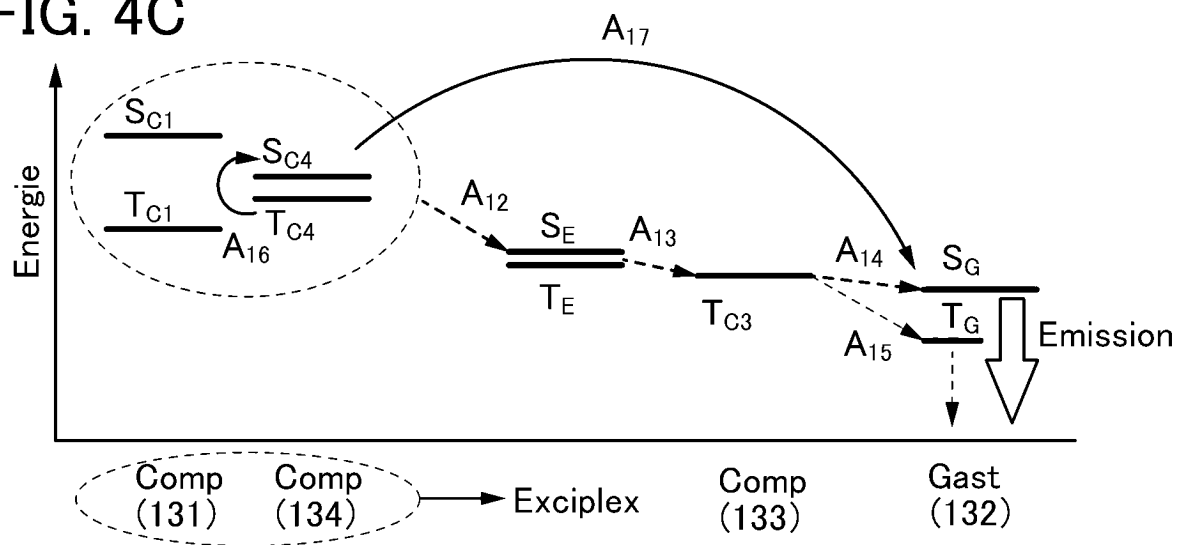


FIG. 5A

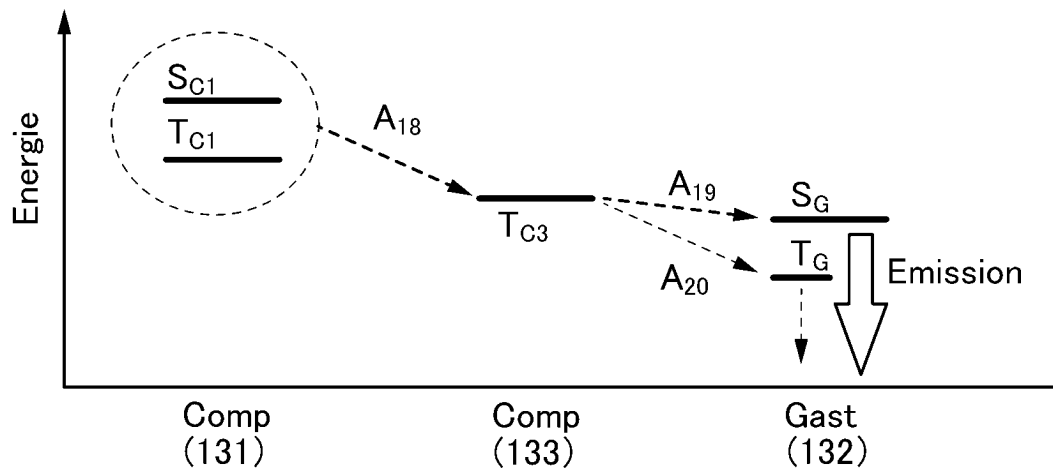


FIG. 5B

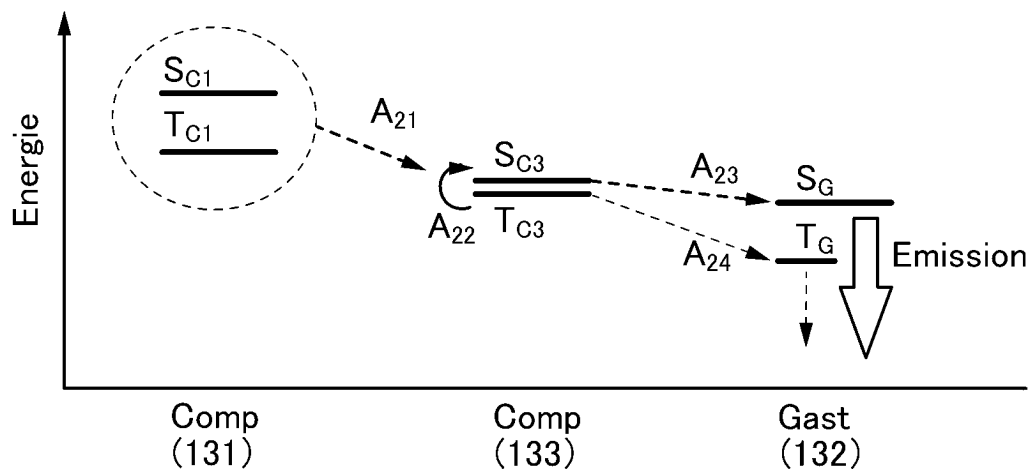


FIG. 6A

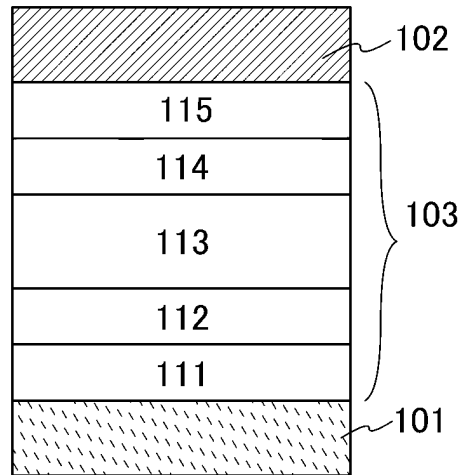


FIG. 6B

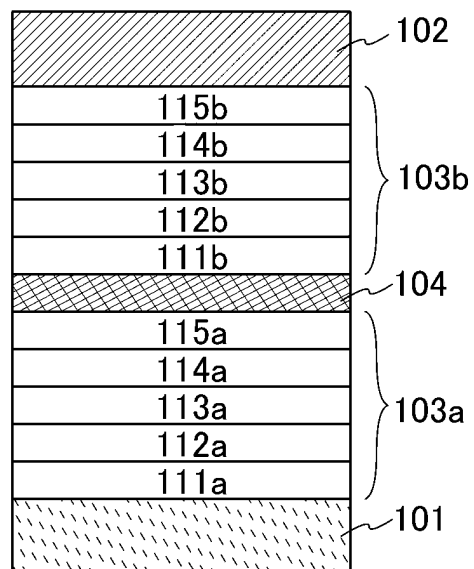


FIG. 7A

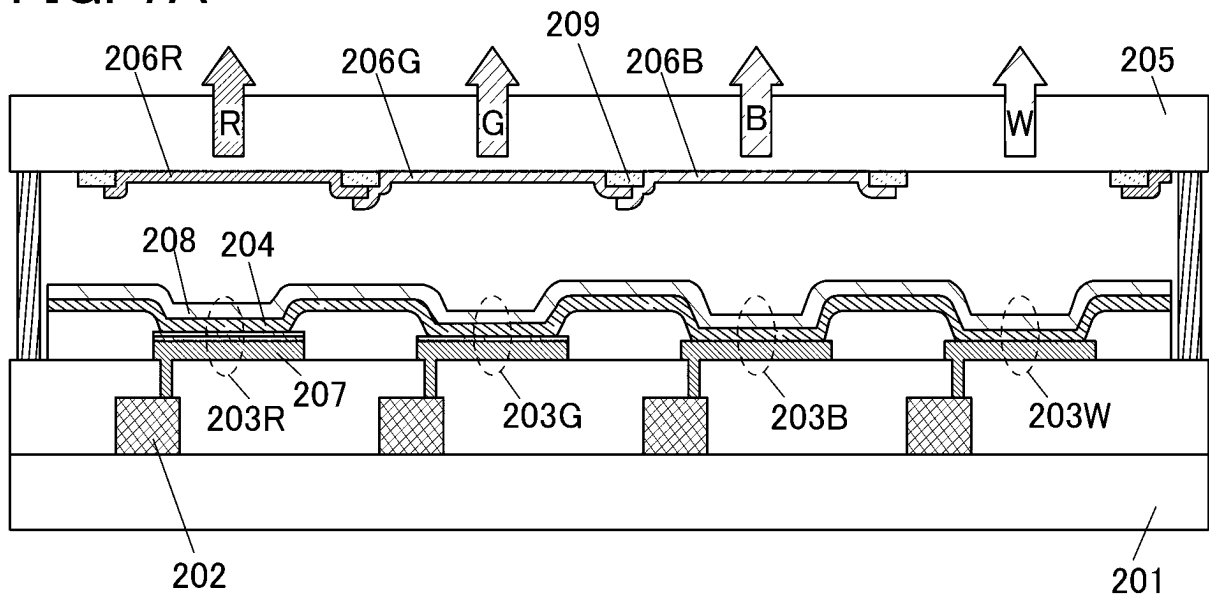


FIG. 7B

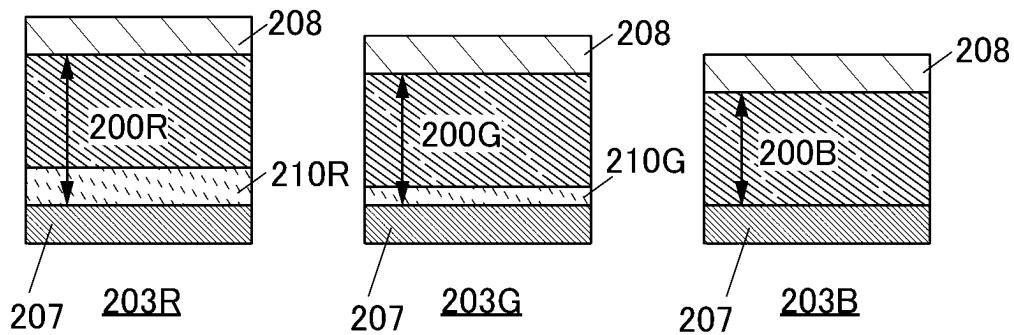


FIG. 7C

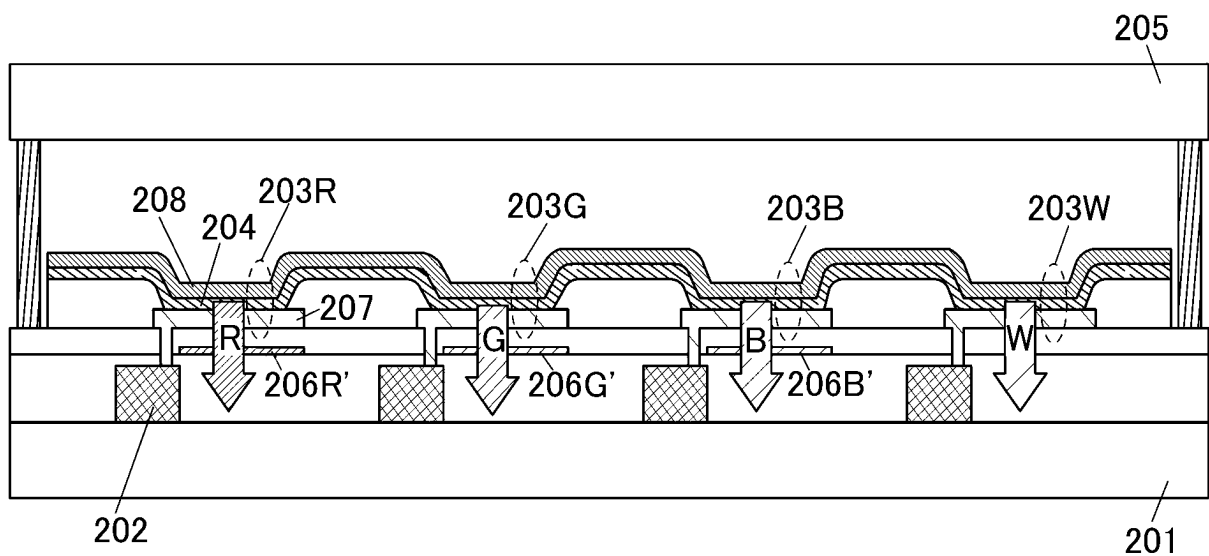


FIG. 8A

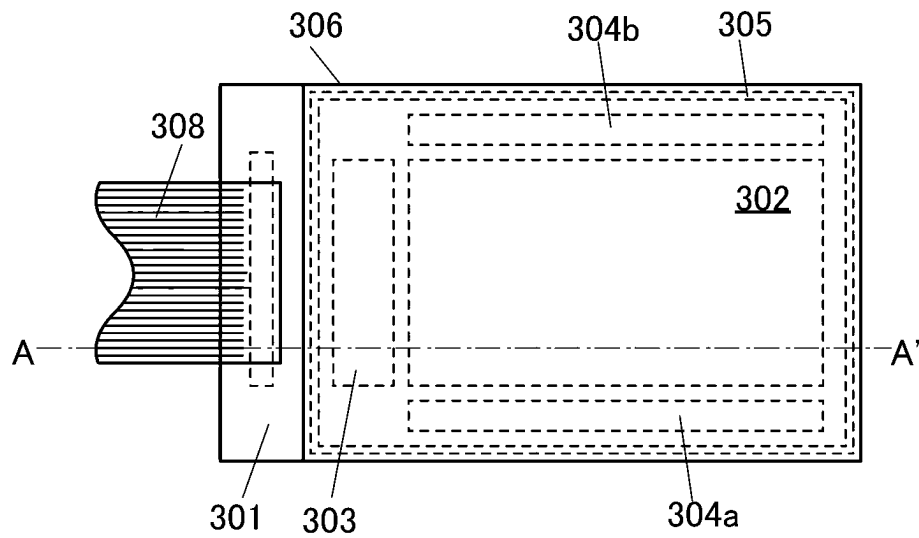


FIG. 8B

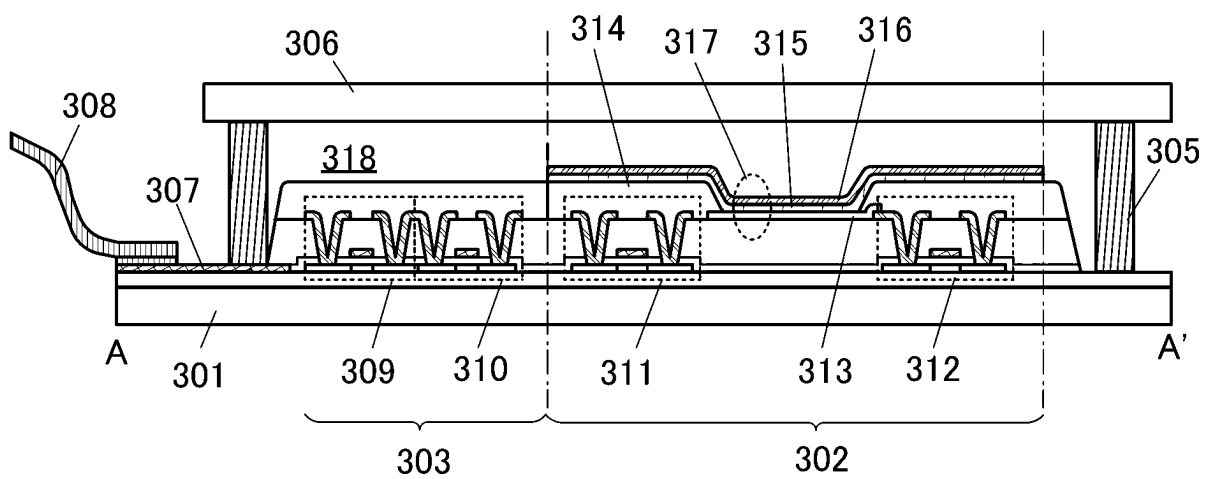


FIG. 9A

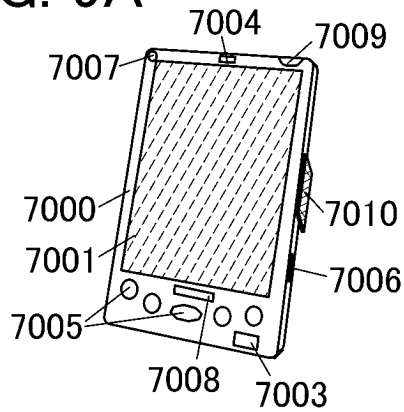


FIG. 9B

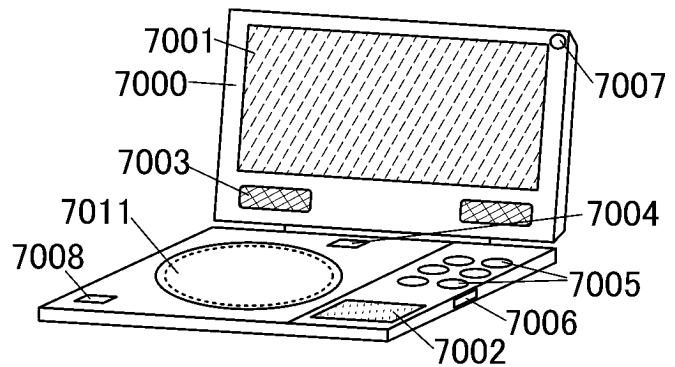


FIG. 9C

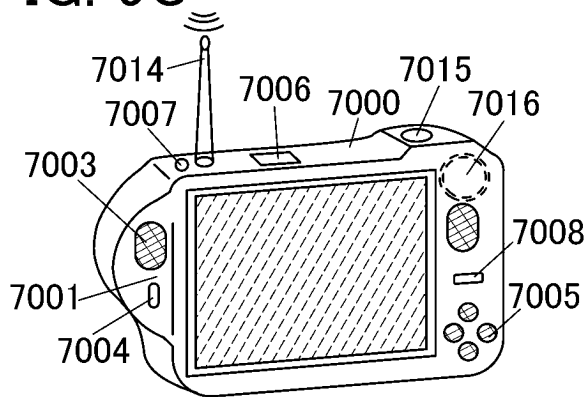


FIG. 9D

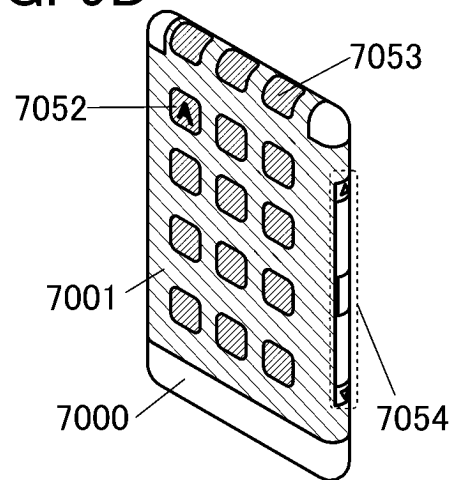


FIG. 9E

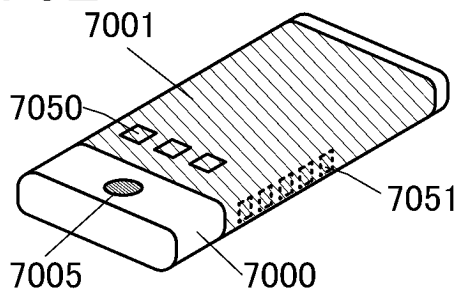


FIG. 9F

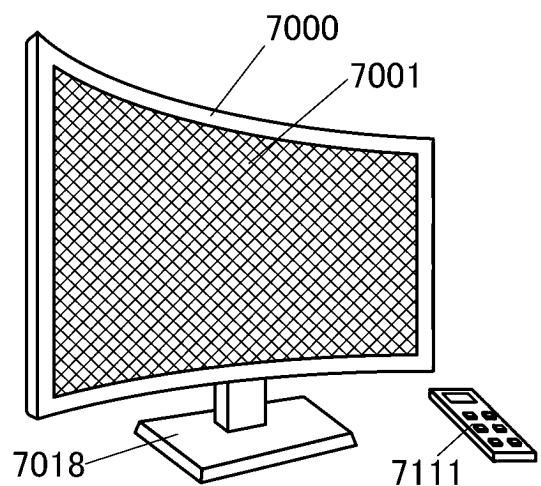


FIG. 9G

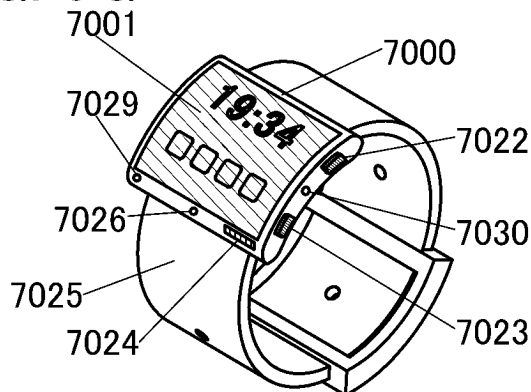


FIG. 10A

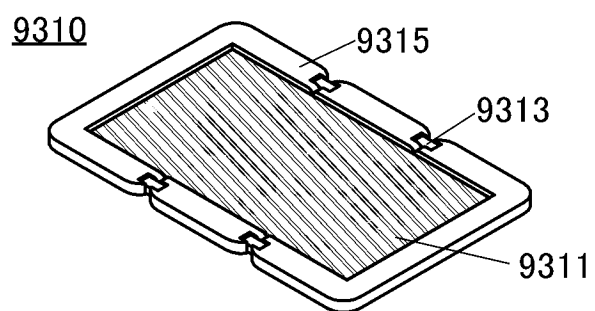


FIG. 10B

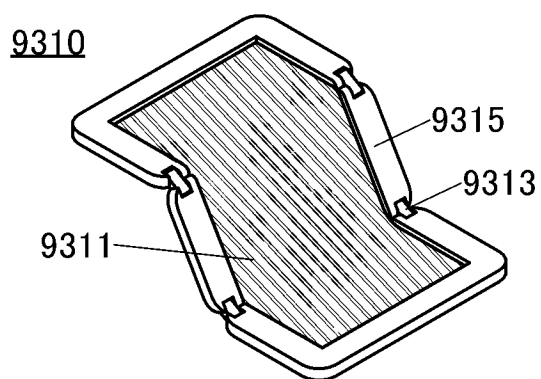


FIG. 10C

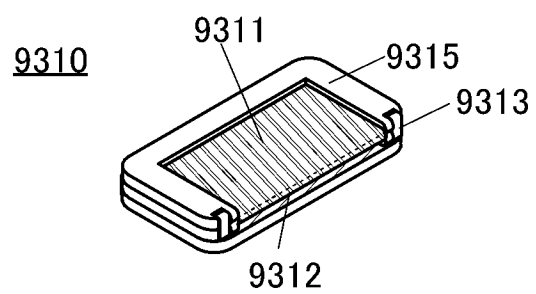


FIG. 11A

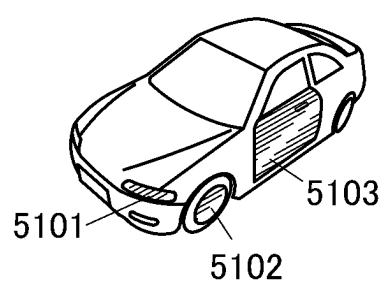


FIG. 11B

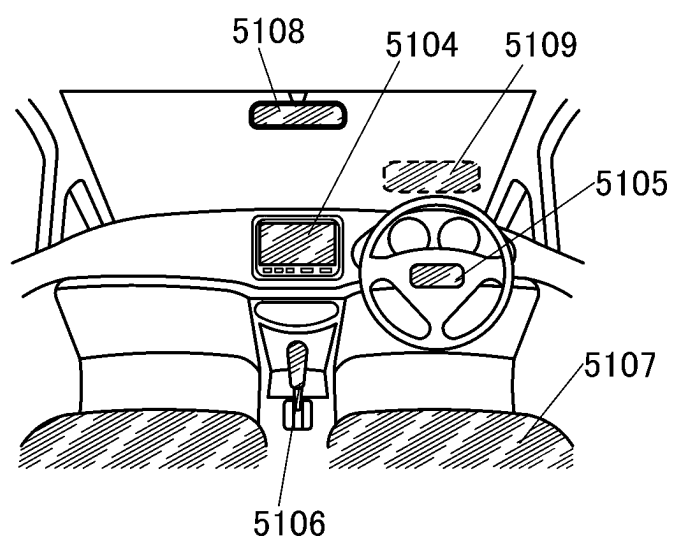


FIG. 12

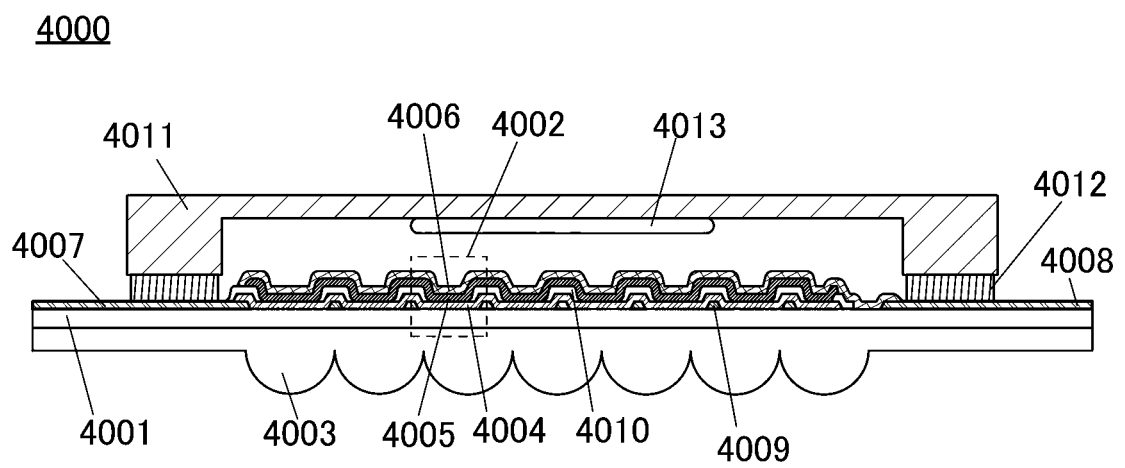


FIG. 13

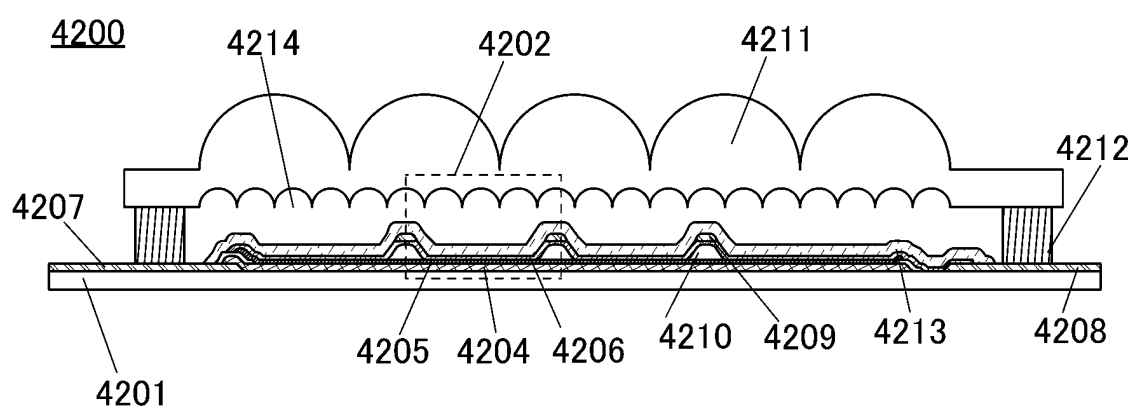


FIG. 14

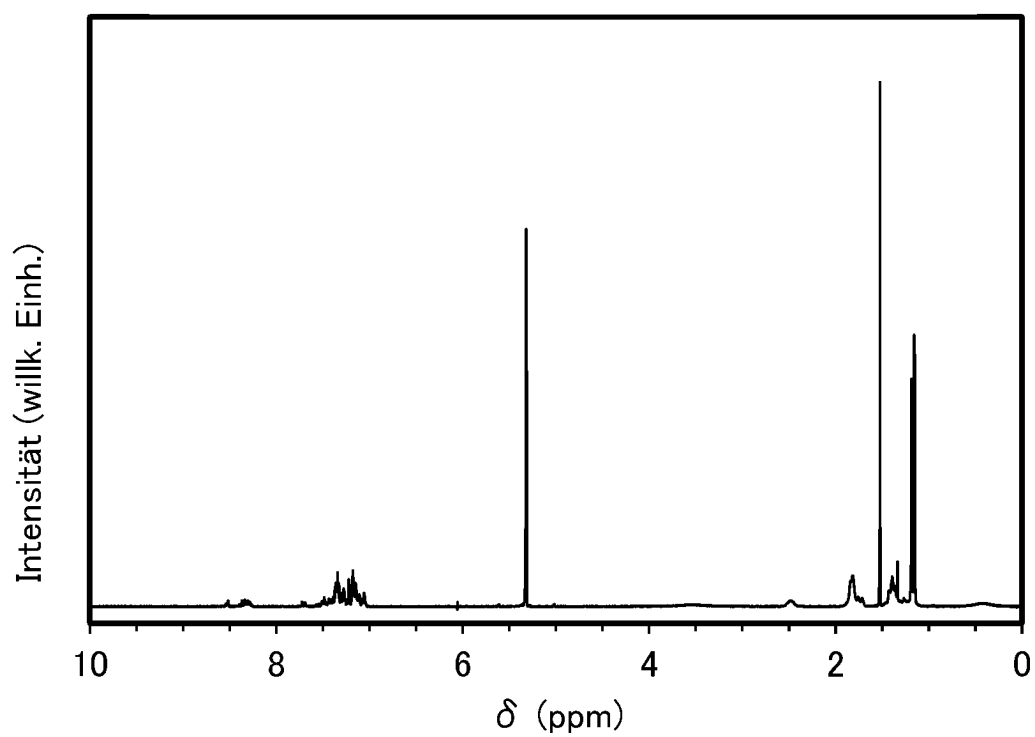


FIG. 15

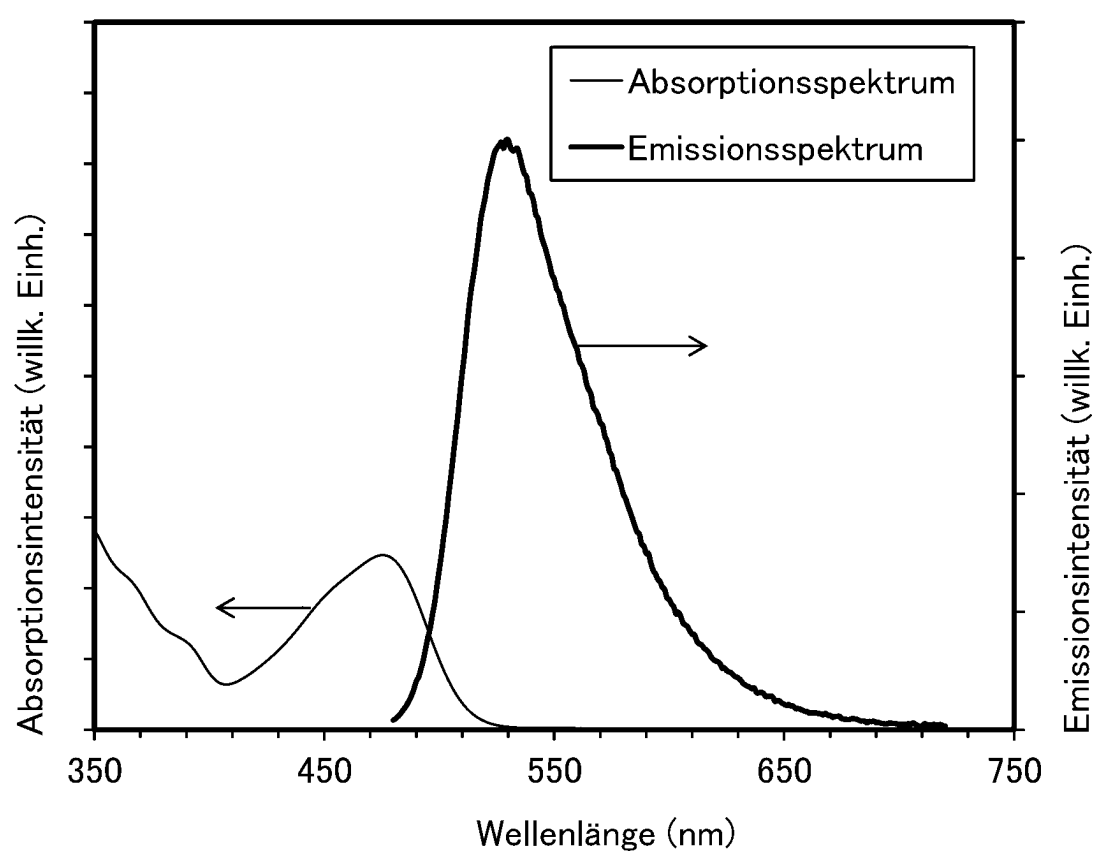


FIG. 16

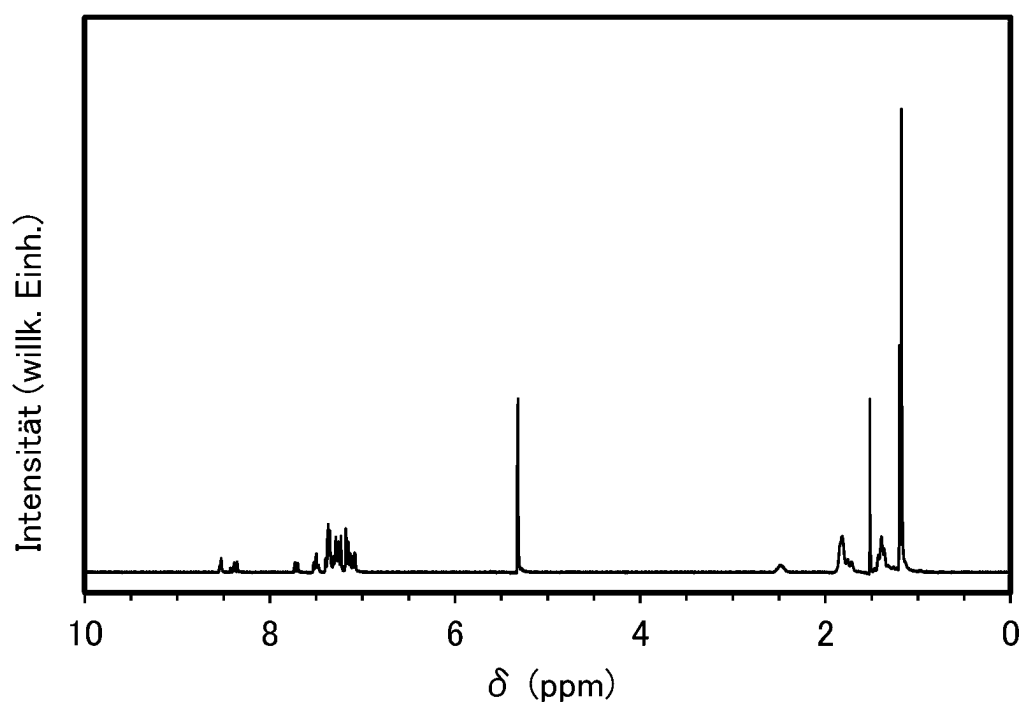


FIG. 17

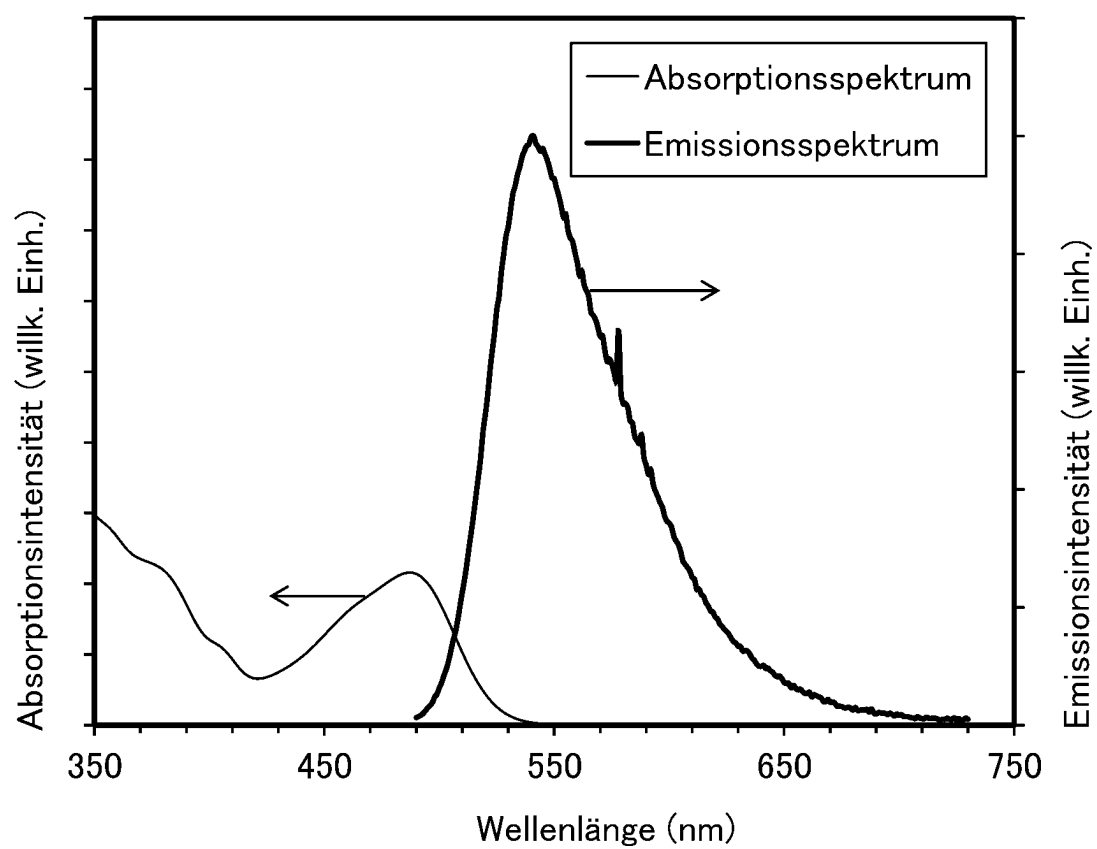


FIG. 18

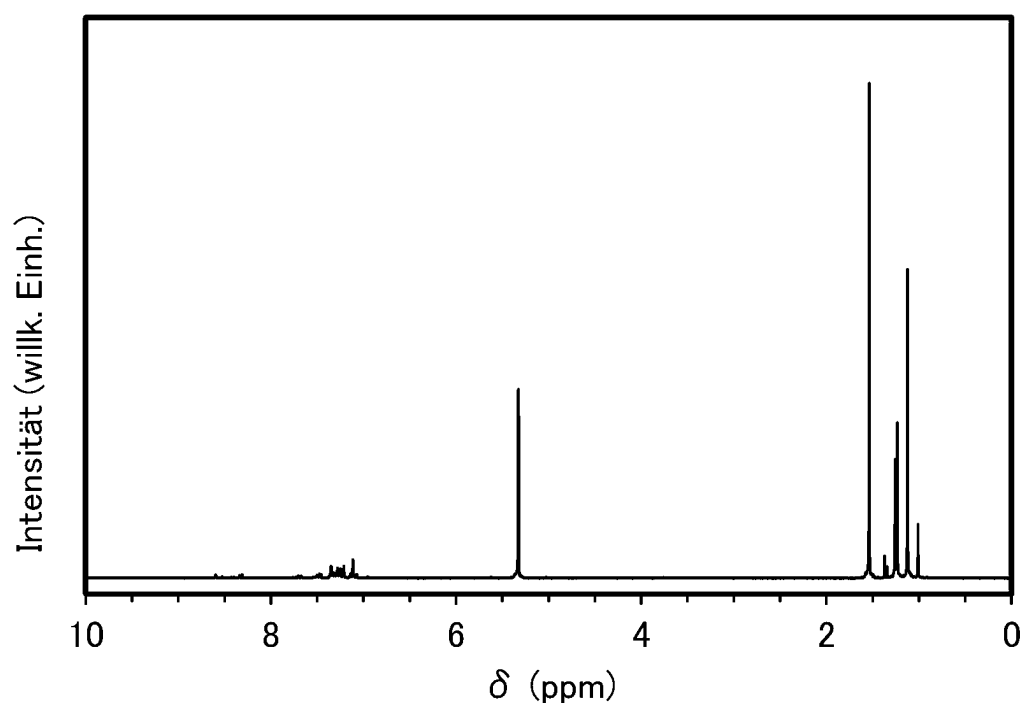


FIG. 19

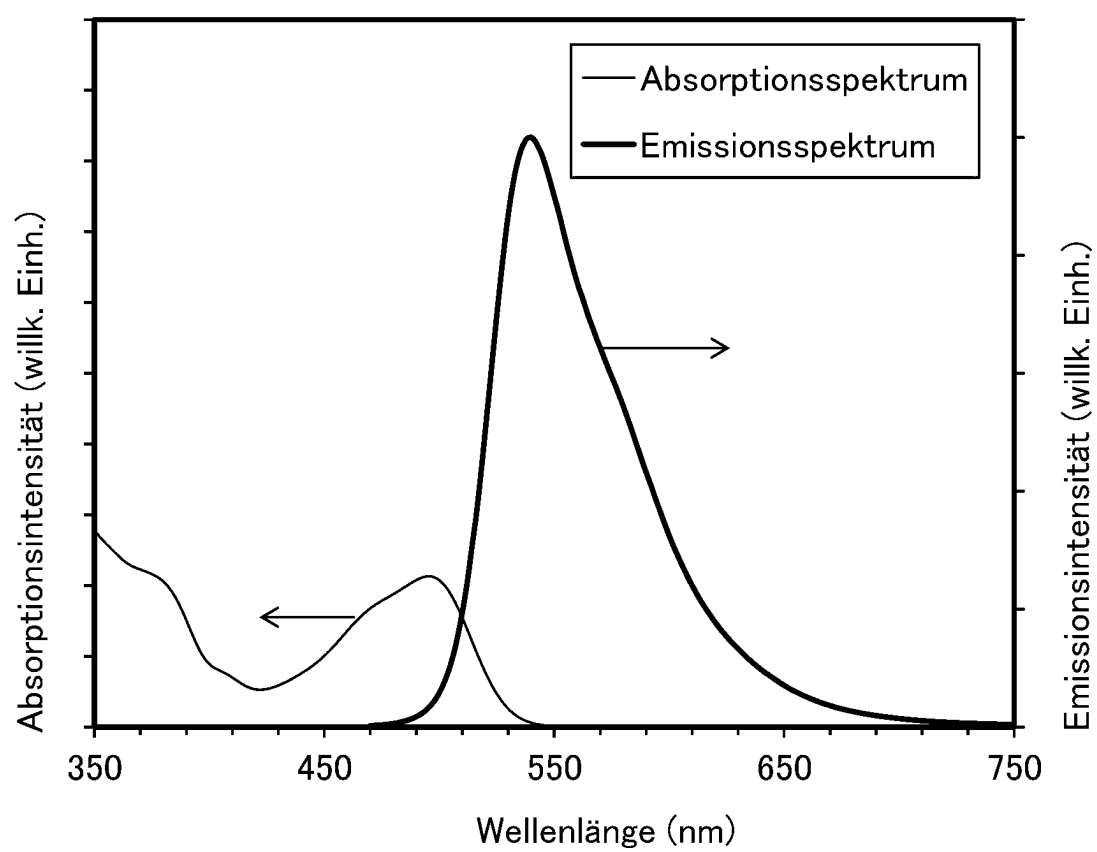


FIG. 20

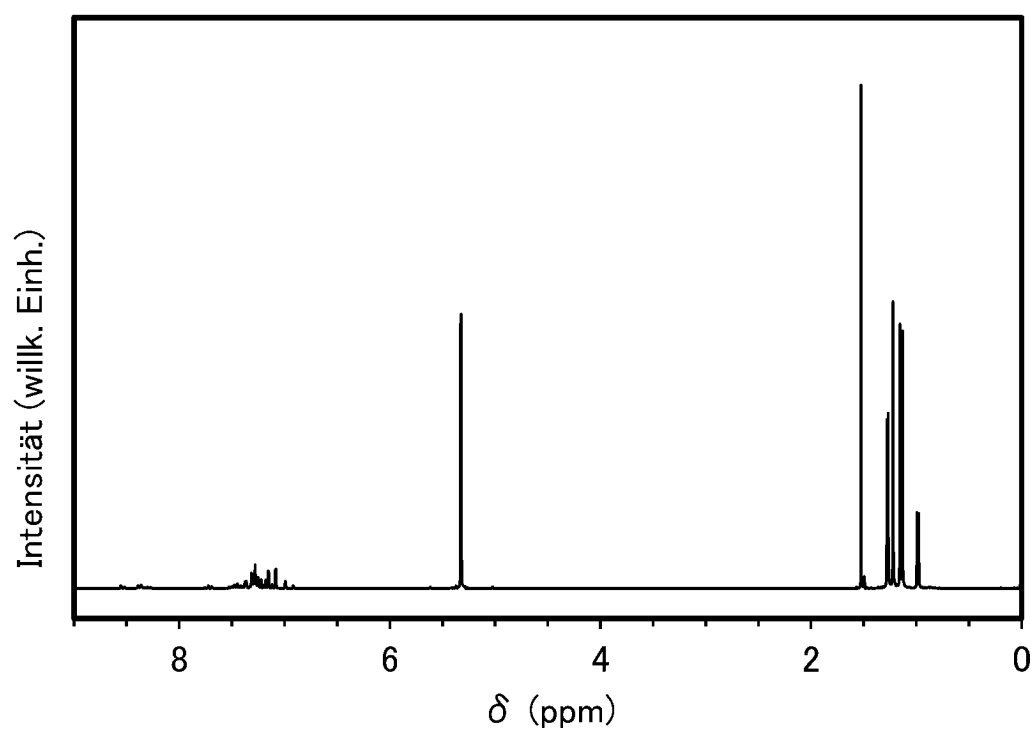


FIG. 21

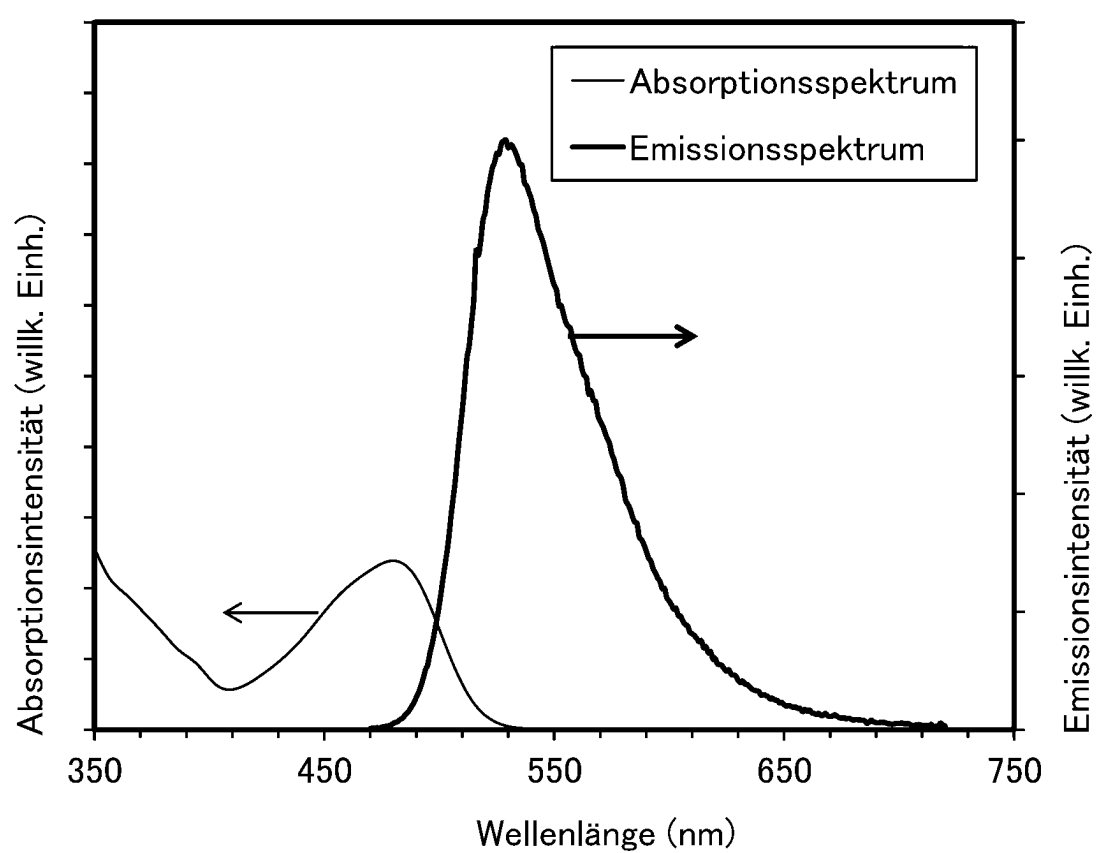


FIG. 22

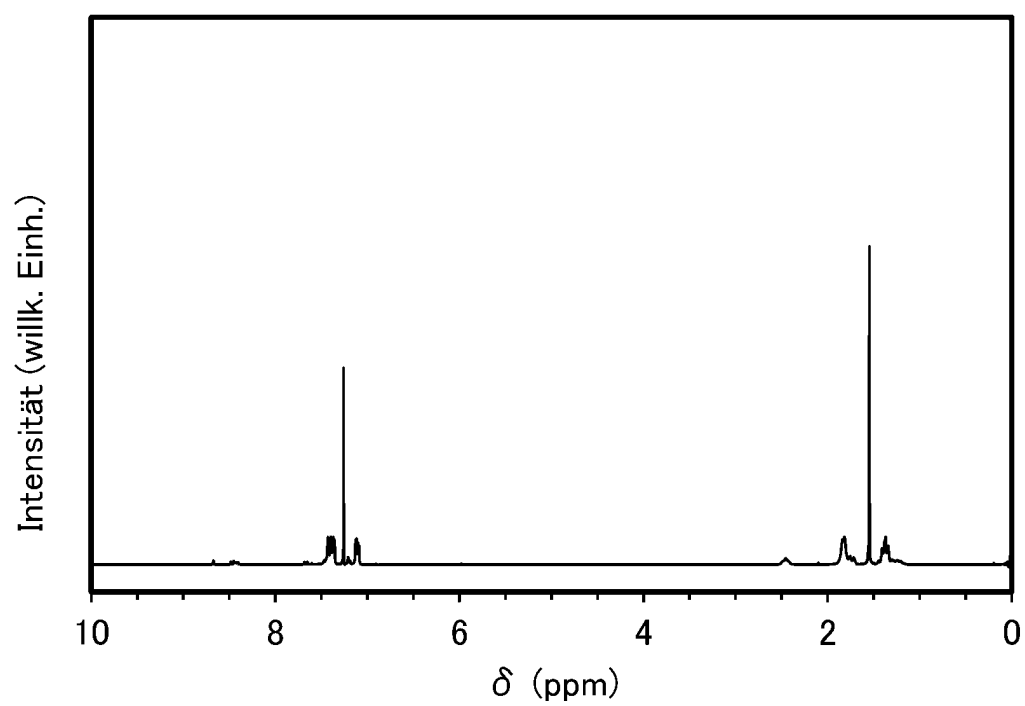


FIG. 23

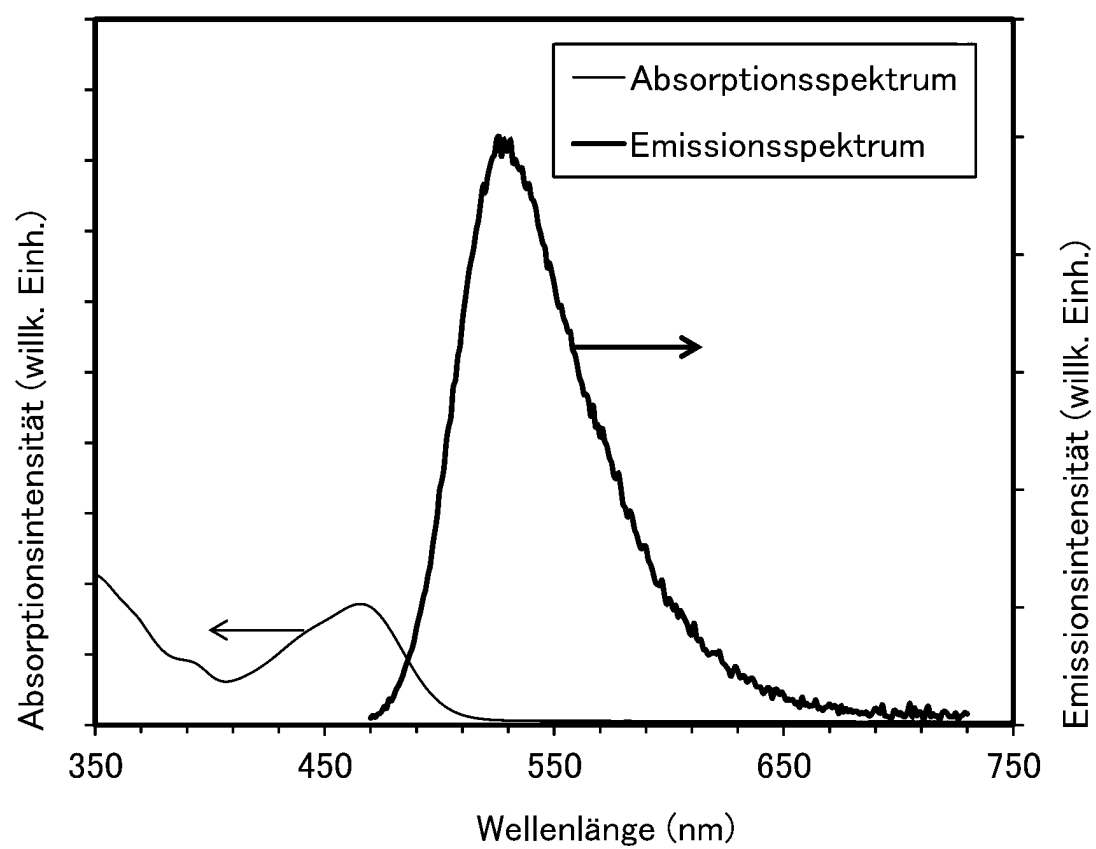


FIG. 24

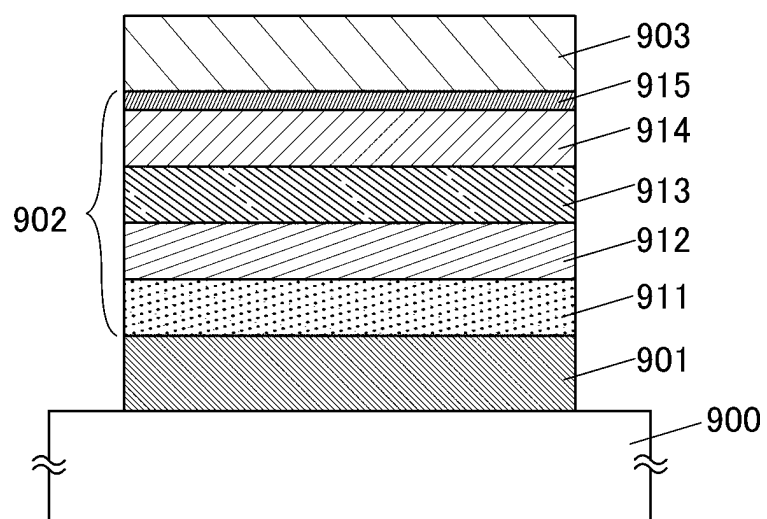


FIG. 25

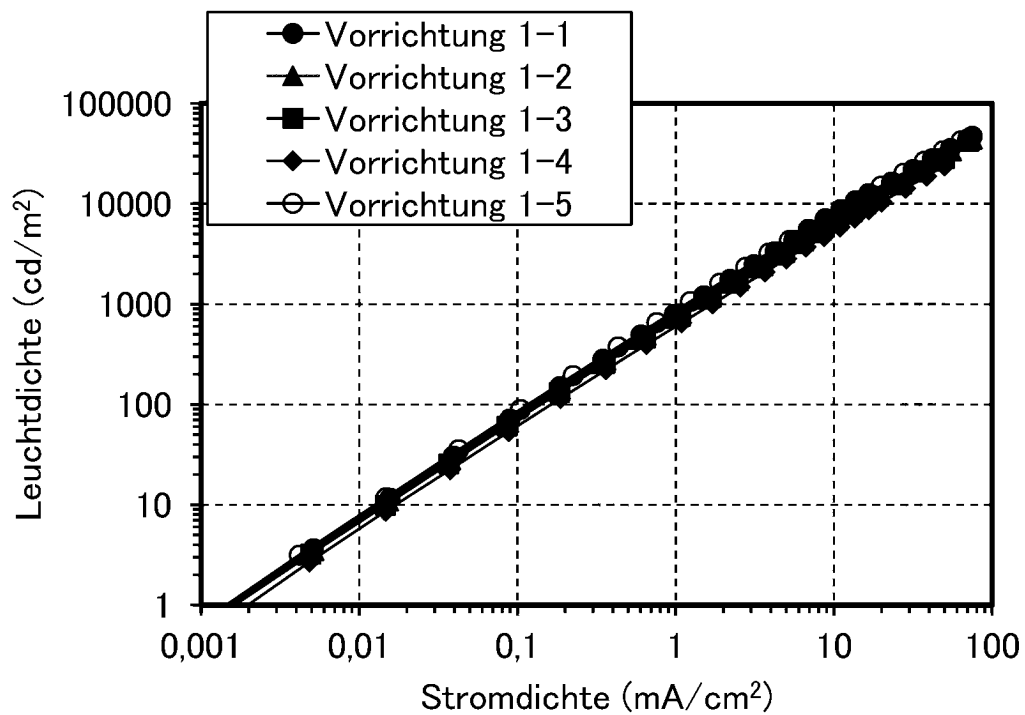


FIG. 26

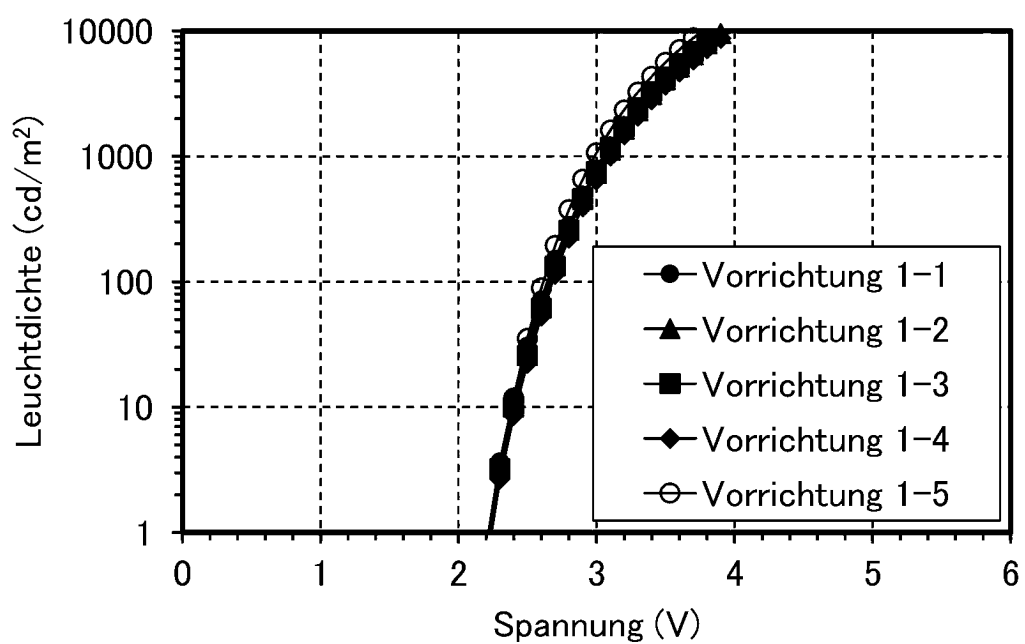


FIG. 27

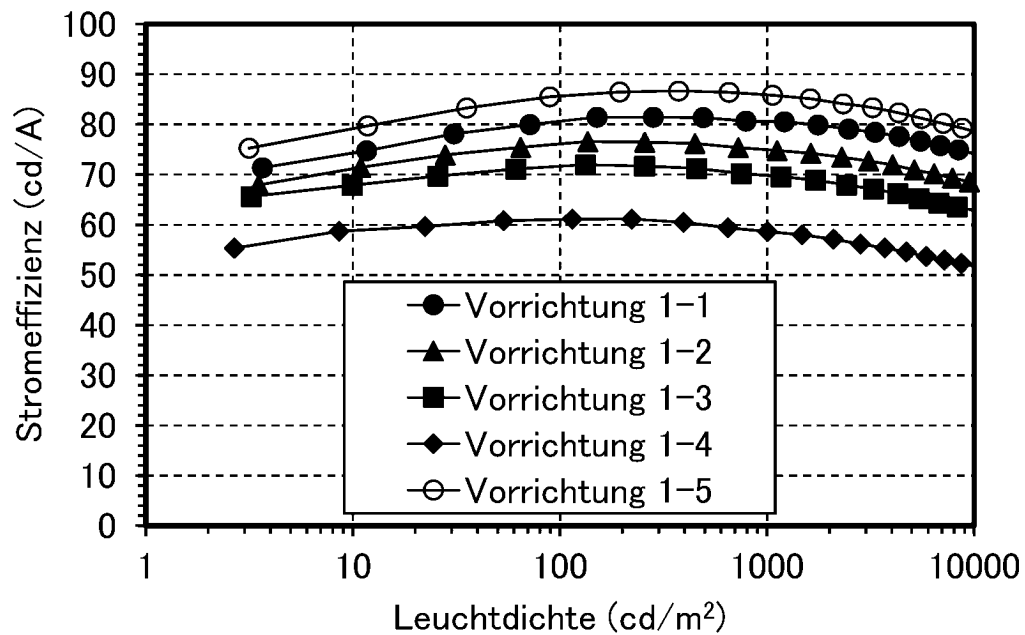


FIG. 28

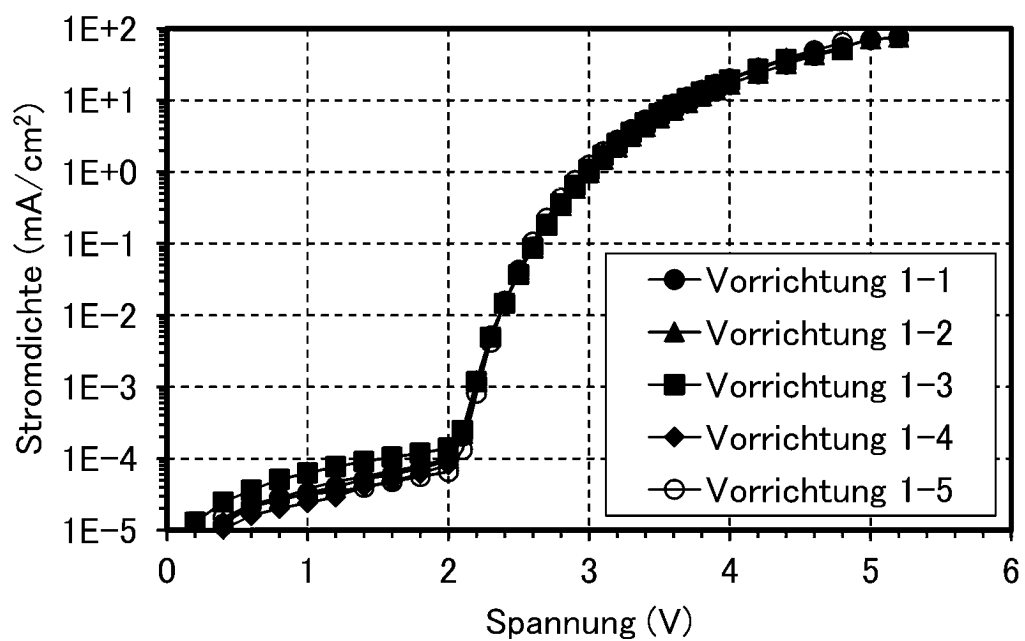


FIG. 29

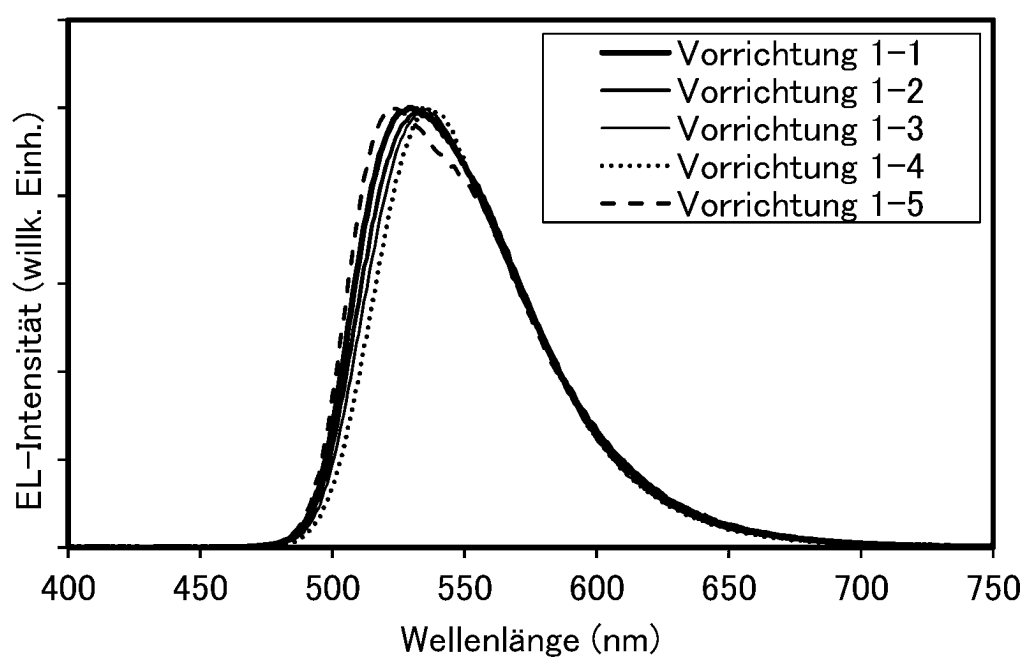


FIG. 30

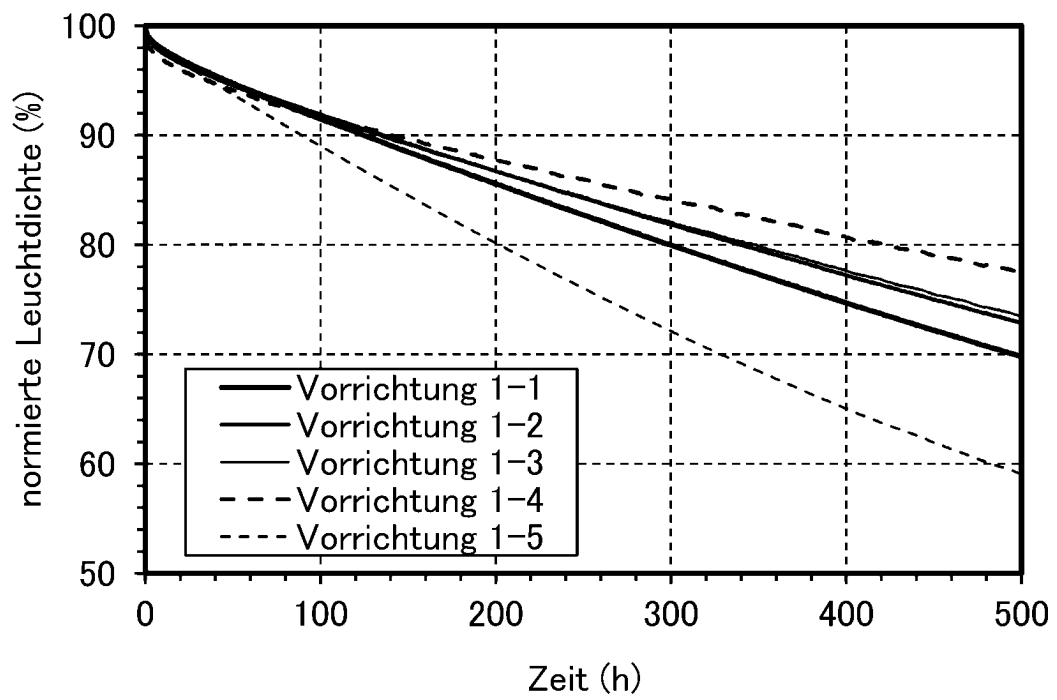


FIG. 31

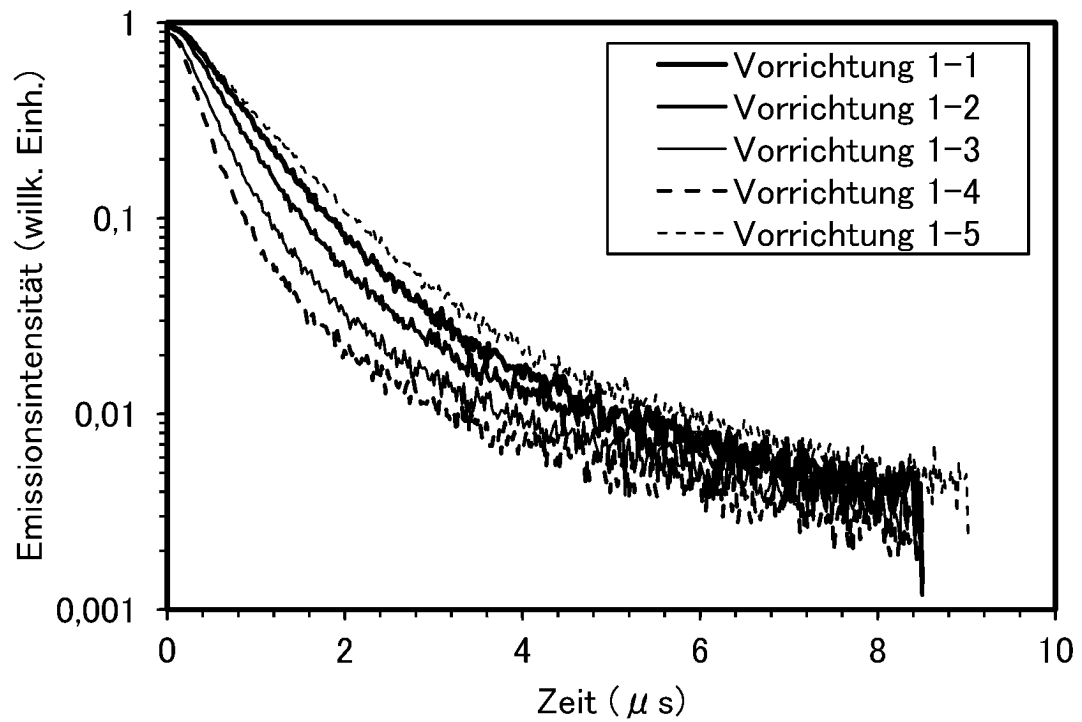


FIG. 32

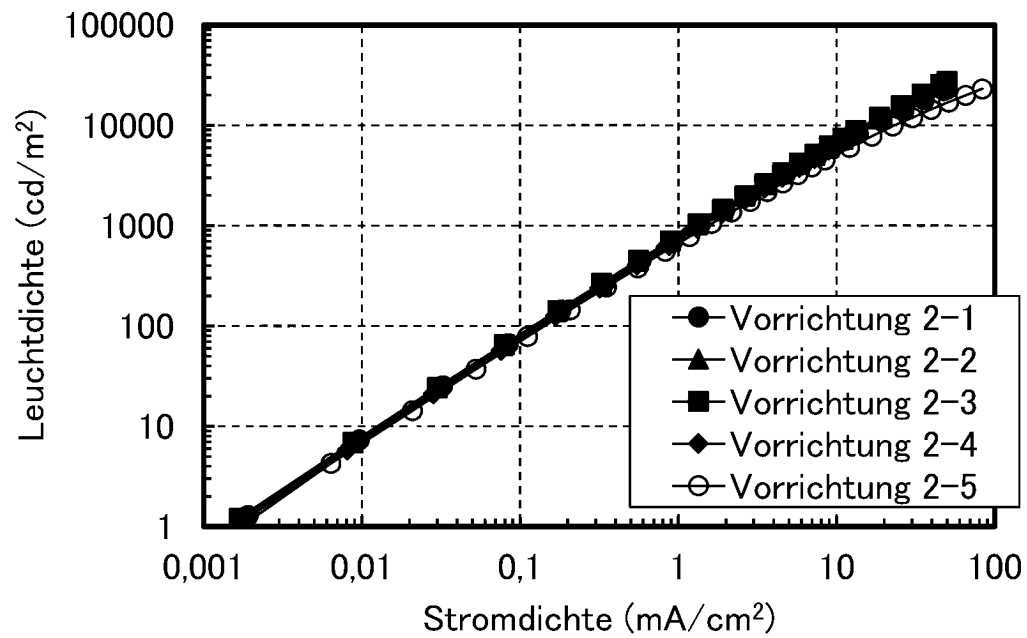


FIG. 33

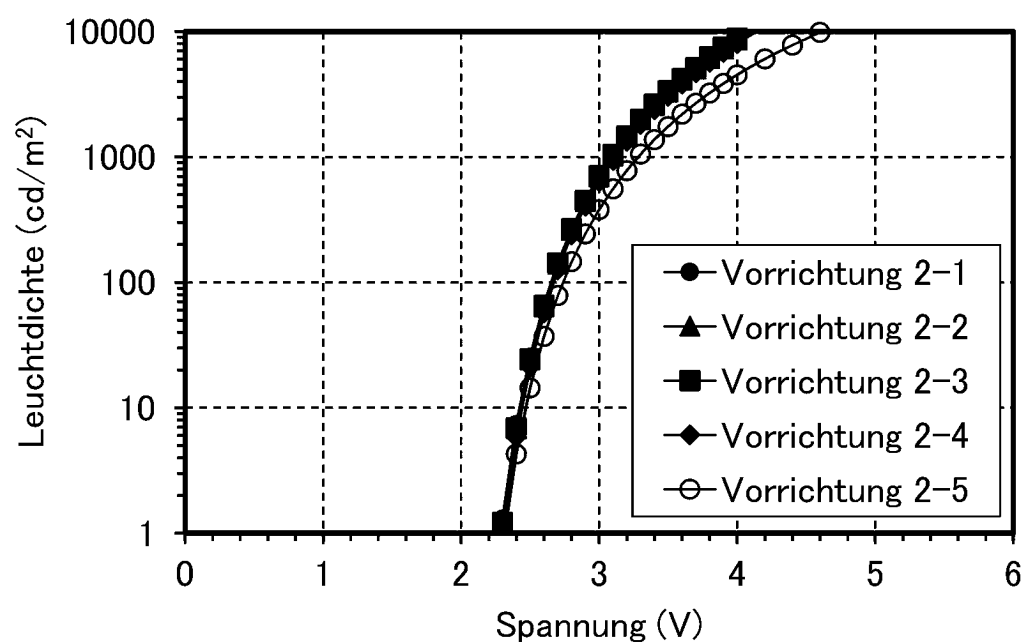


FIG. 34

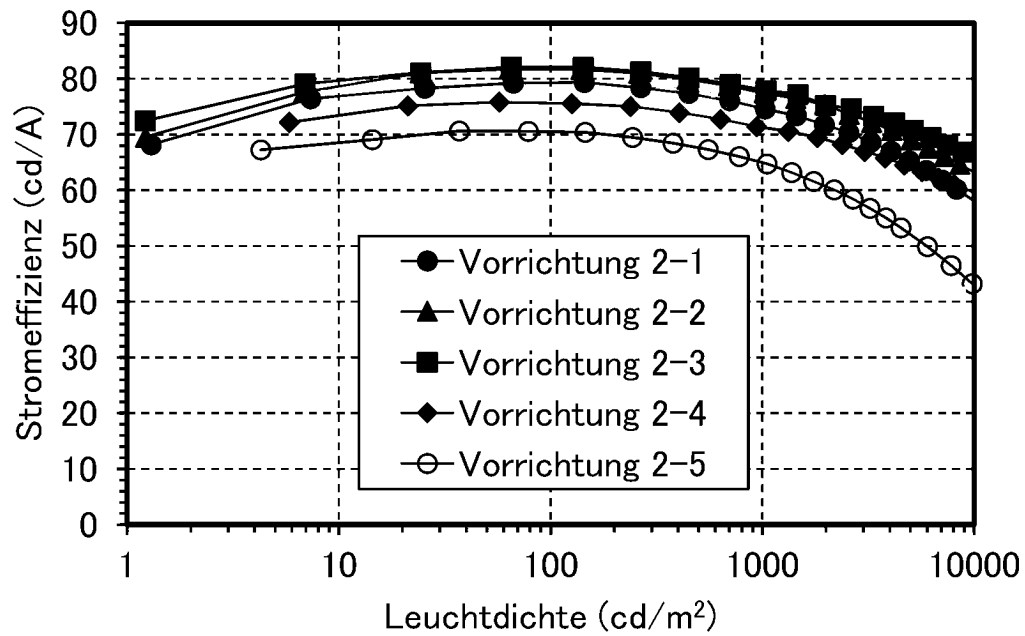


FIG. 35

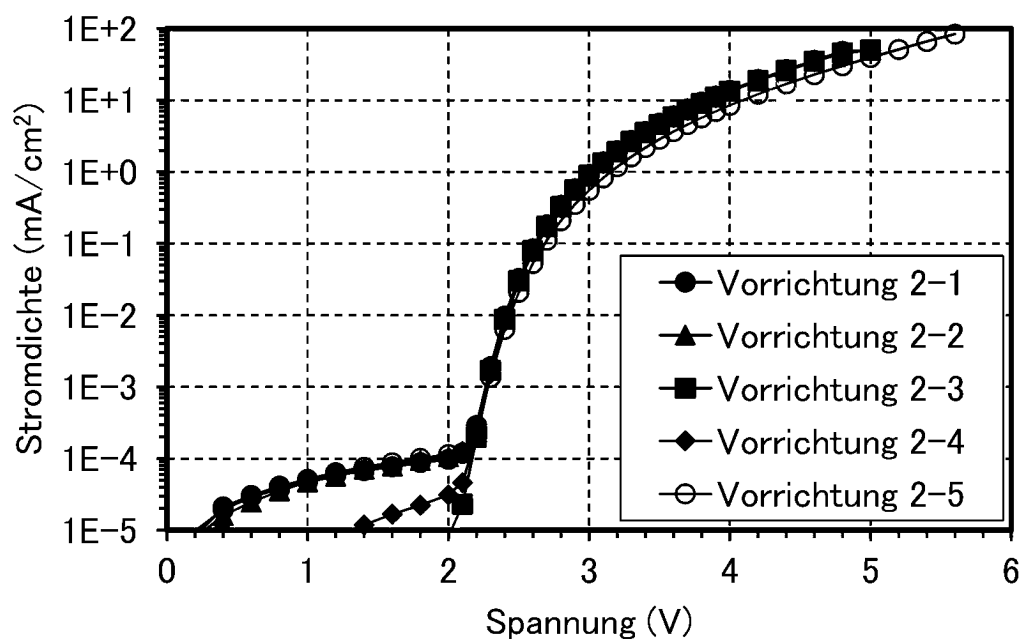


FIG. 36

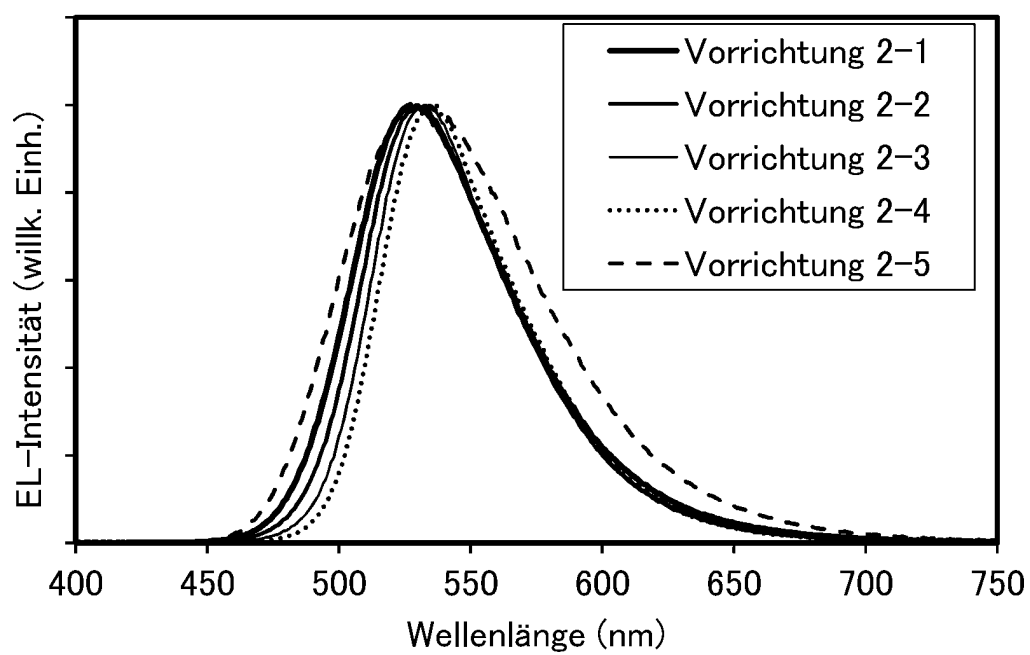


FIG. 37

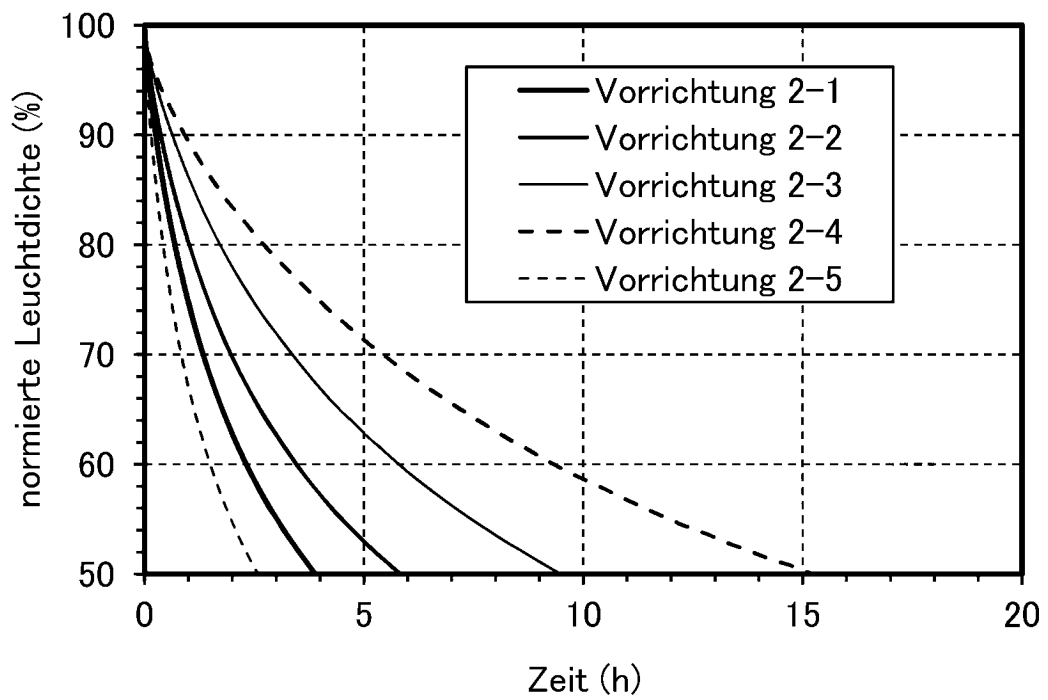


FIG. 38

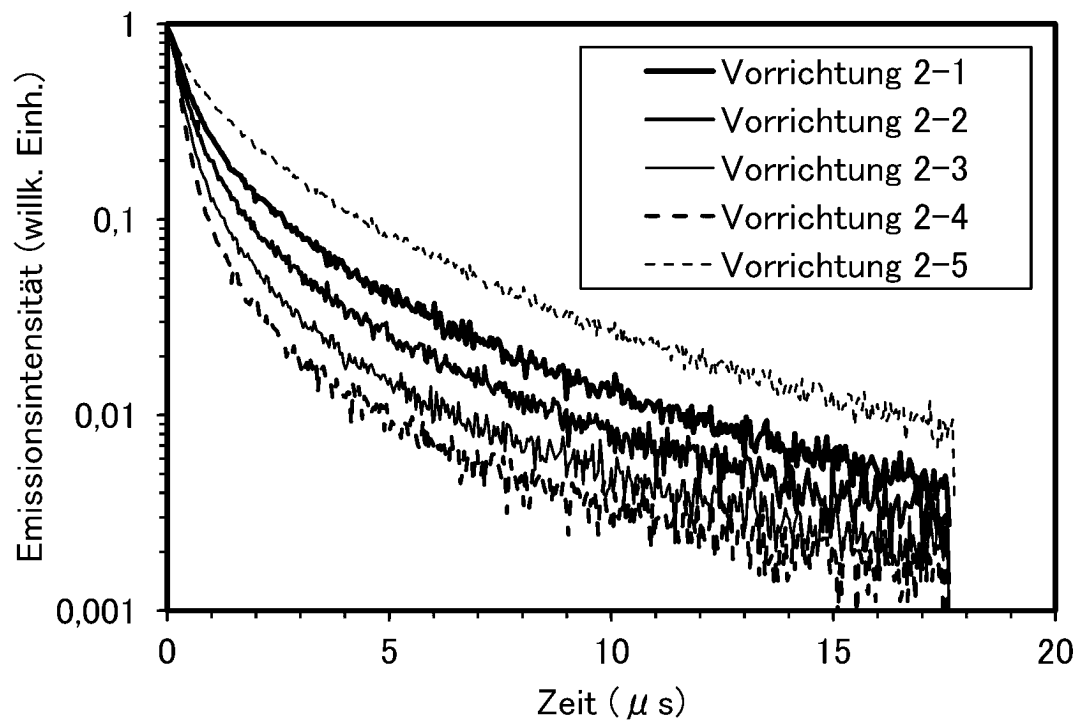


FIG. 39

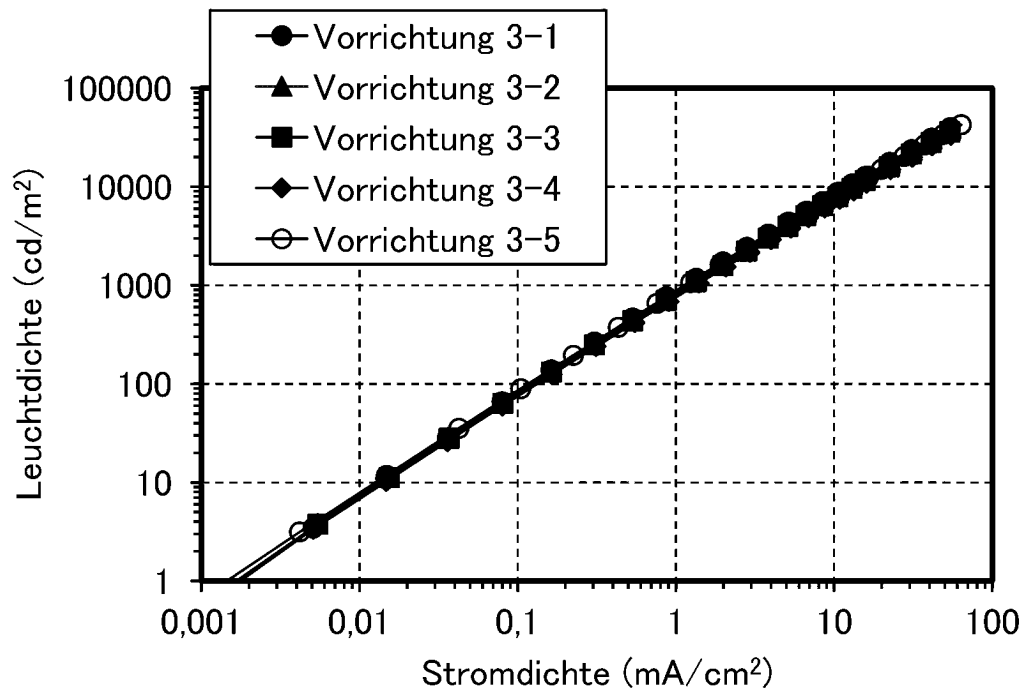


FIG. 40

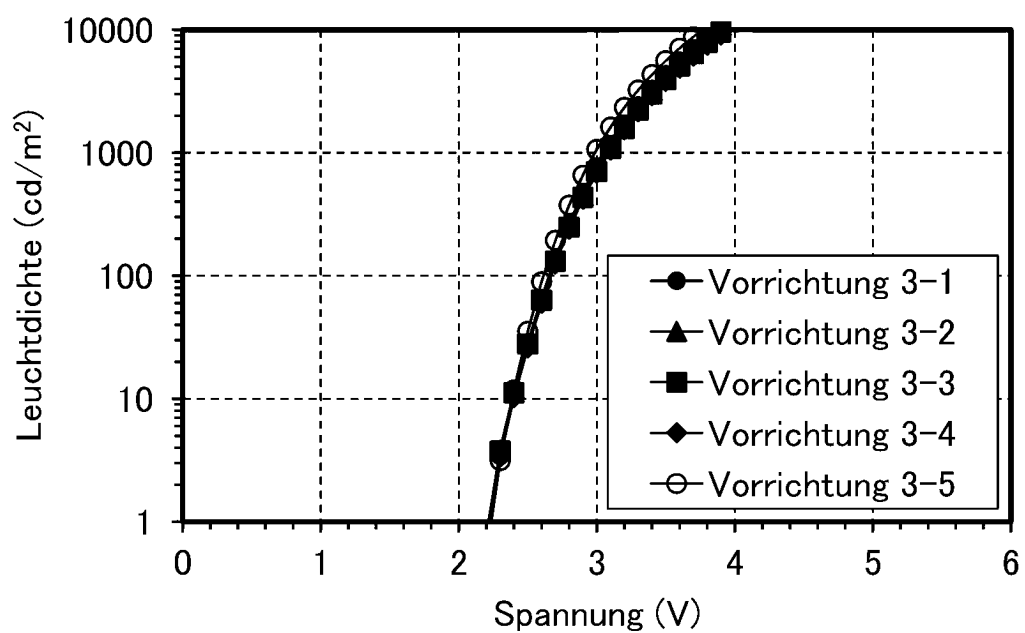


FIG. 41

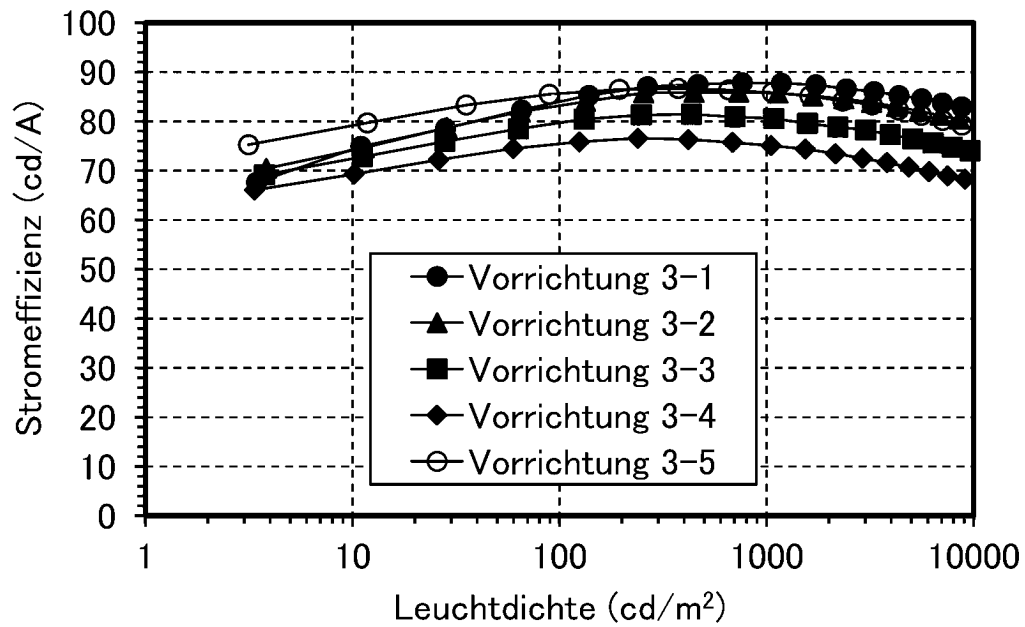


FIG. 42

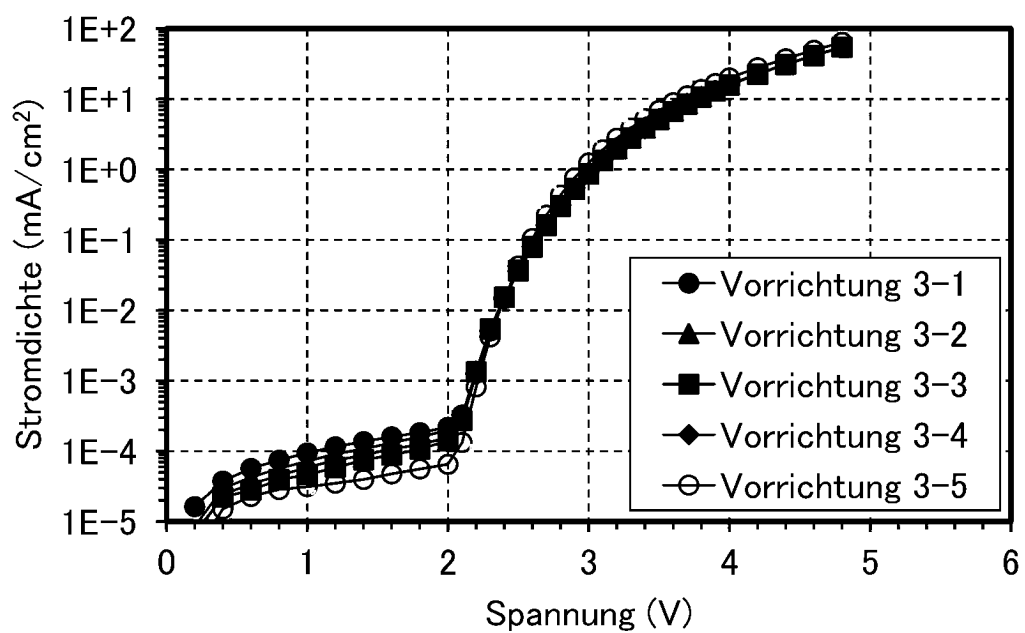


FIG. 43

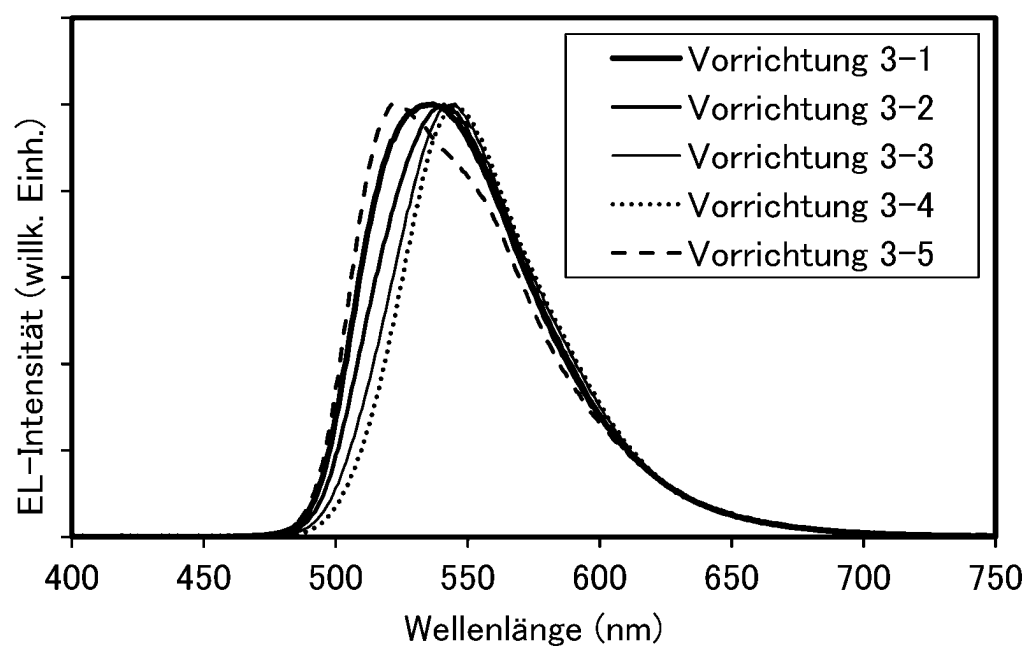


FIG. 44

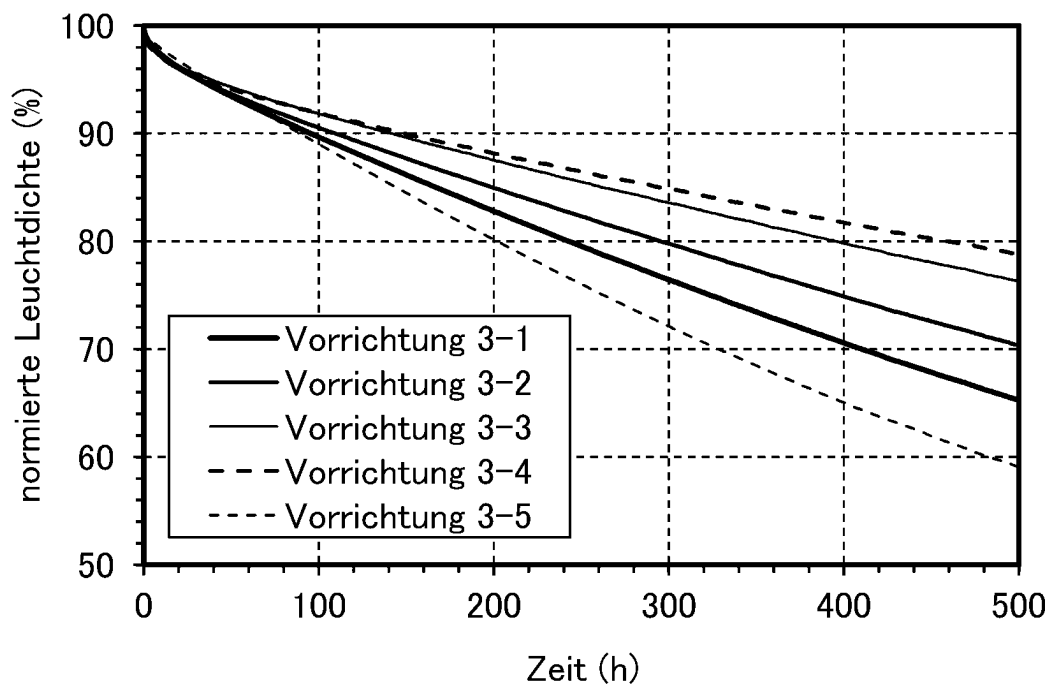


FIG. 45

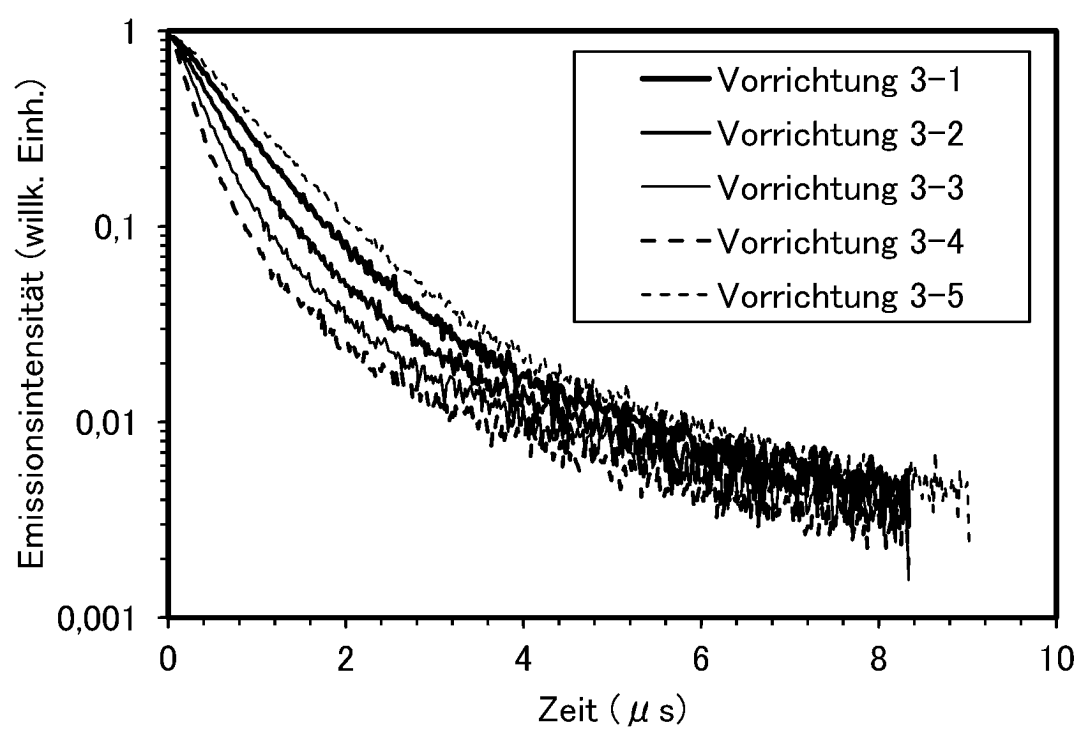


FIG. 46

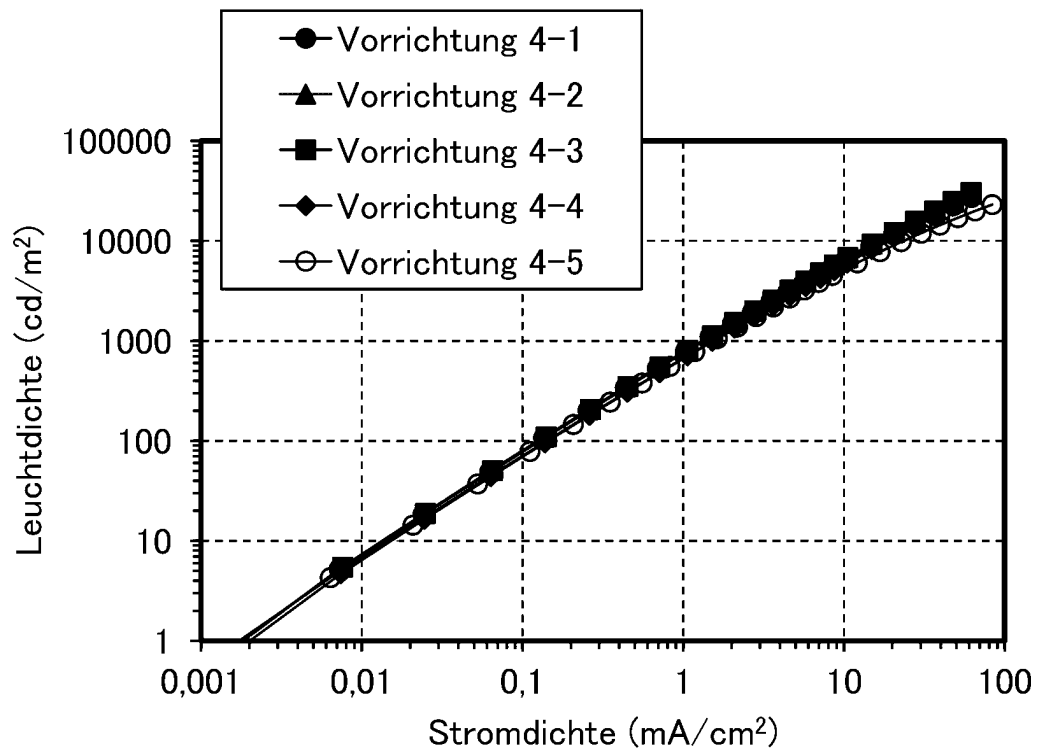


FIG. 47

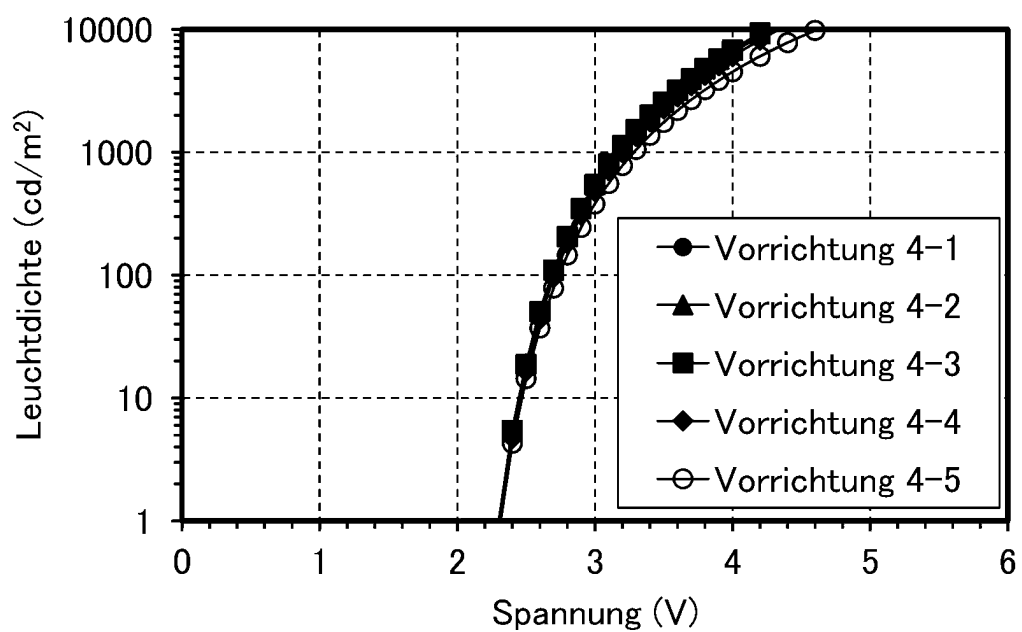


FIG. 48

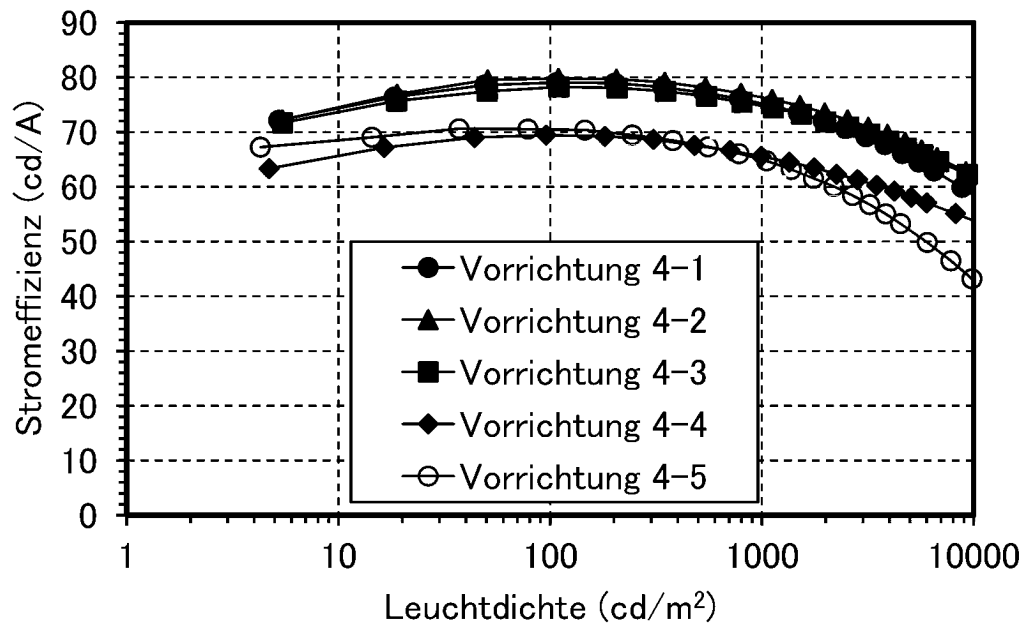


FIG. 49

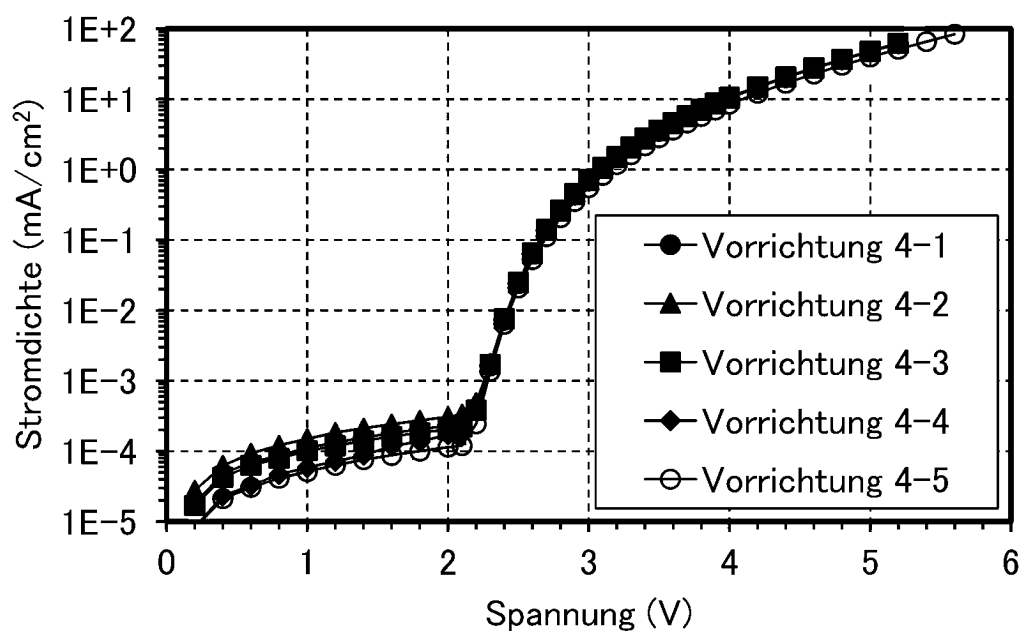


FIG. 50

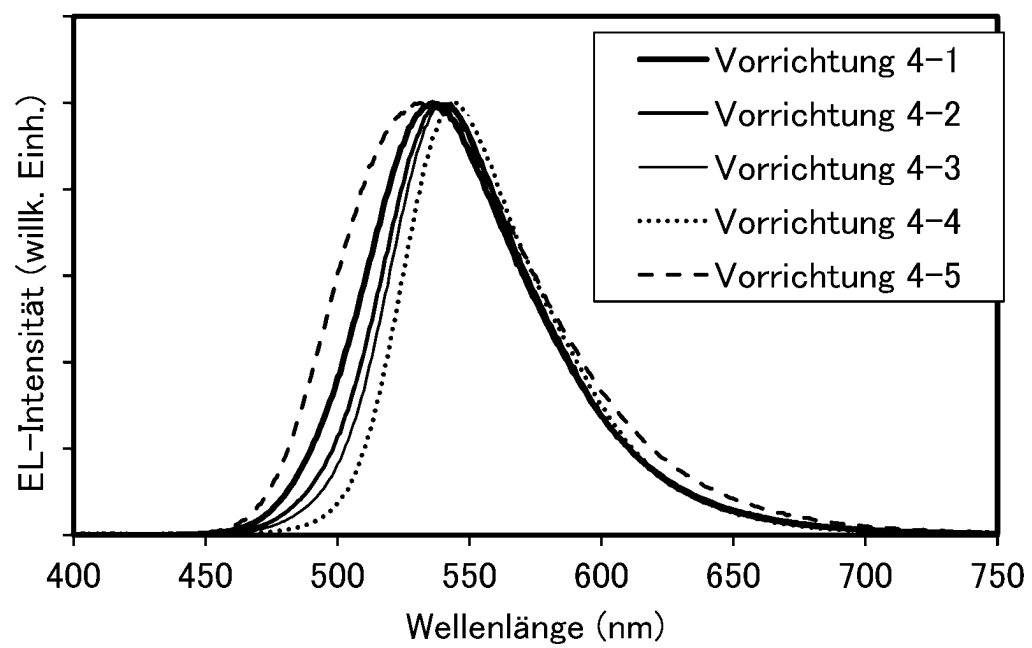


FIG. 51

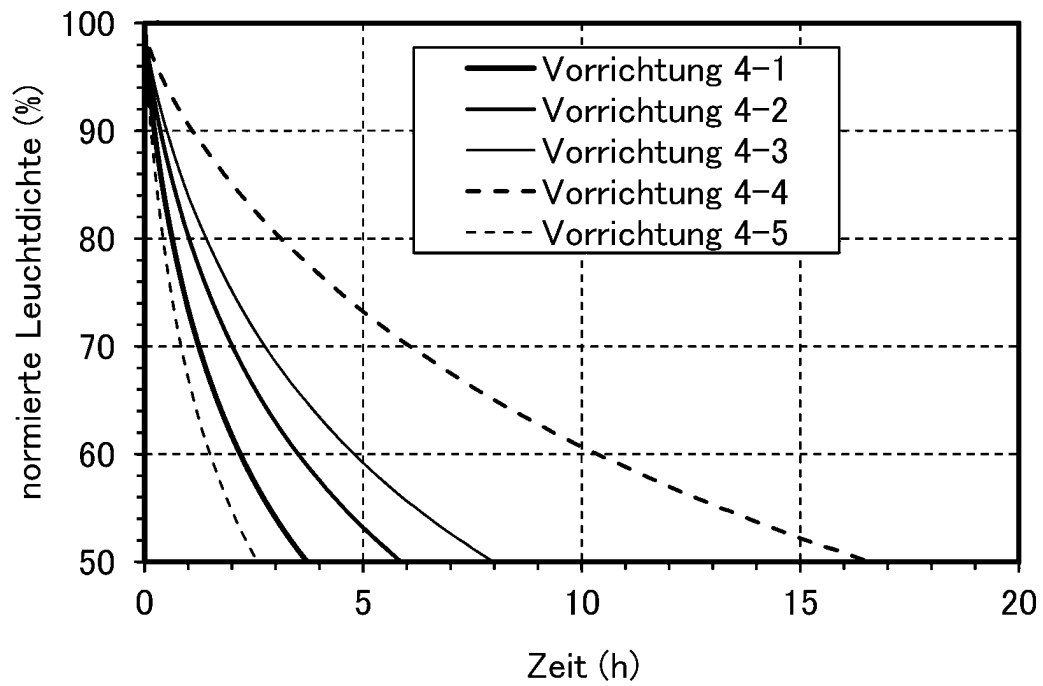


FIG. 52

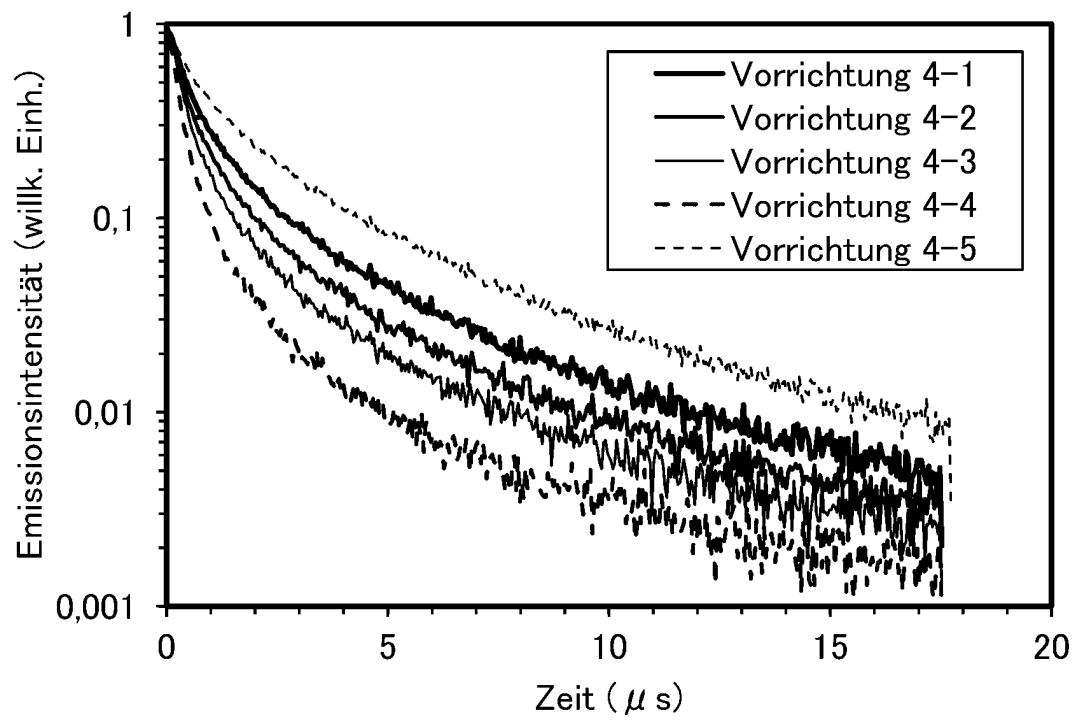


FIG. 53

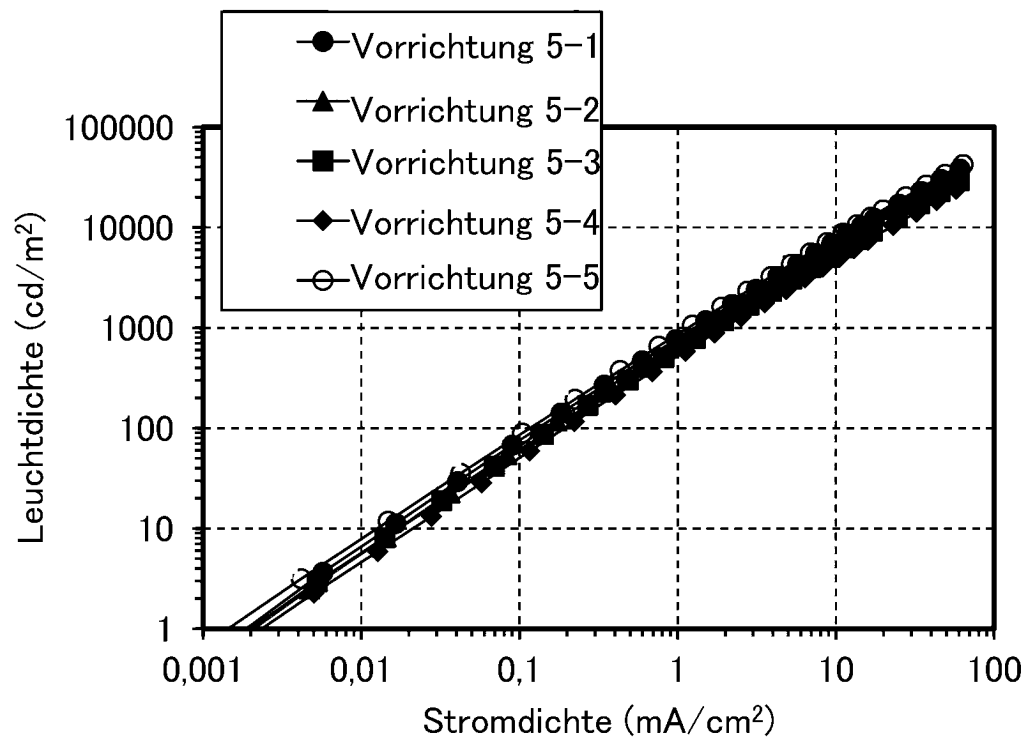


FIG. 54

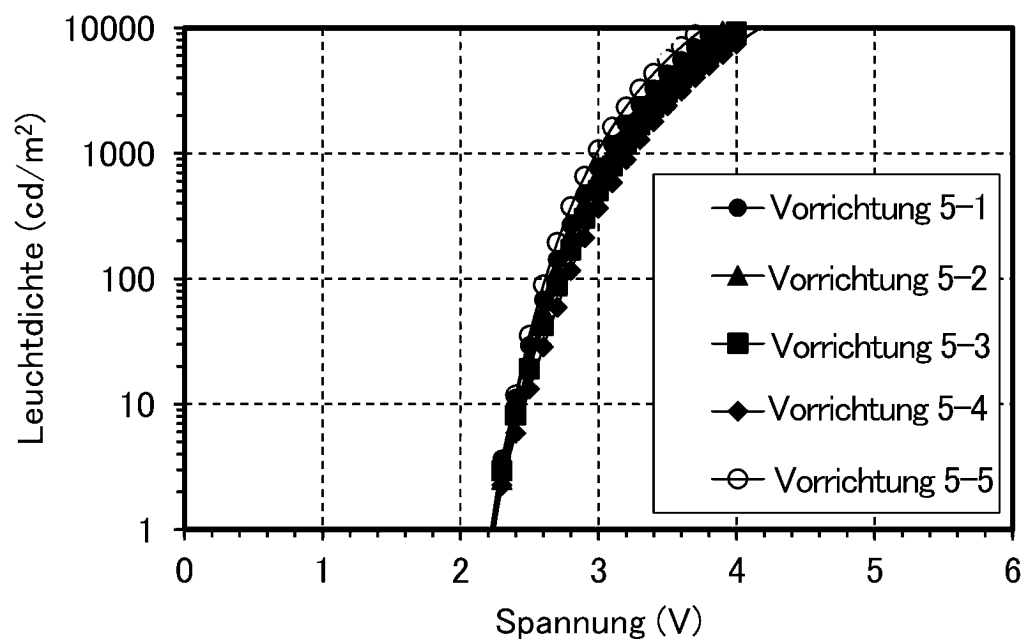


FIG. 55

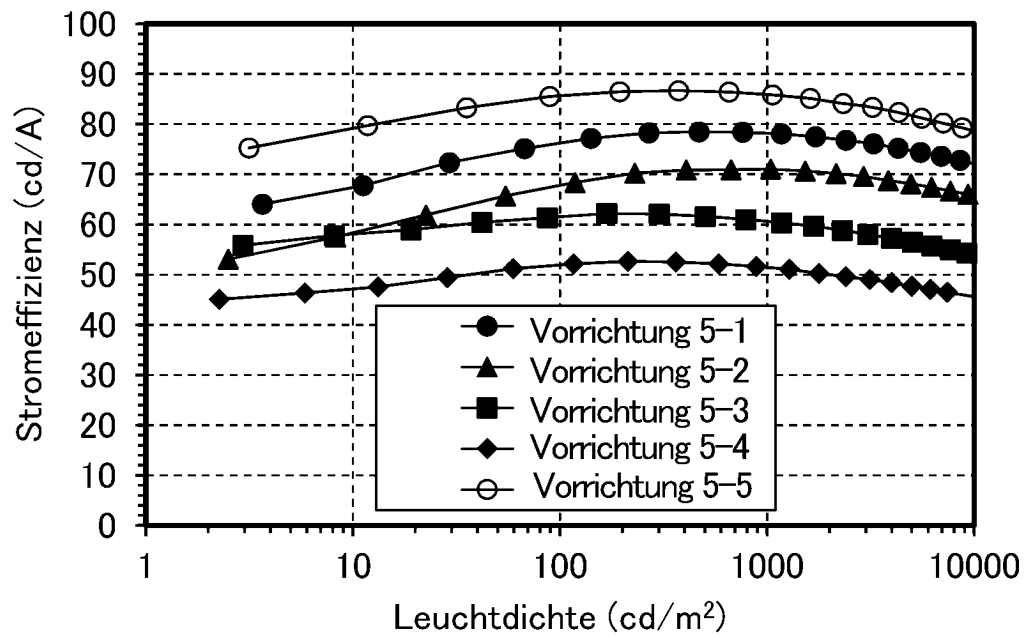


FIG. 56

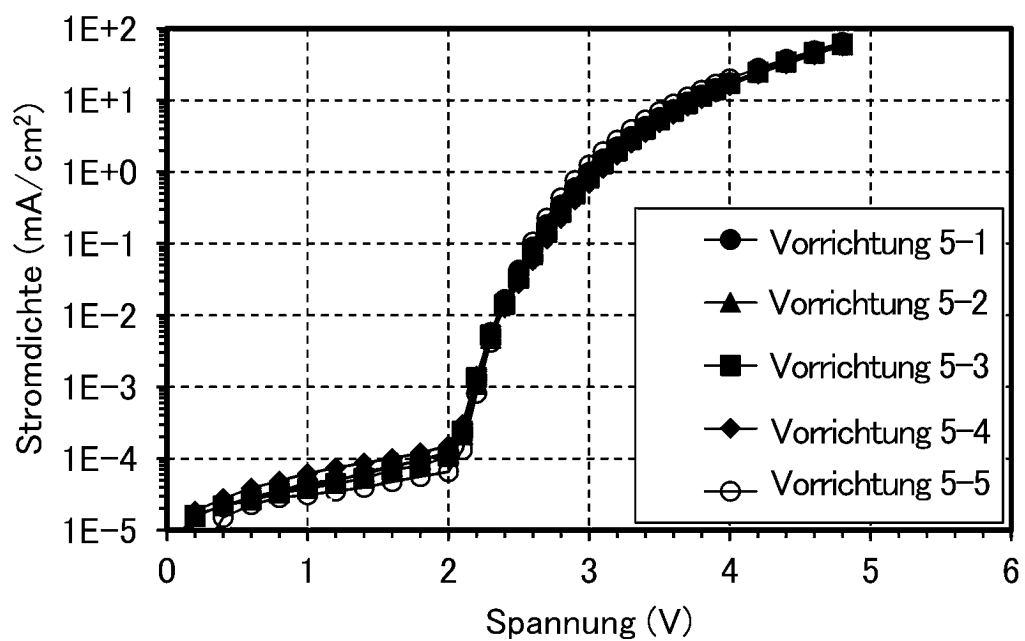


FIG. 57

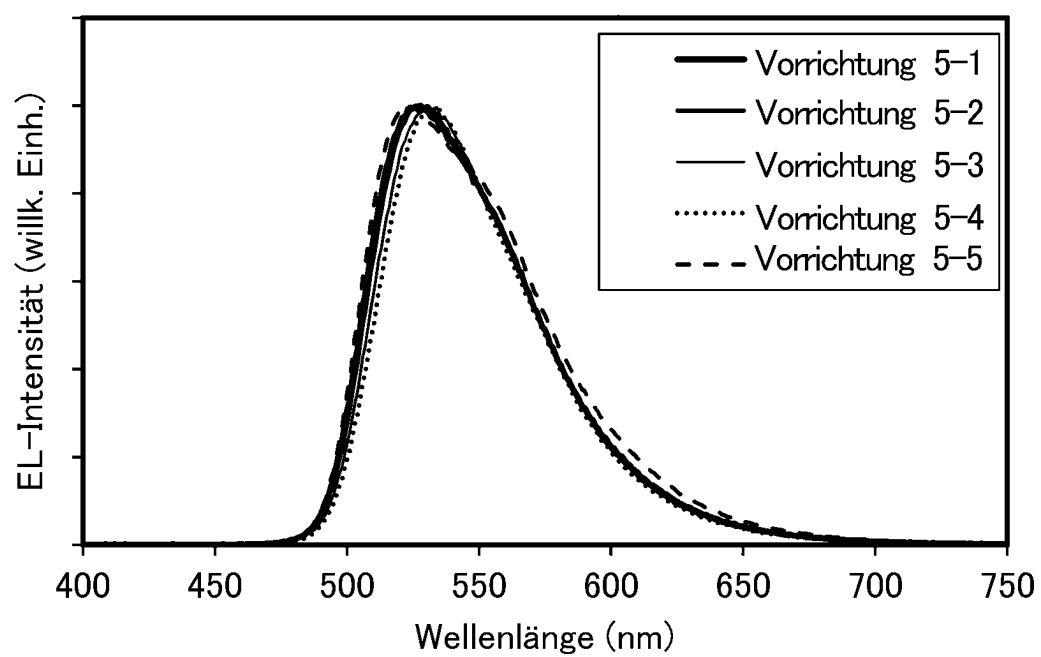


FIG. 58

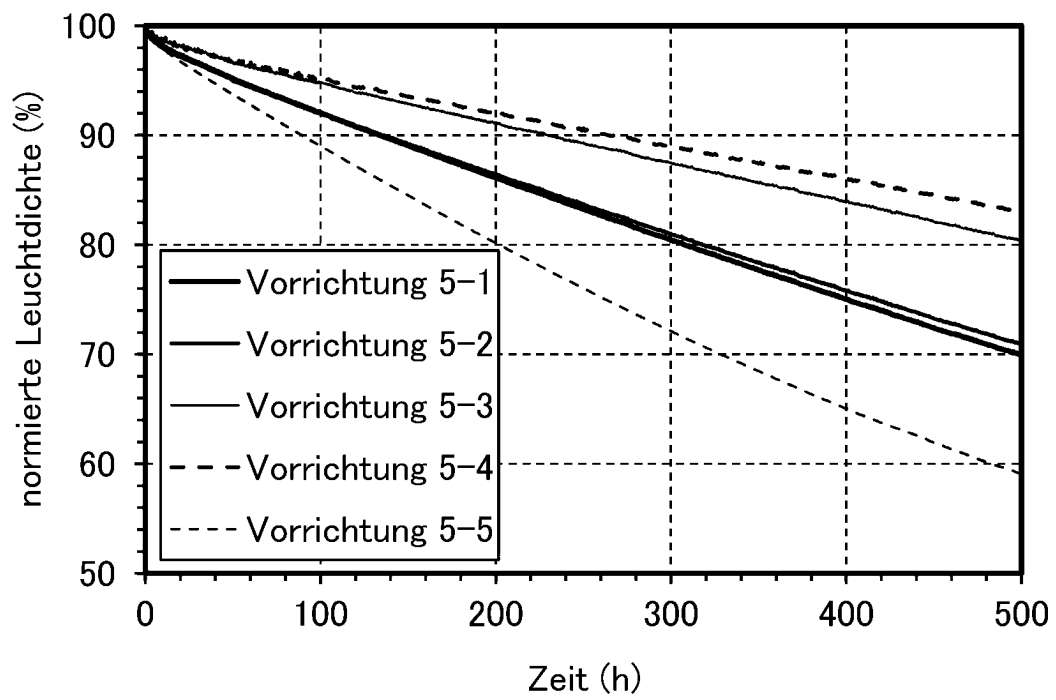


FIG. 59

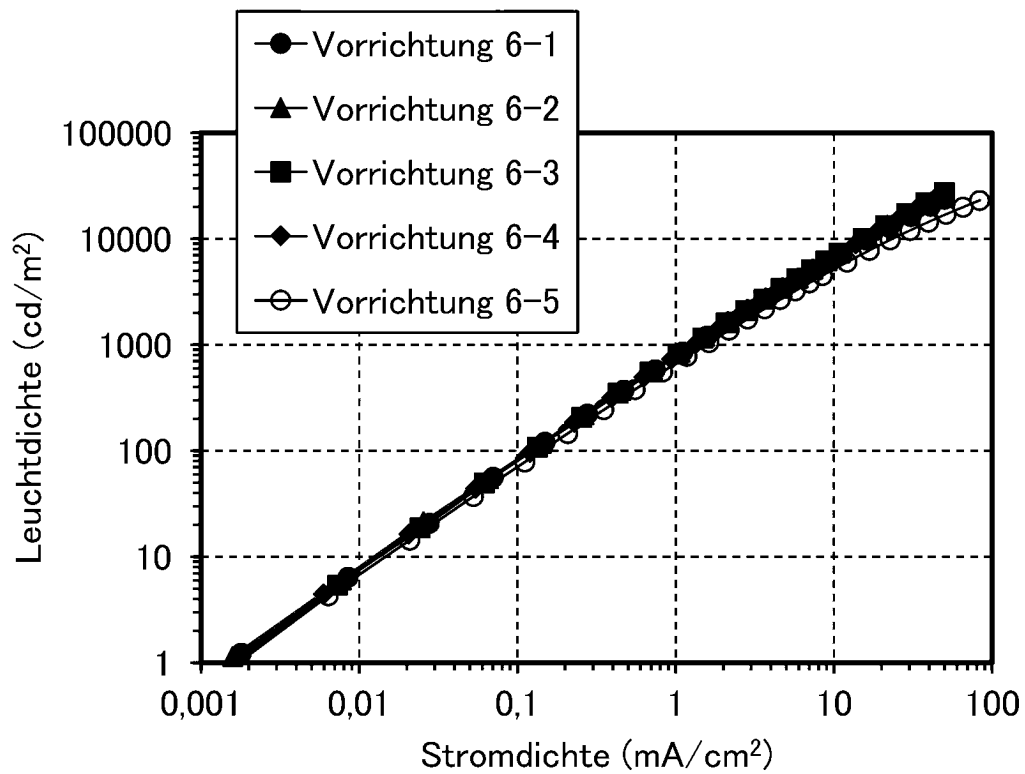


FIG. 60

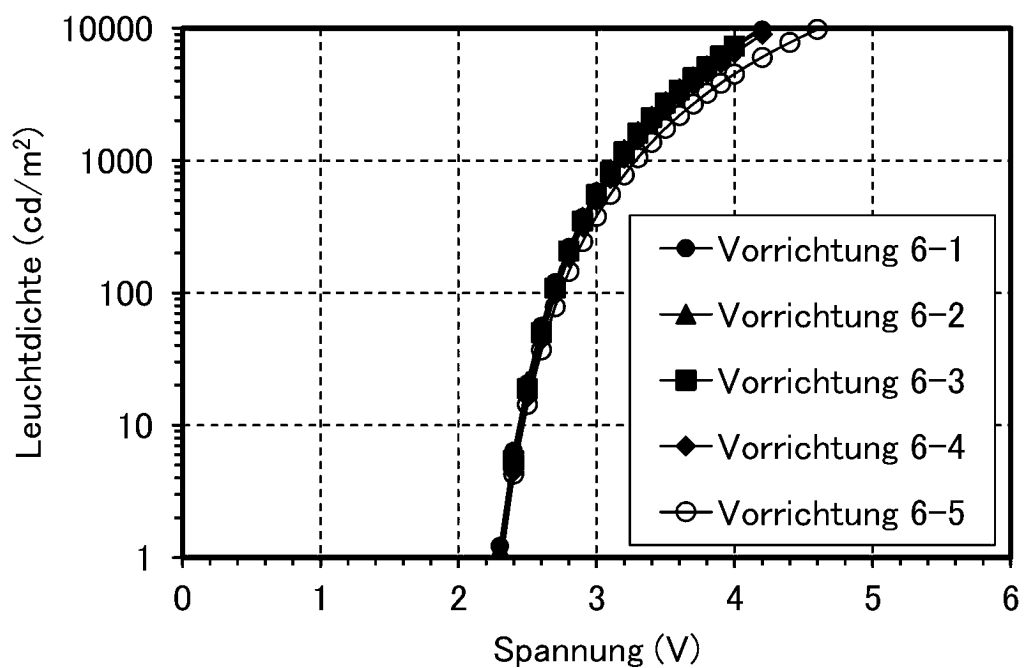


FIG. 61

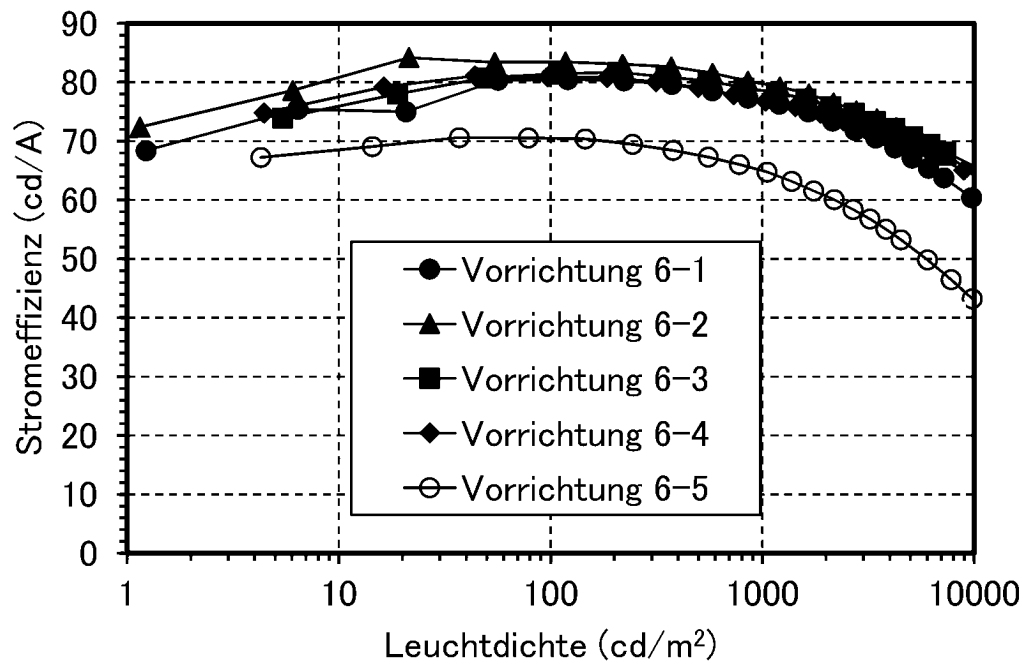


FIG. 62

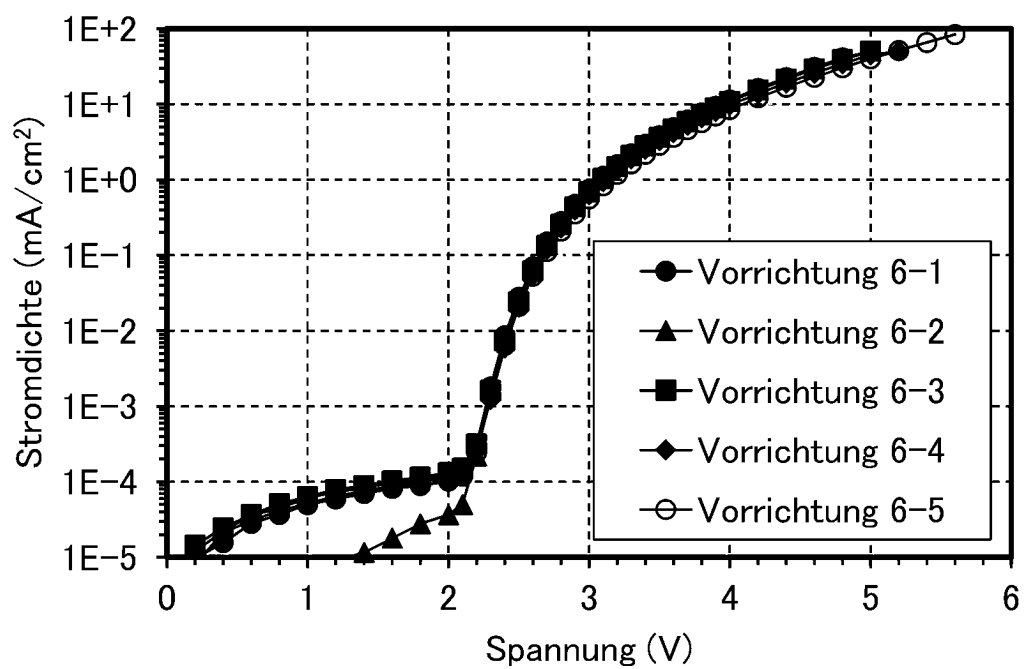


FIG. 63

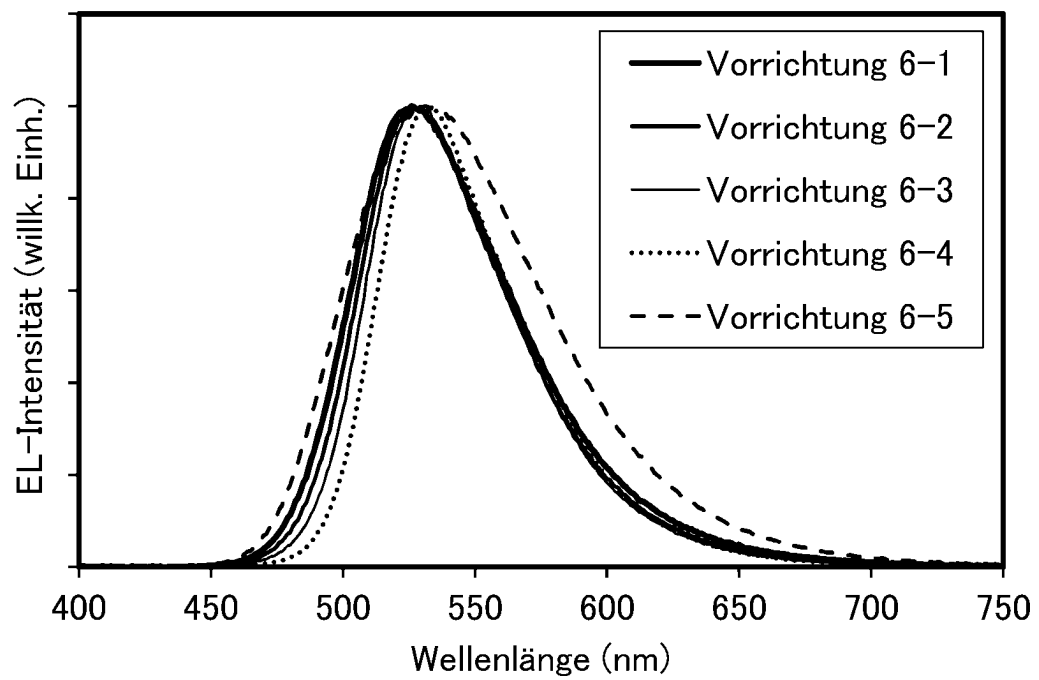


FIG. 64

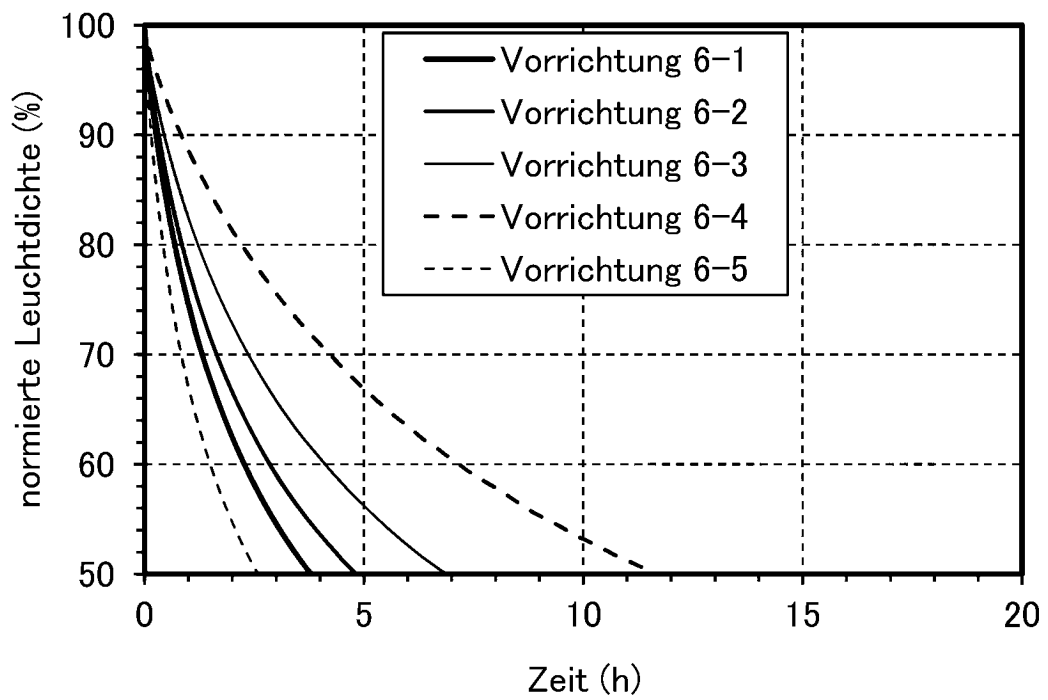


FIG. 65

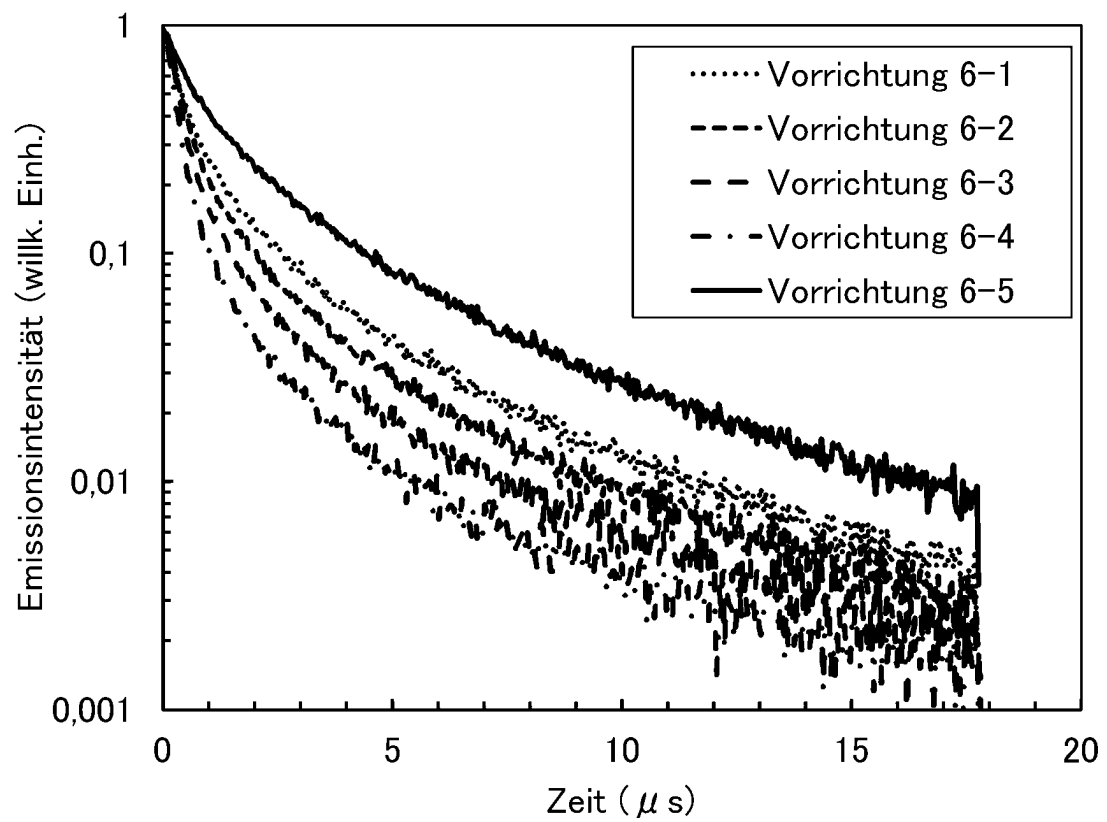


FIG. 66

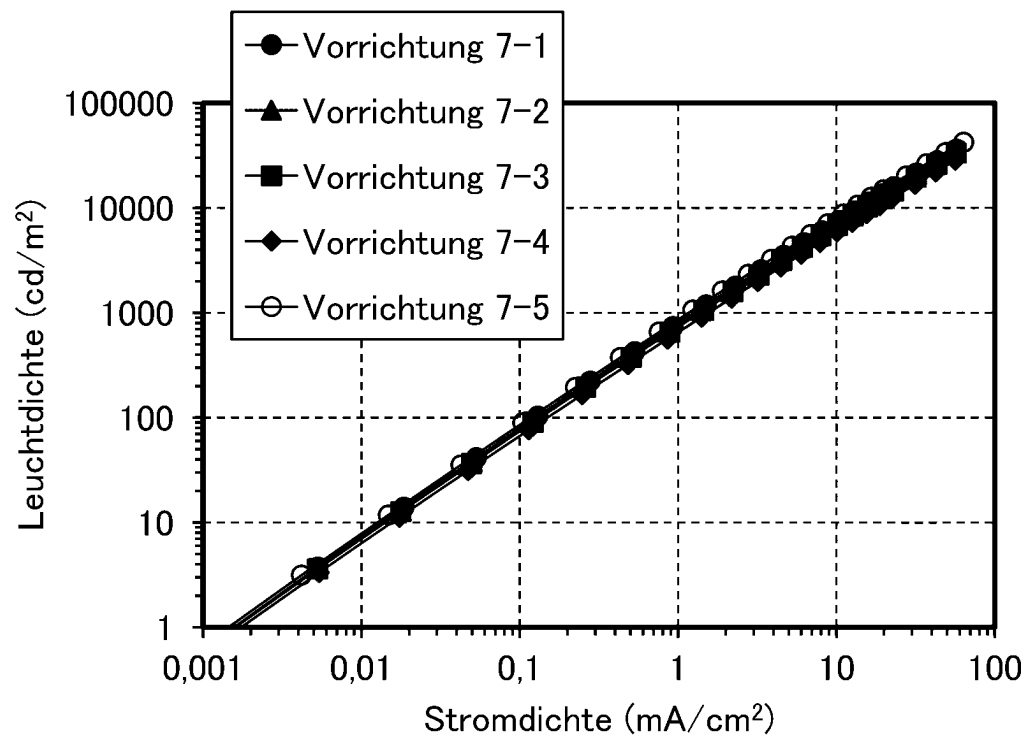


FIG. 67

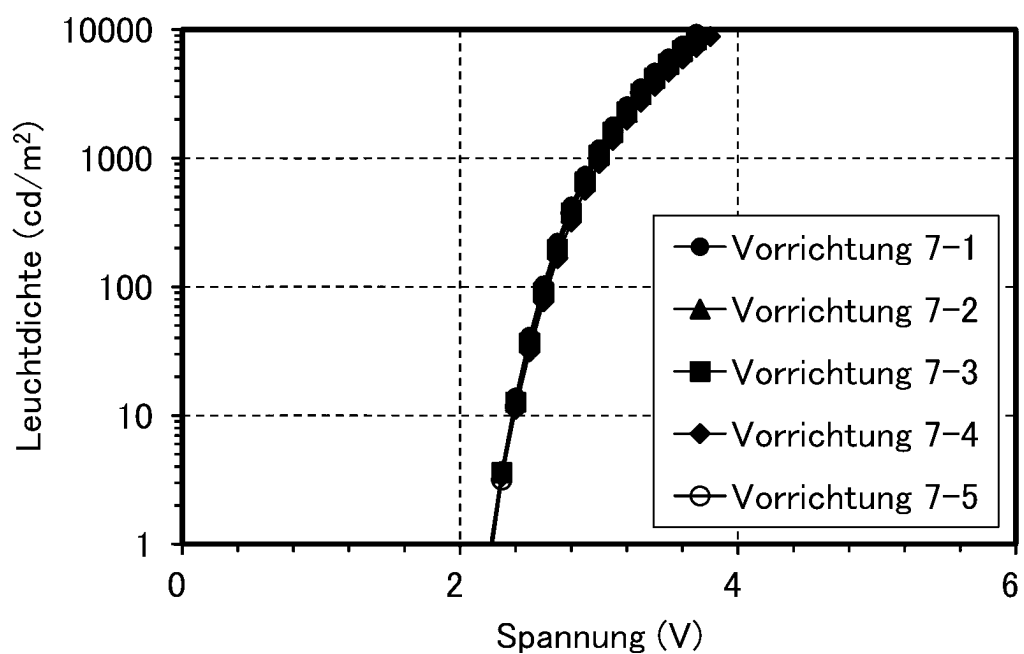


FIG. 68

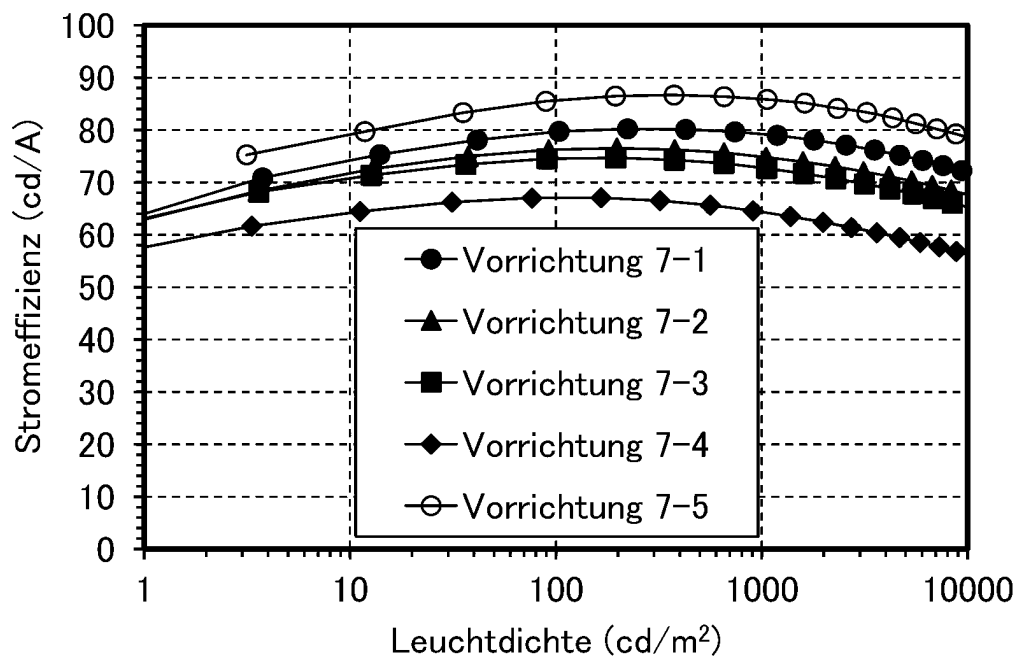


FIG. 69

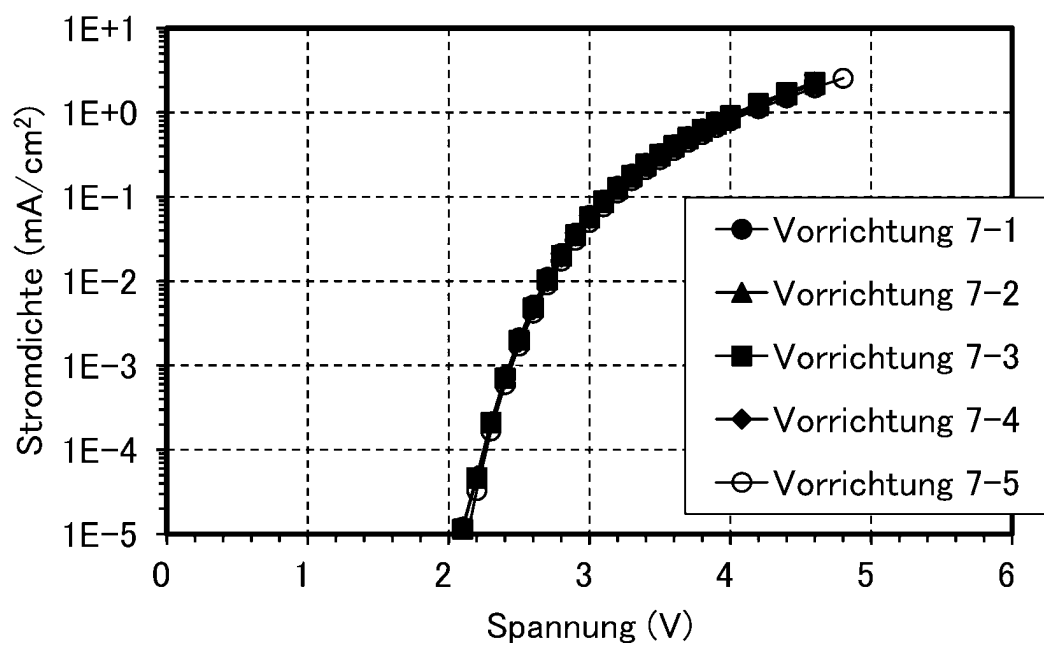


FIG. 70

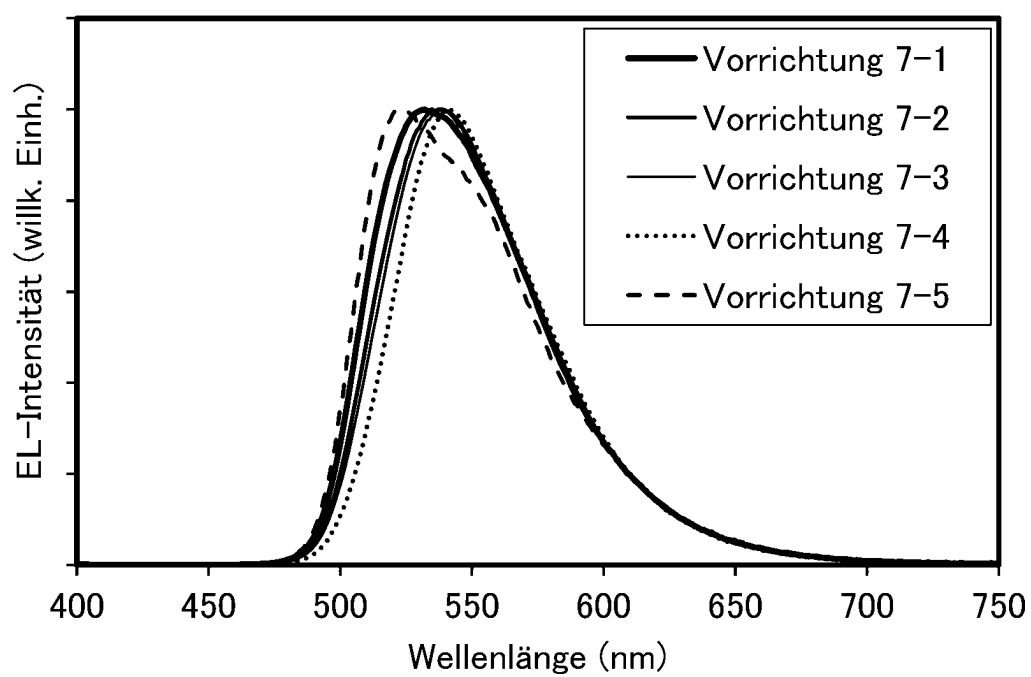


FIG. 71

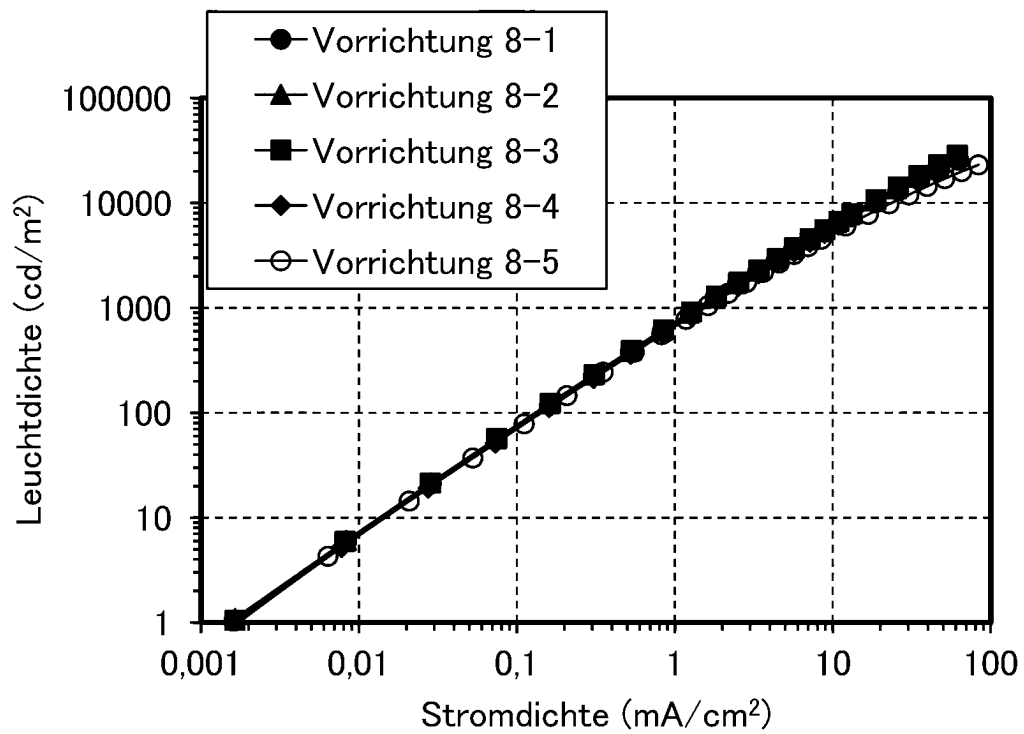


FIG. 72

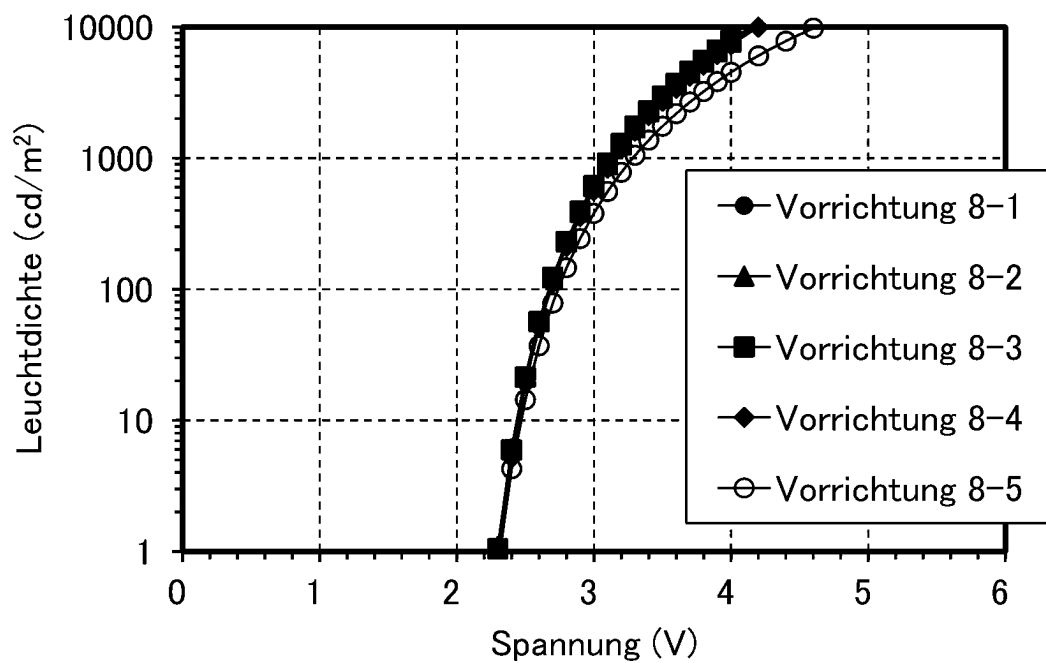


FIG. 73

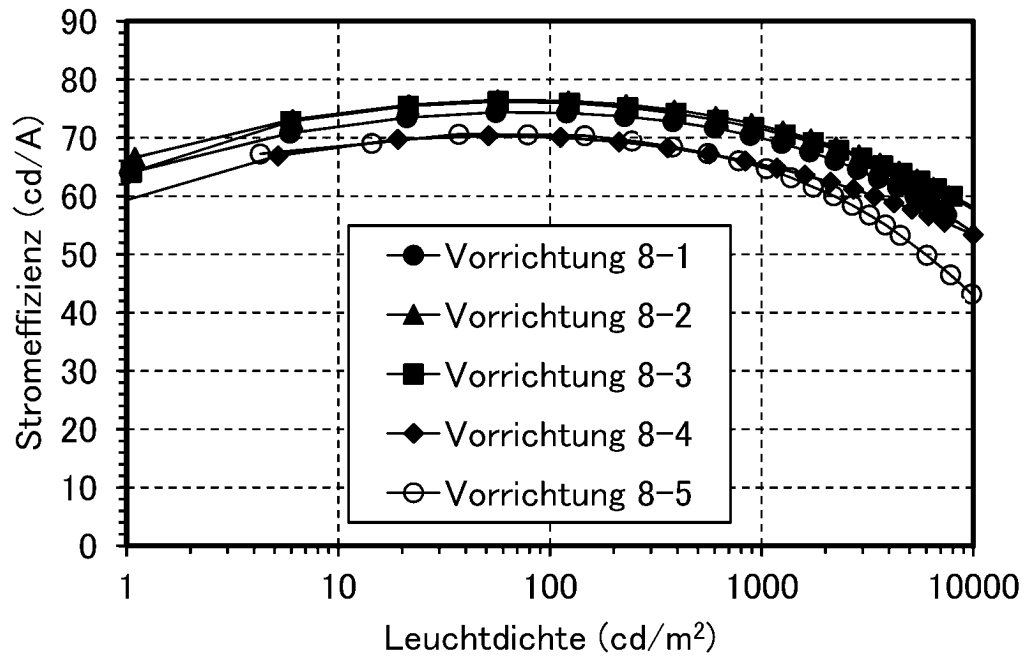


FIG. 74

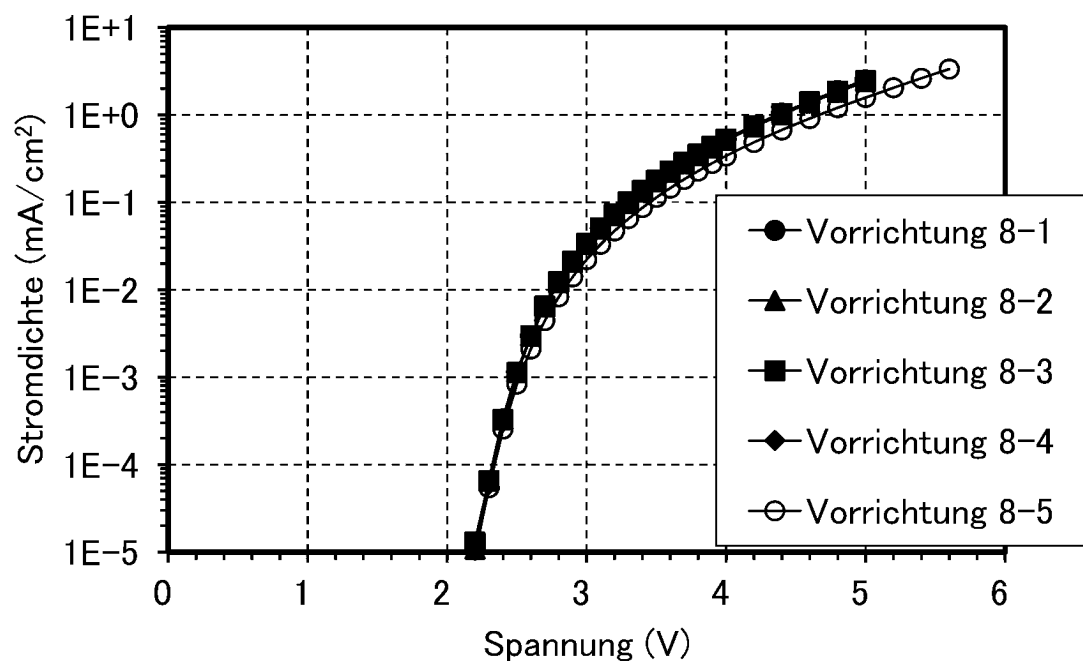


FIG. 75

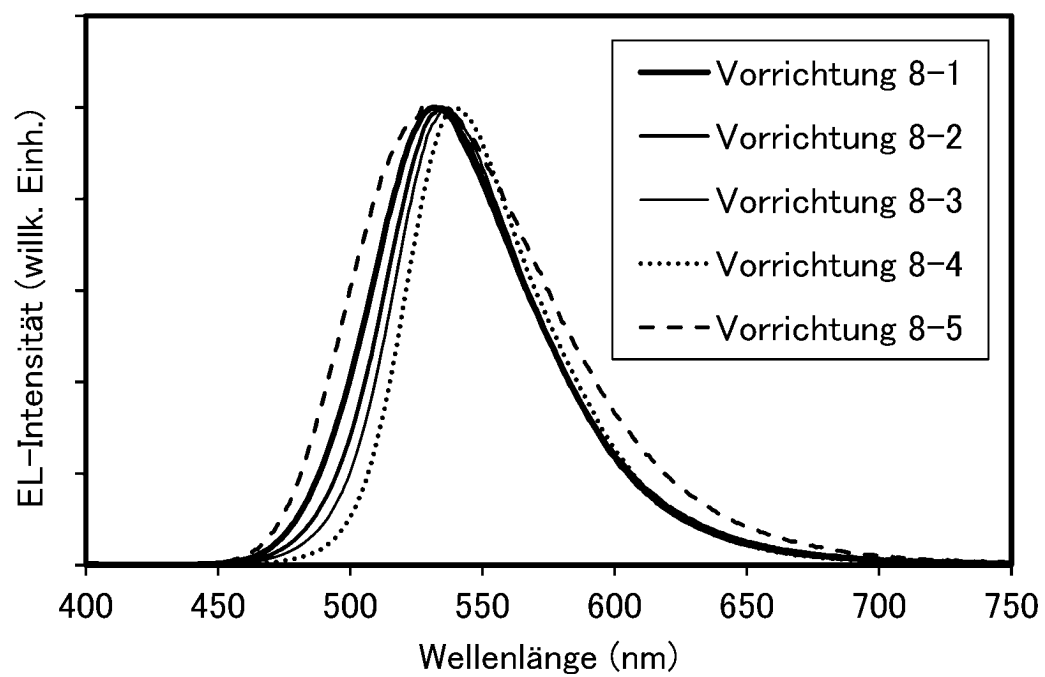


FIG. 76

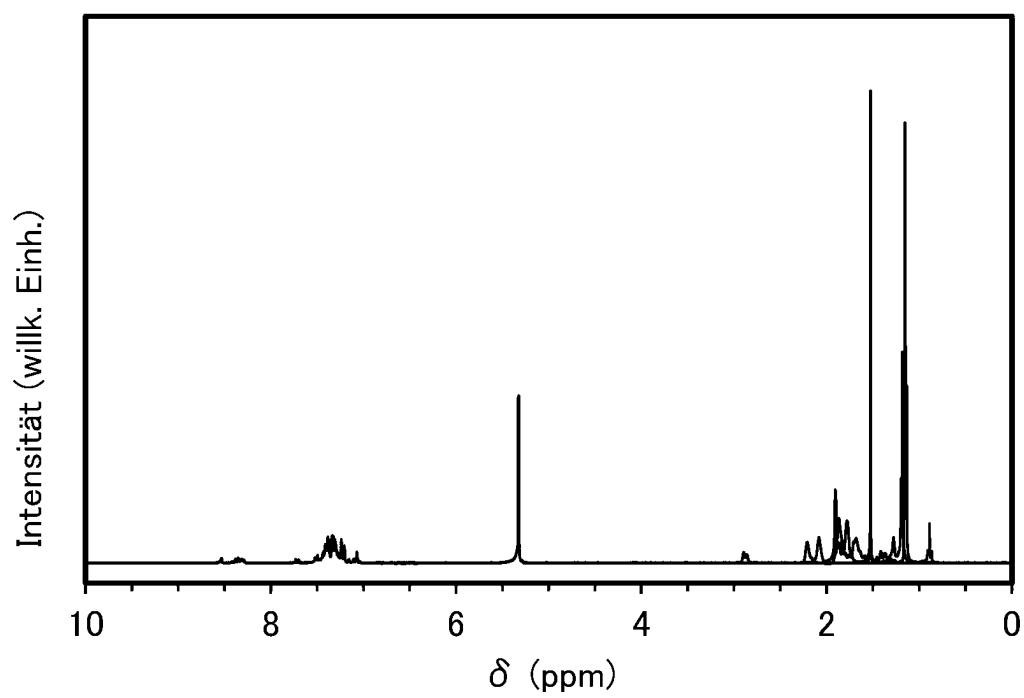


FIG. 77

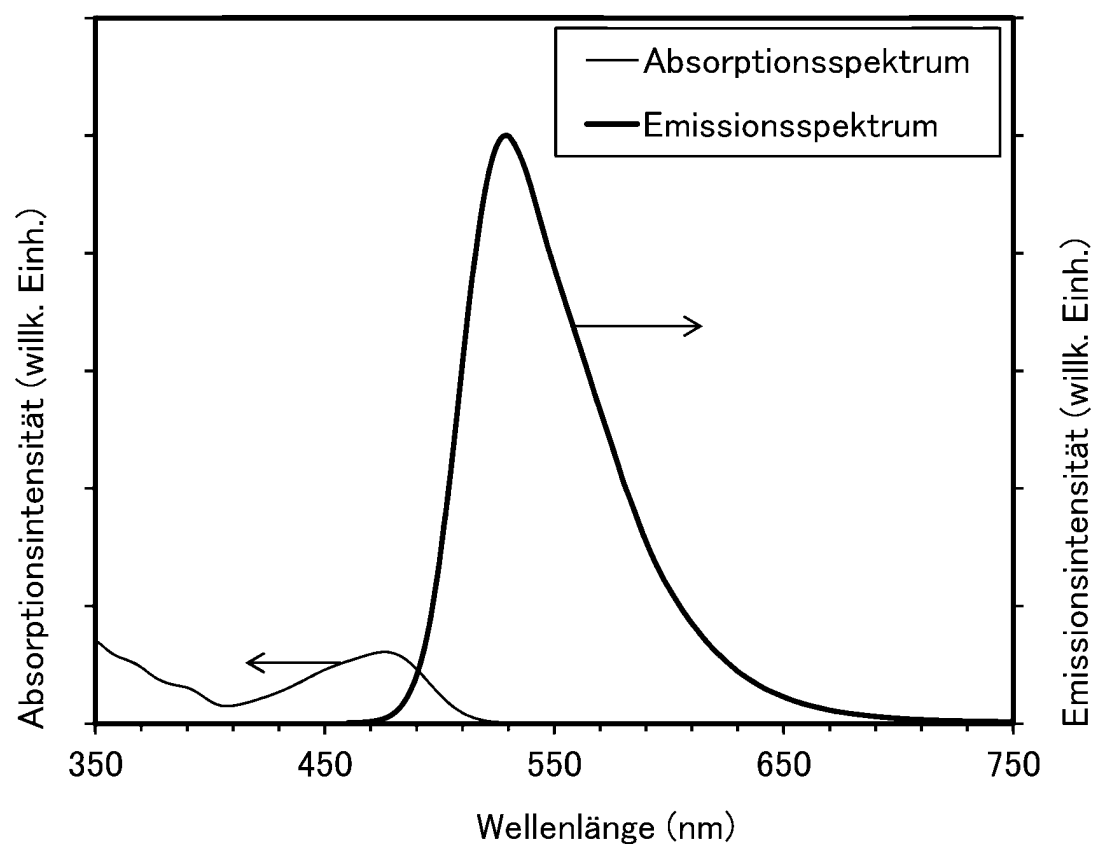


FIG. 78

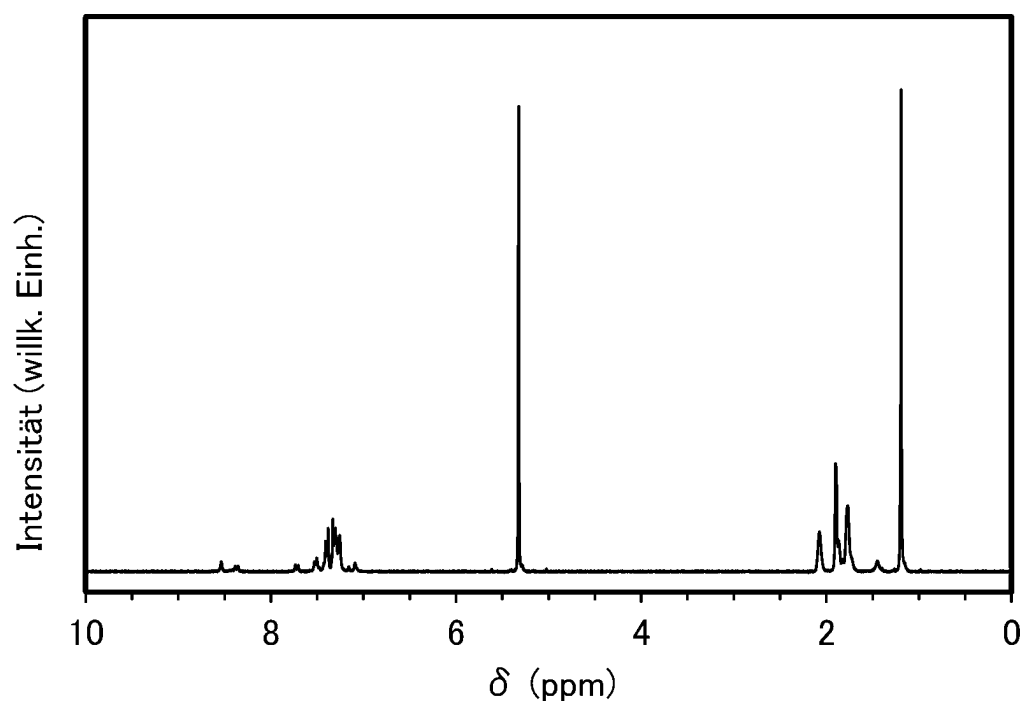


FIG. 79

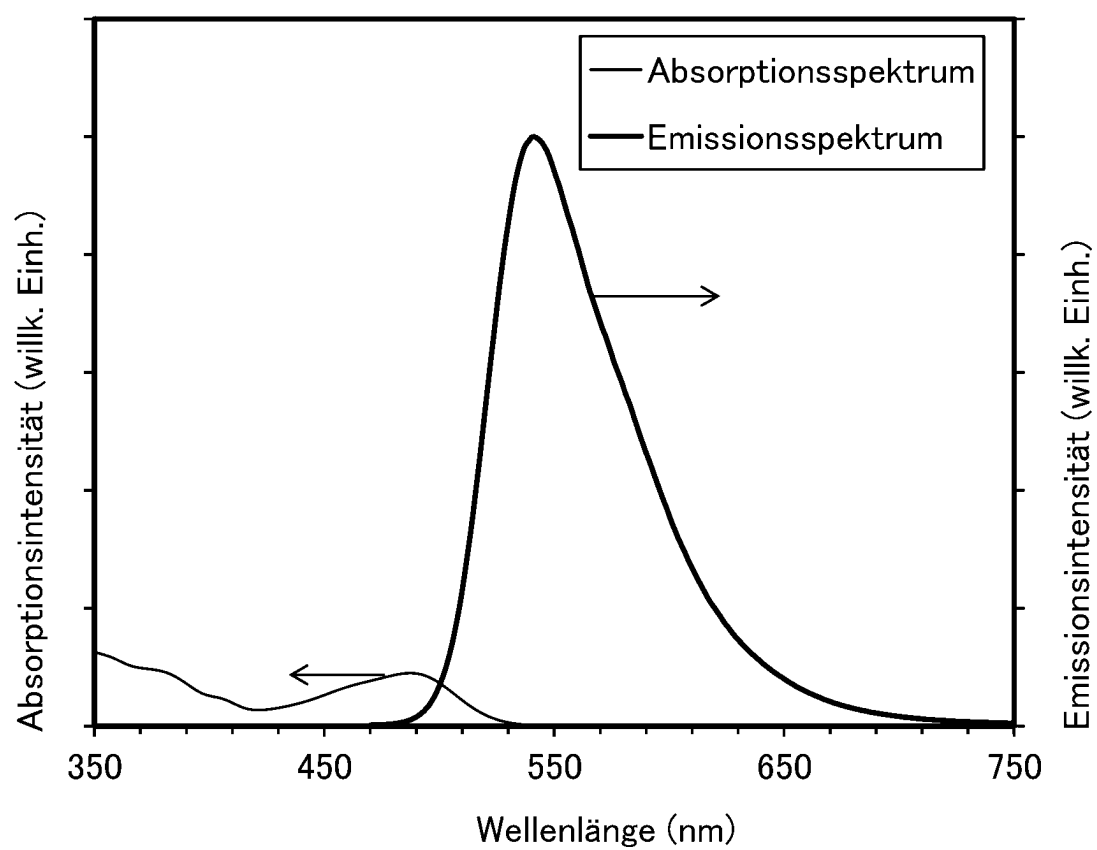


FIG. 80

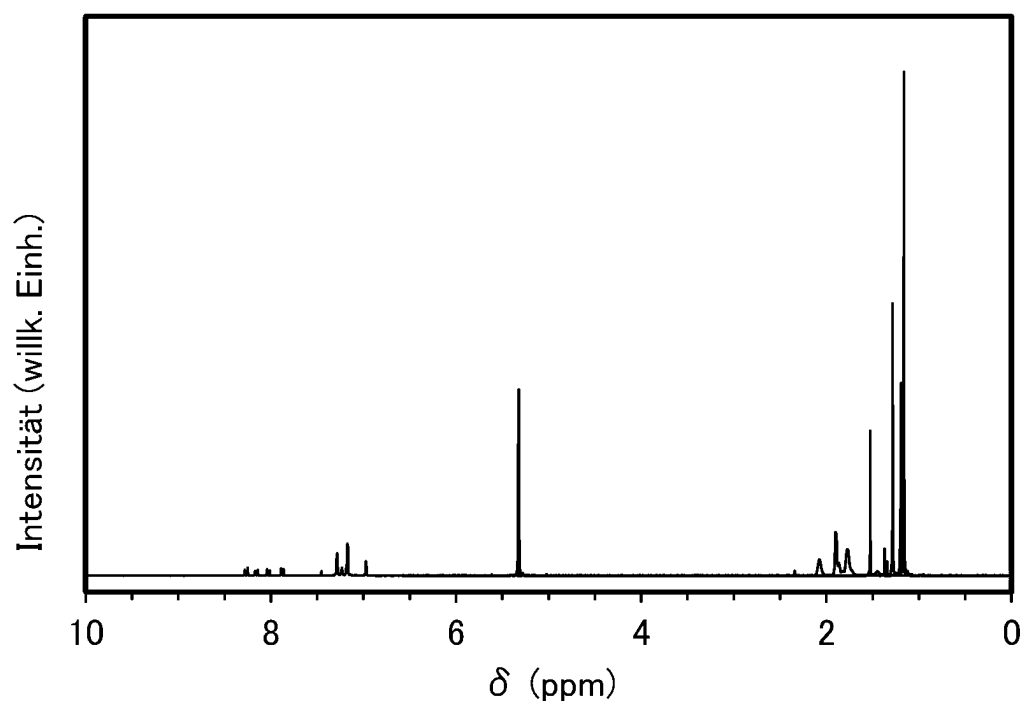


FIG. 81

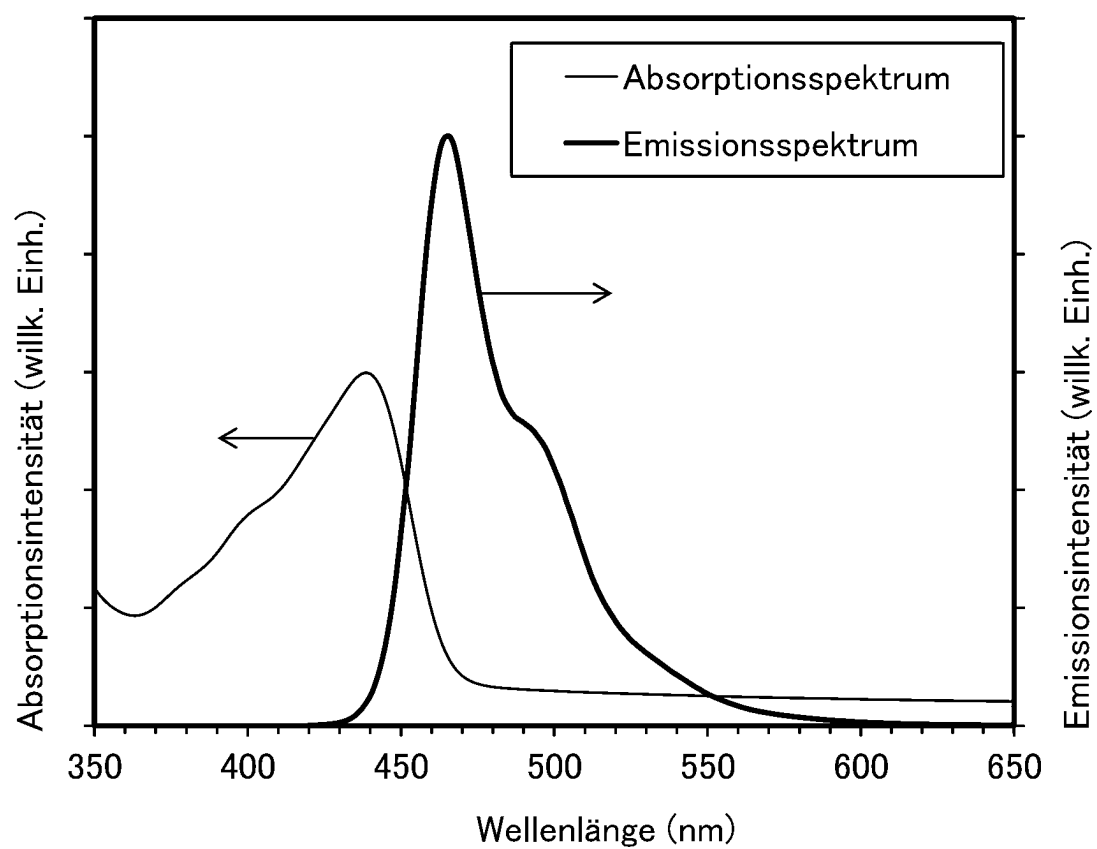


FIG. 82

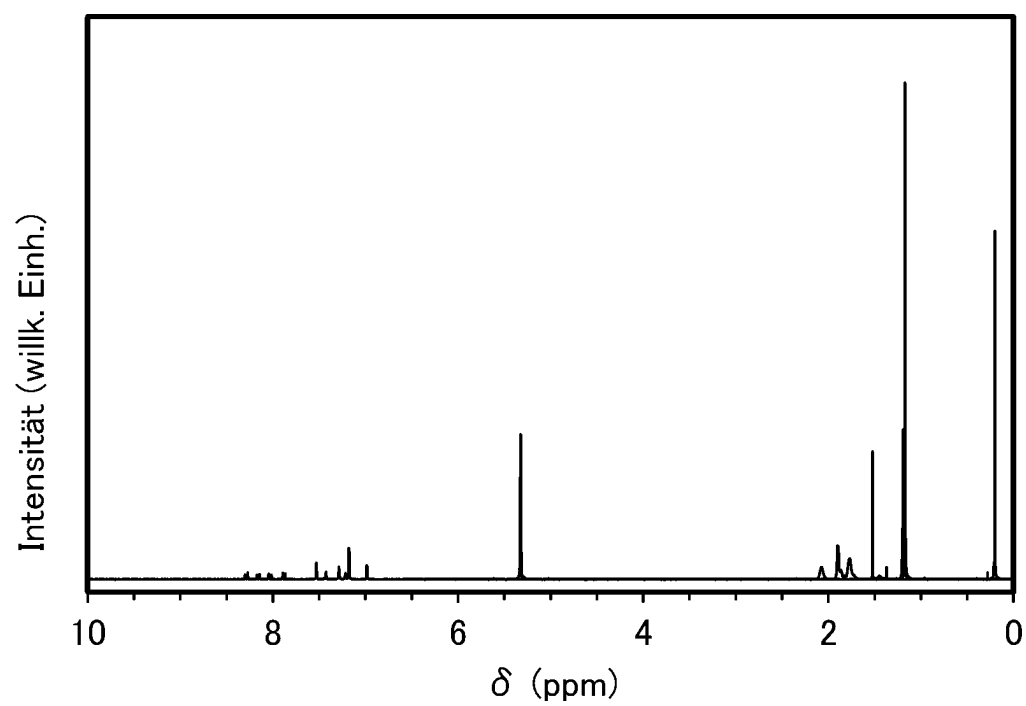


FIG. 83

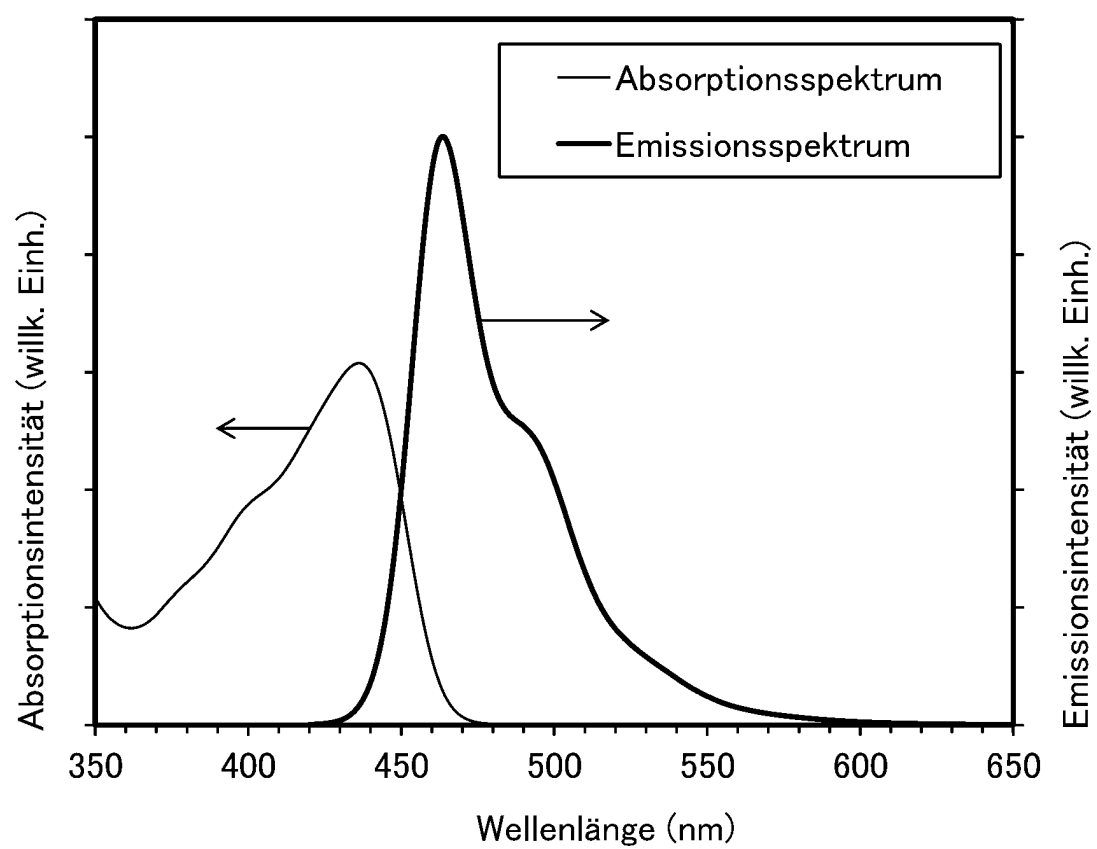


FIG. 84

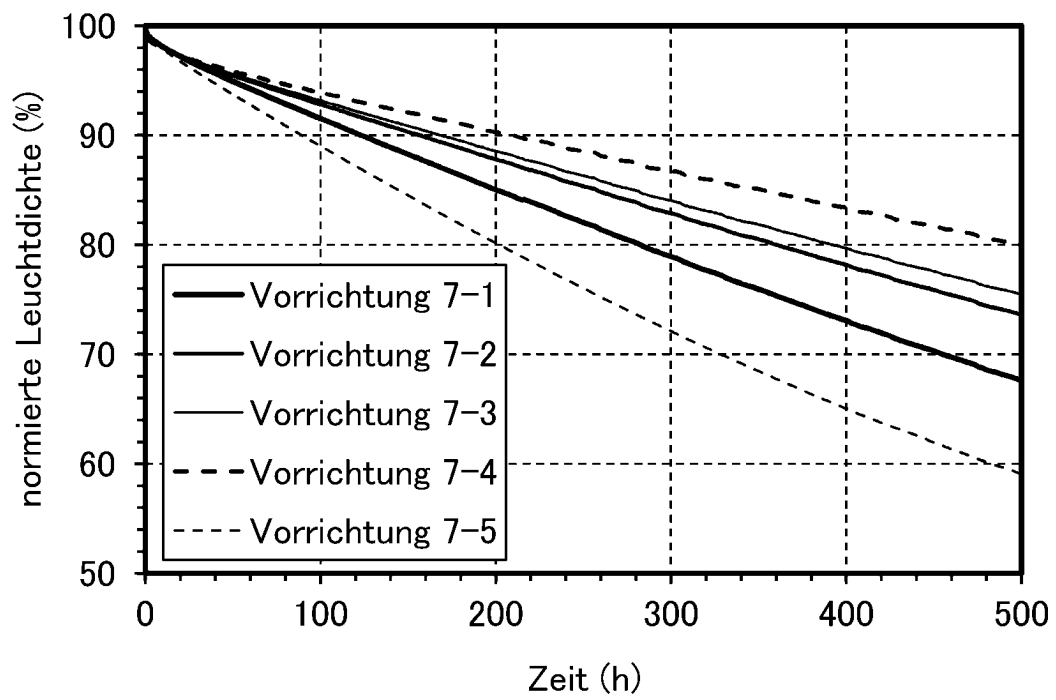


FIG. 85

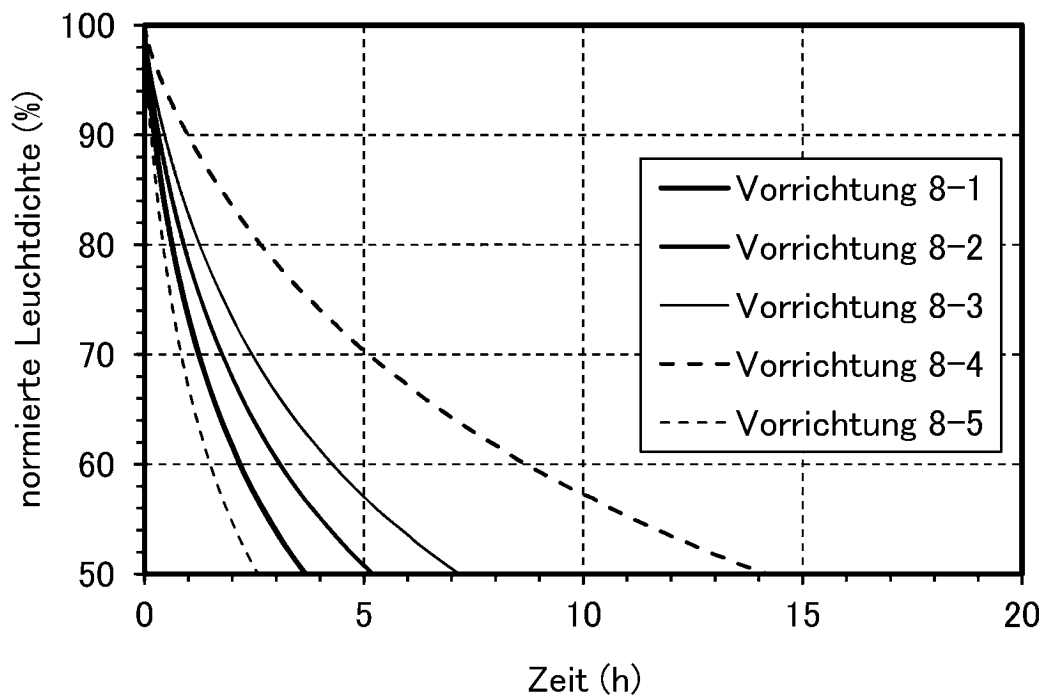


FIG. 86

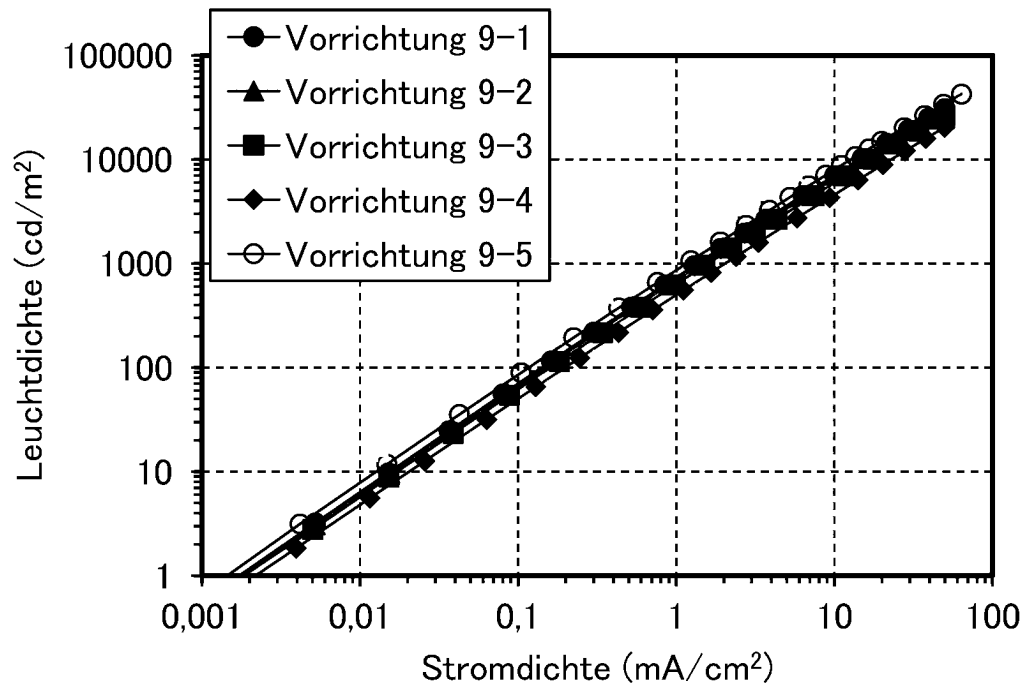


FIG. 87

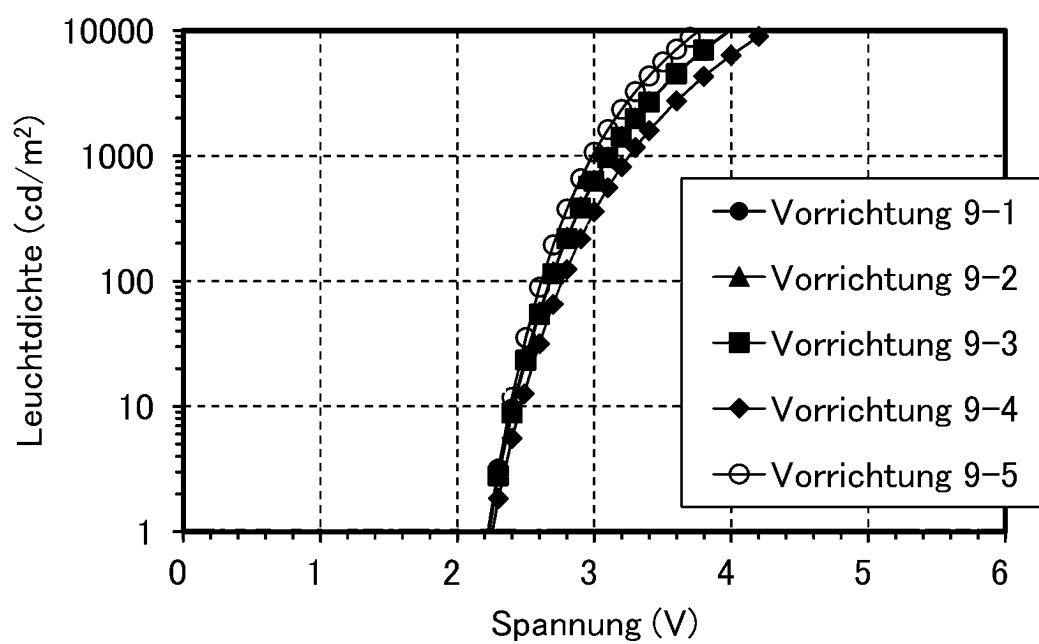


FIG. 88

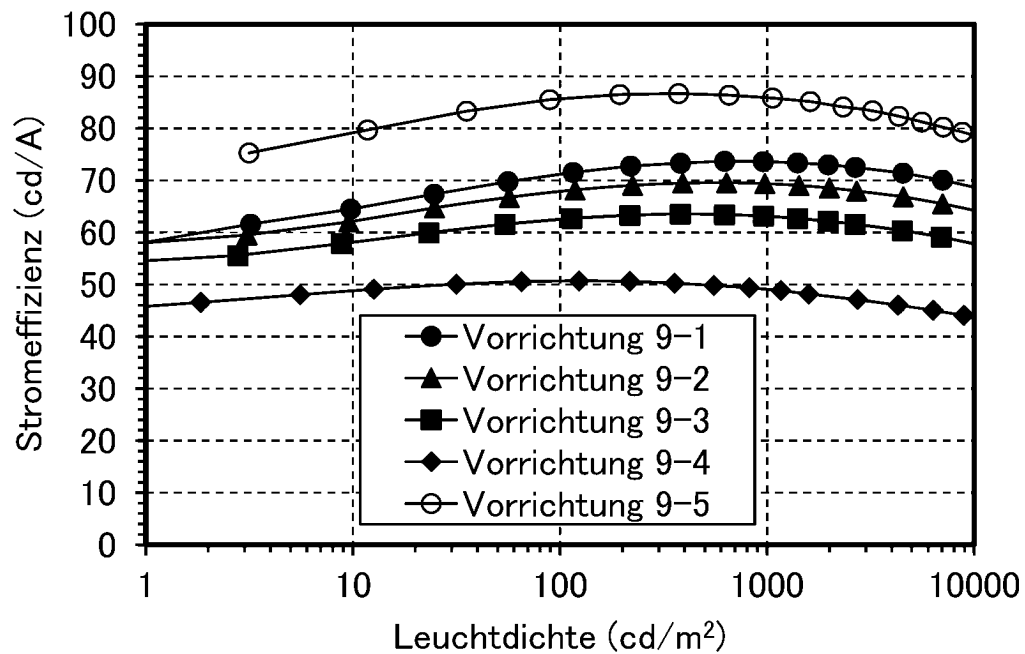


FIG. 89

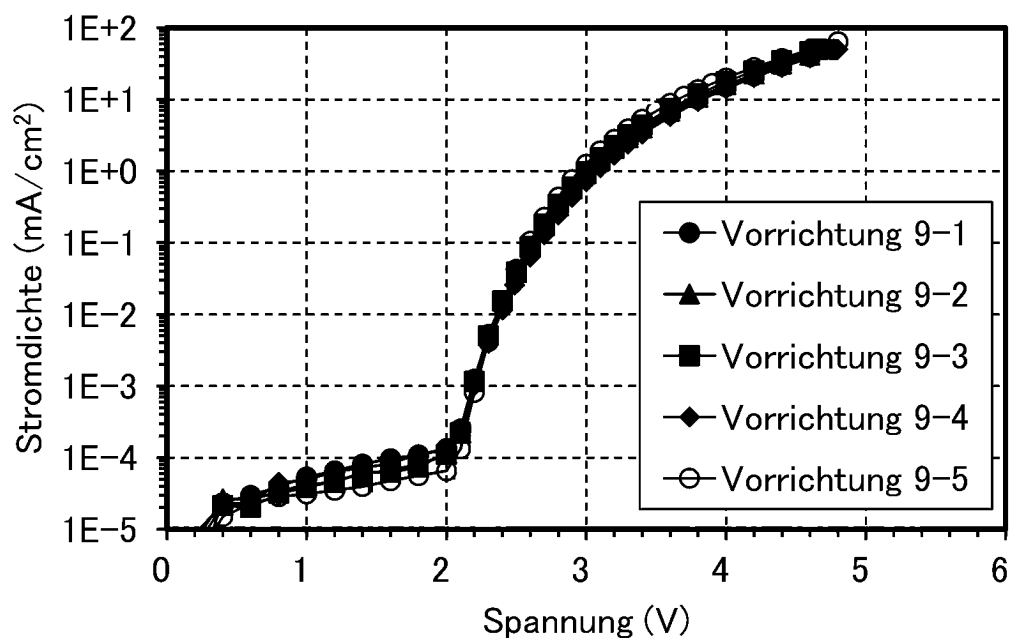


FIG. 90

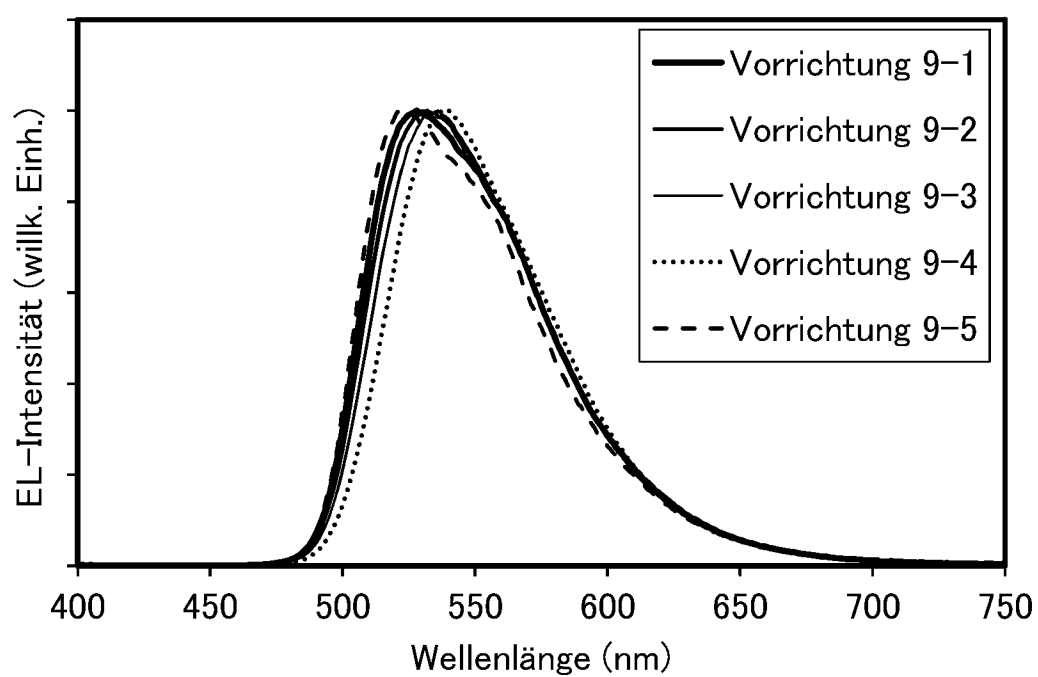


FIG. 91

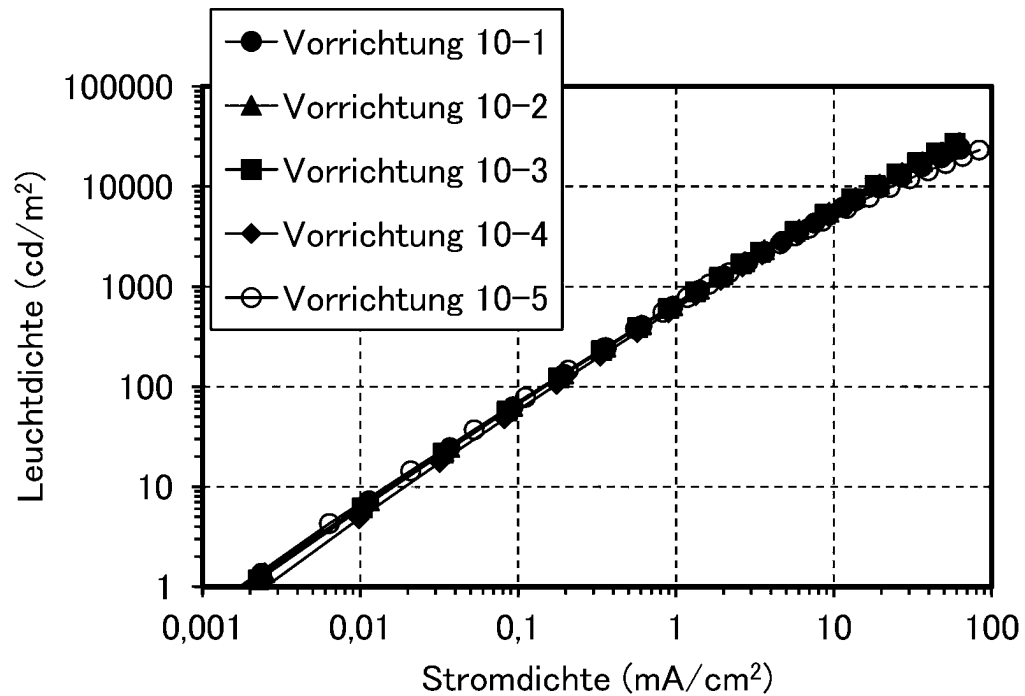


FIG. 92

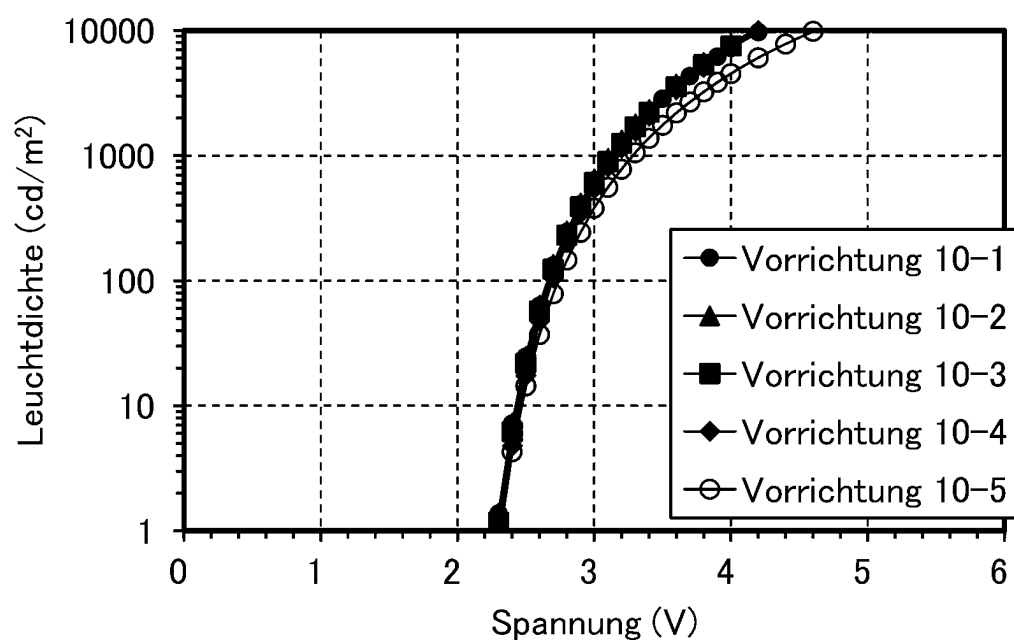


FIG. 93

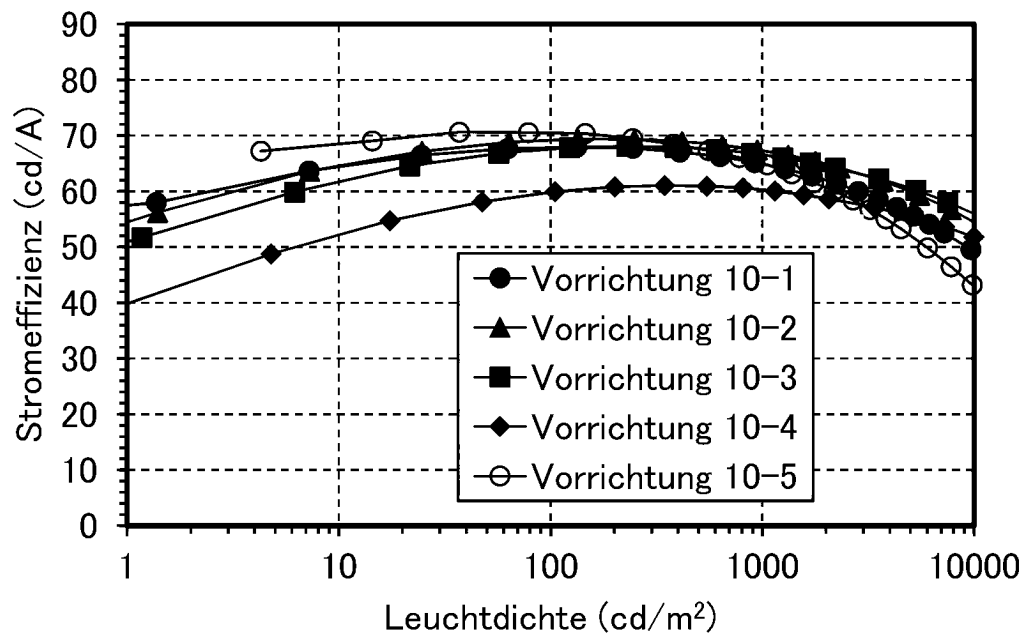


FIG. 94

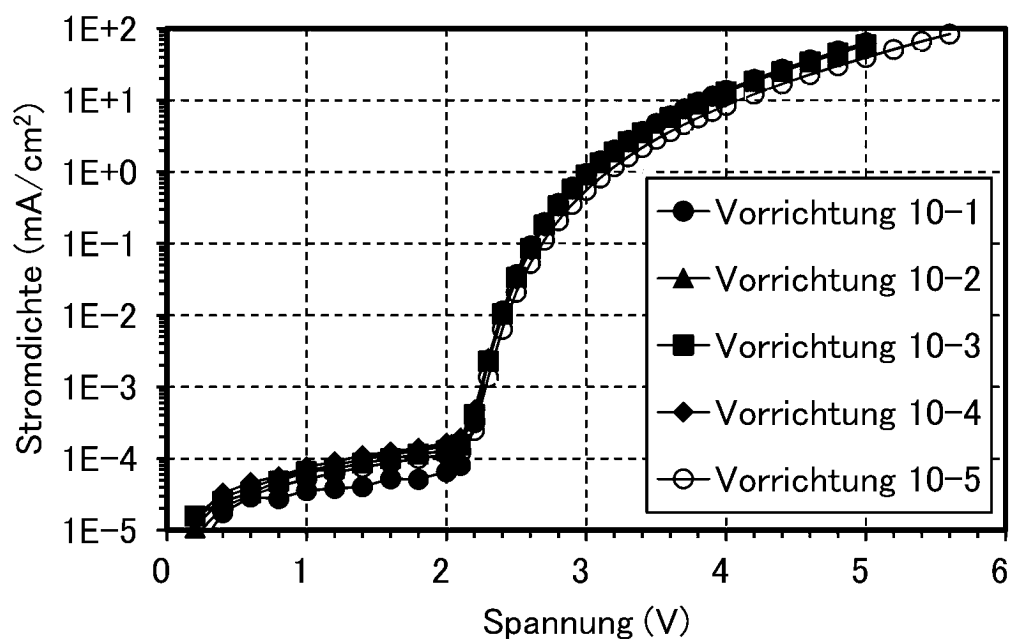


FIG. 95

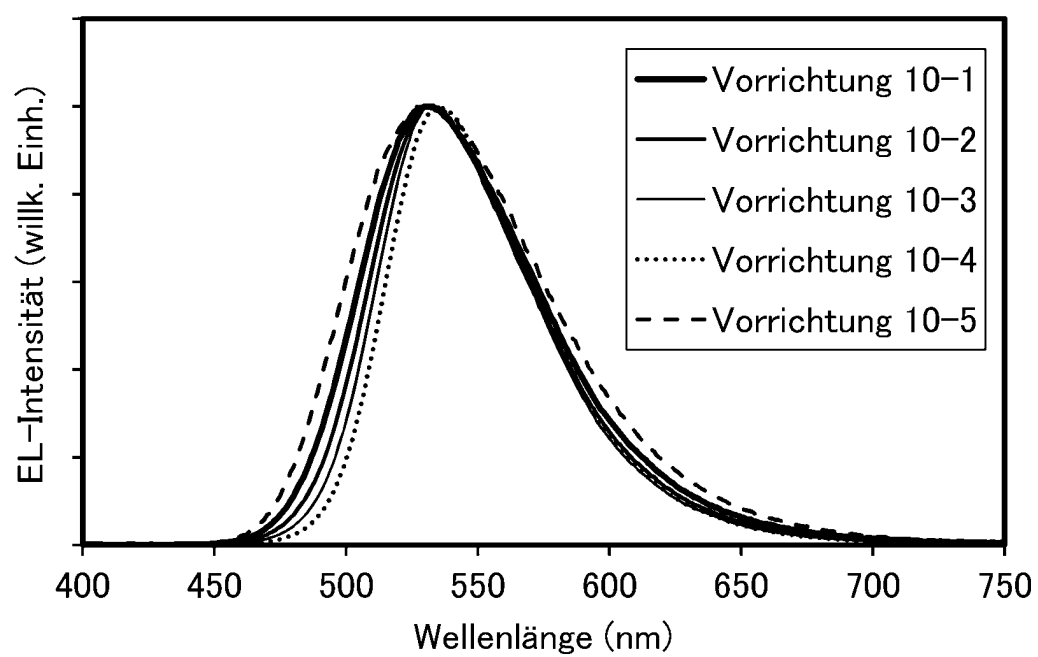


FIG. 96

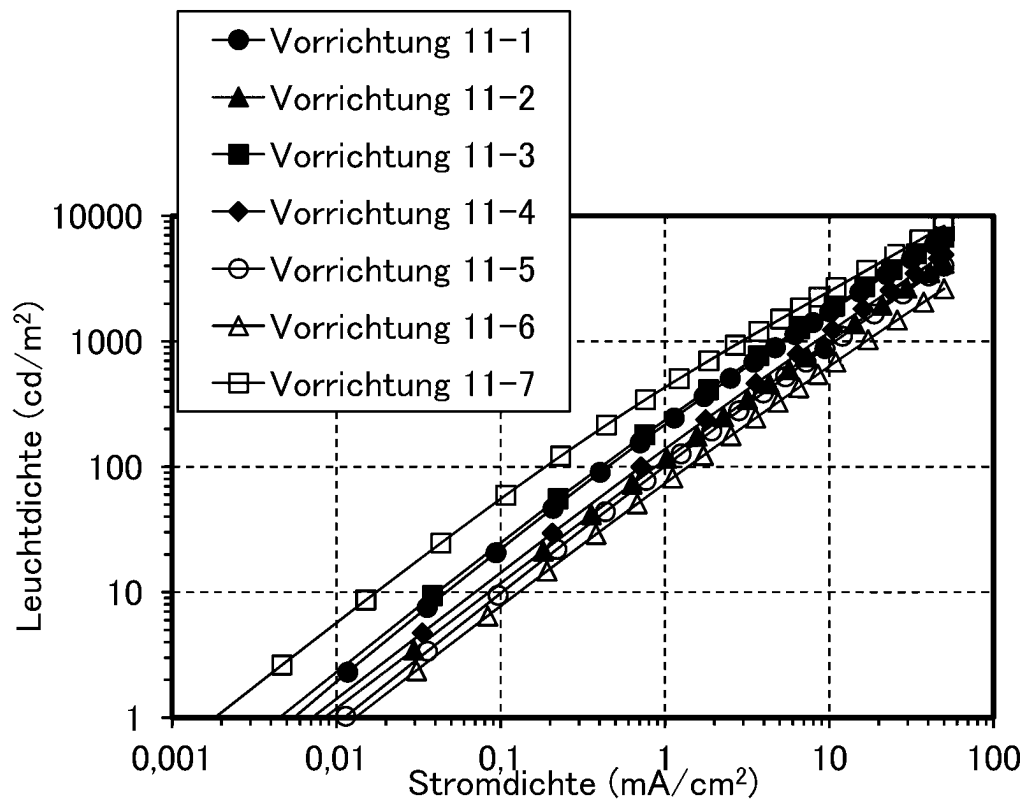


FIG. 97

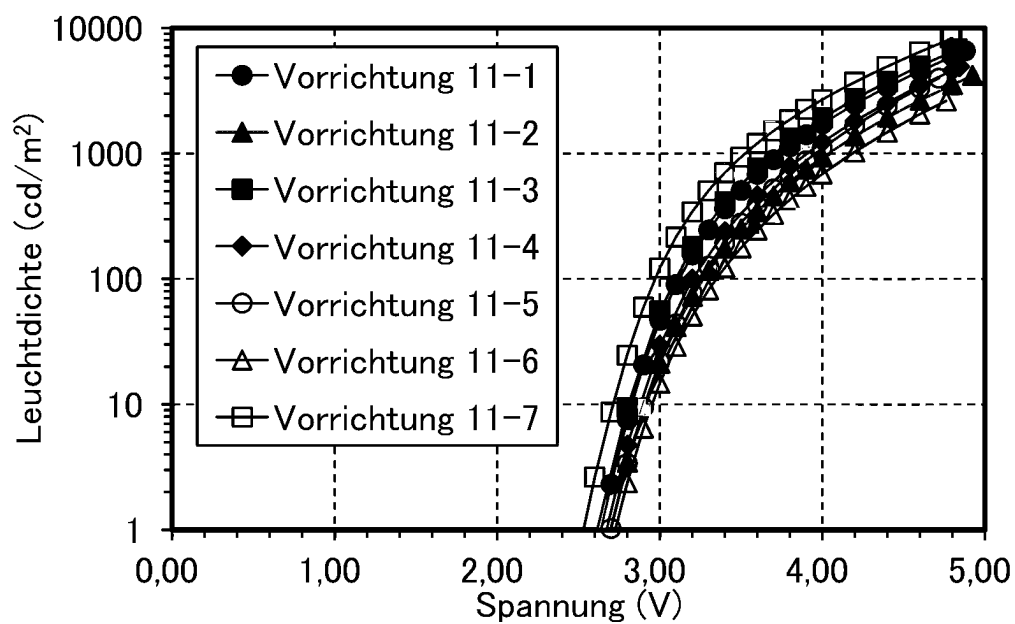


FIG. 98

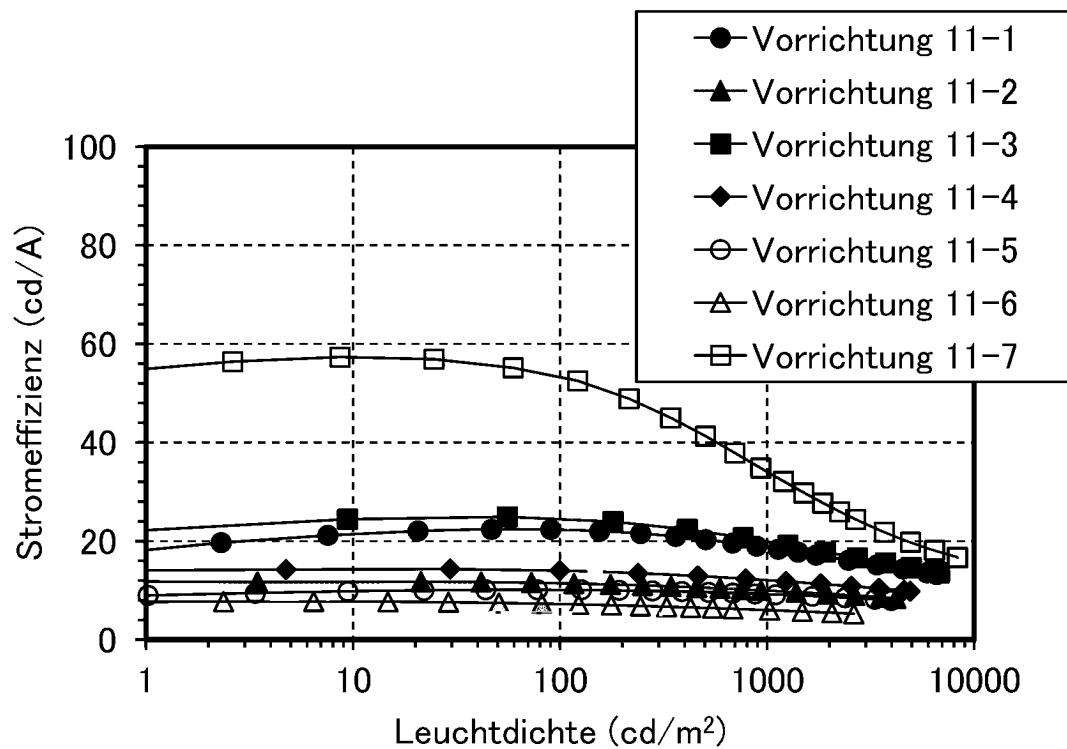


FIG. 99

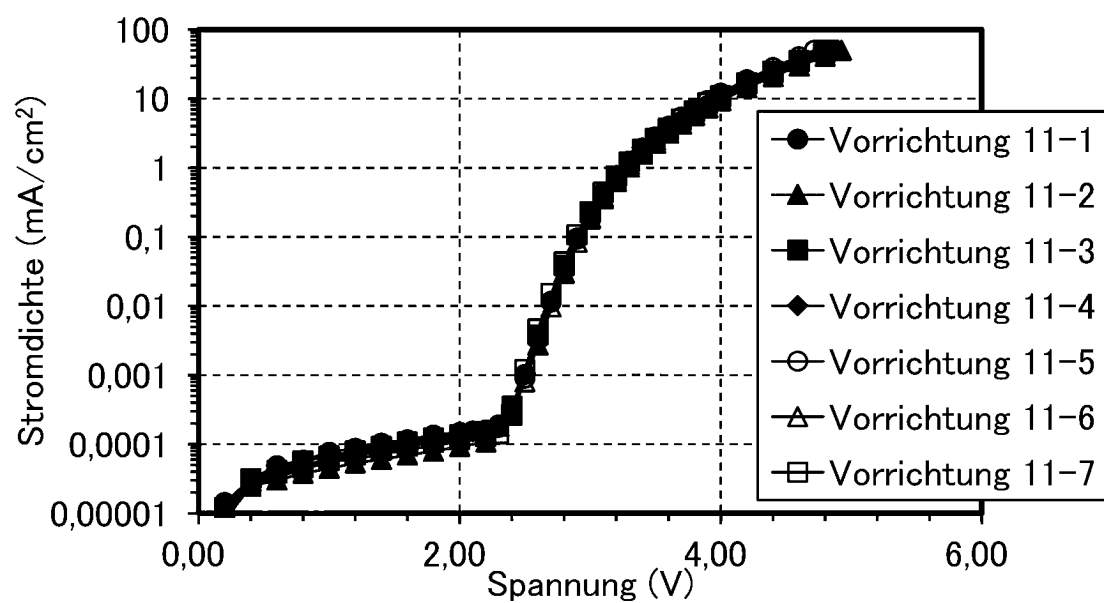


FIG. 100

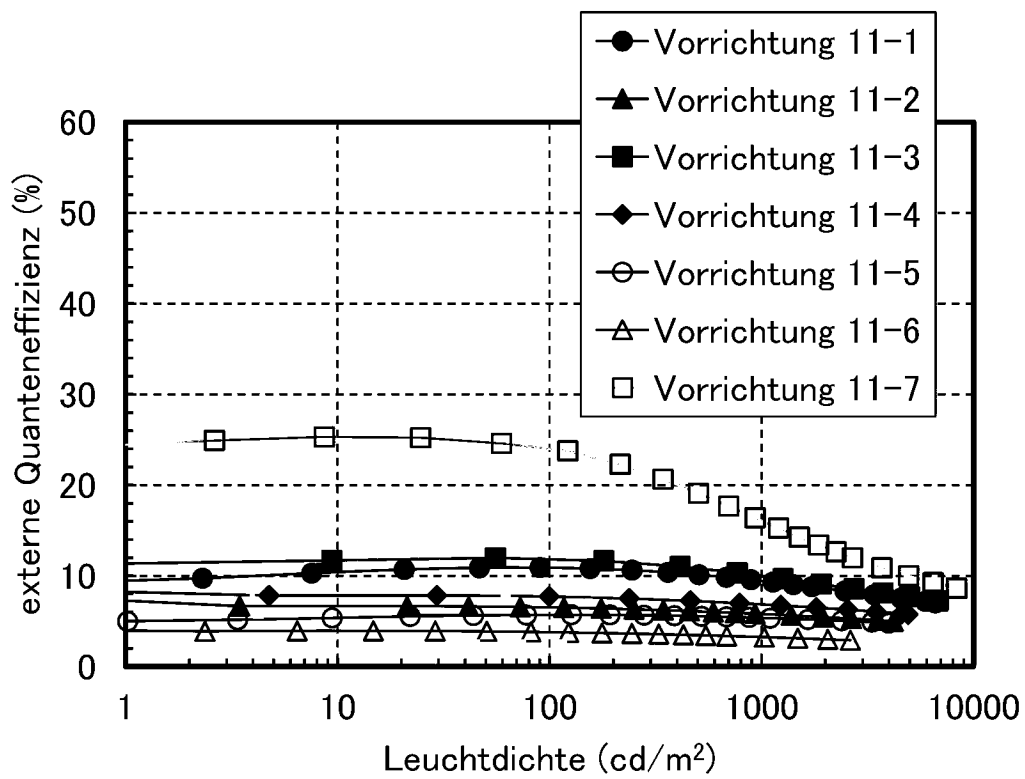


FIG. 101

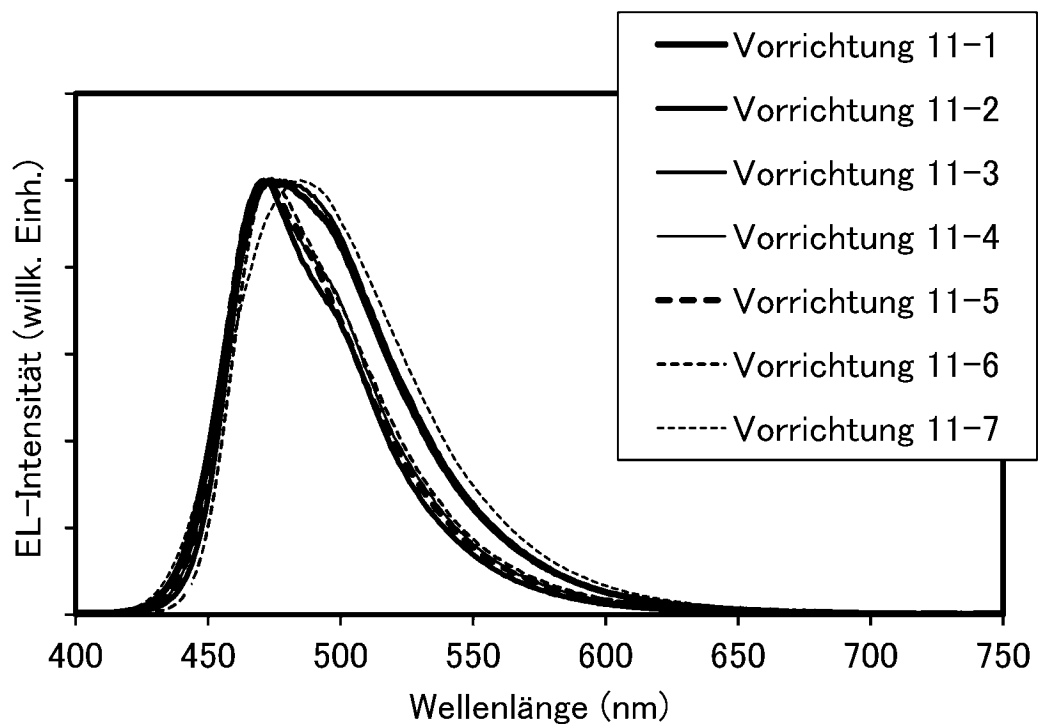


FIG. 102

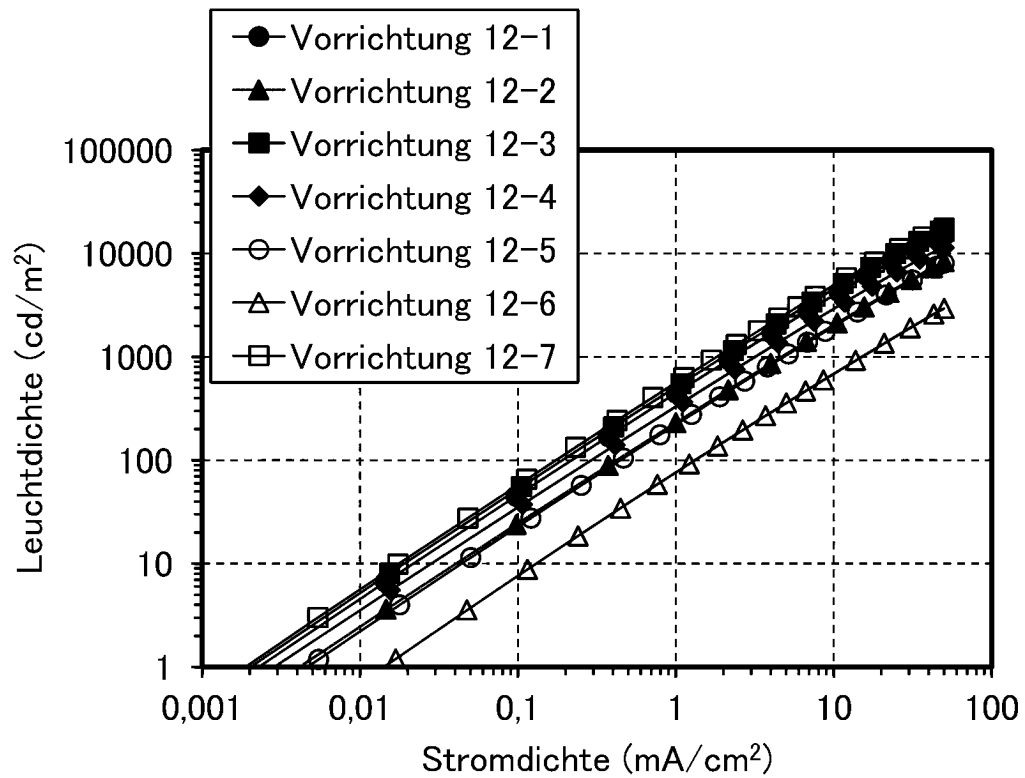


FIG. 103

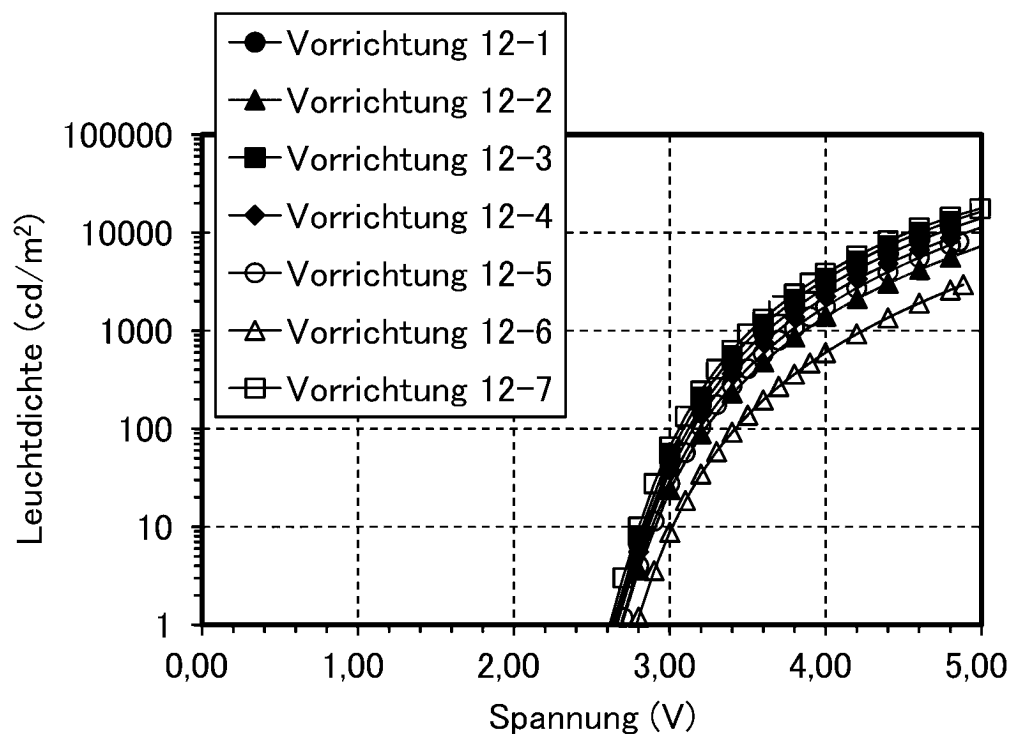


FIG. 104

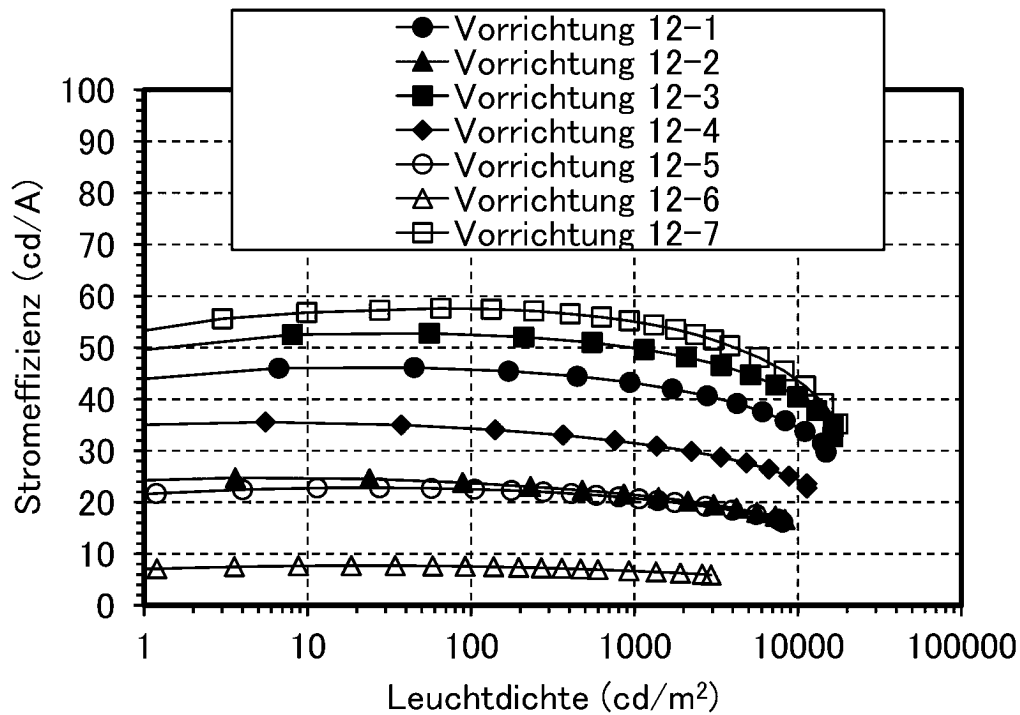


FIG. 105

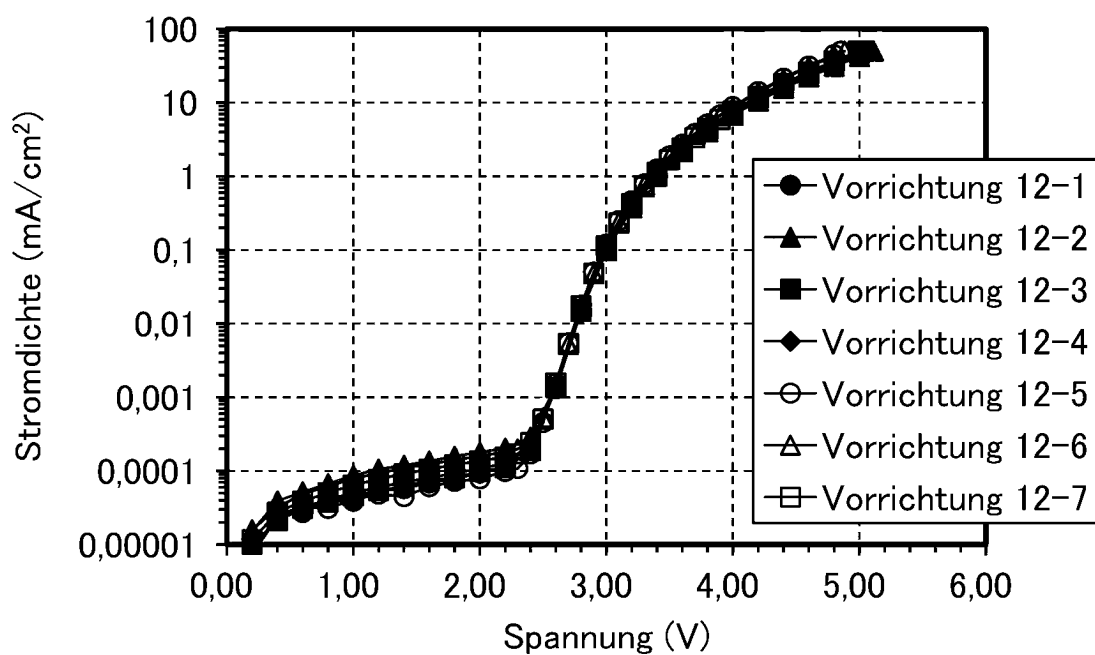


FIG. 106

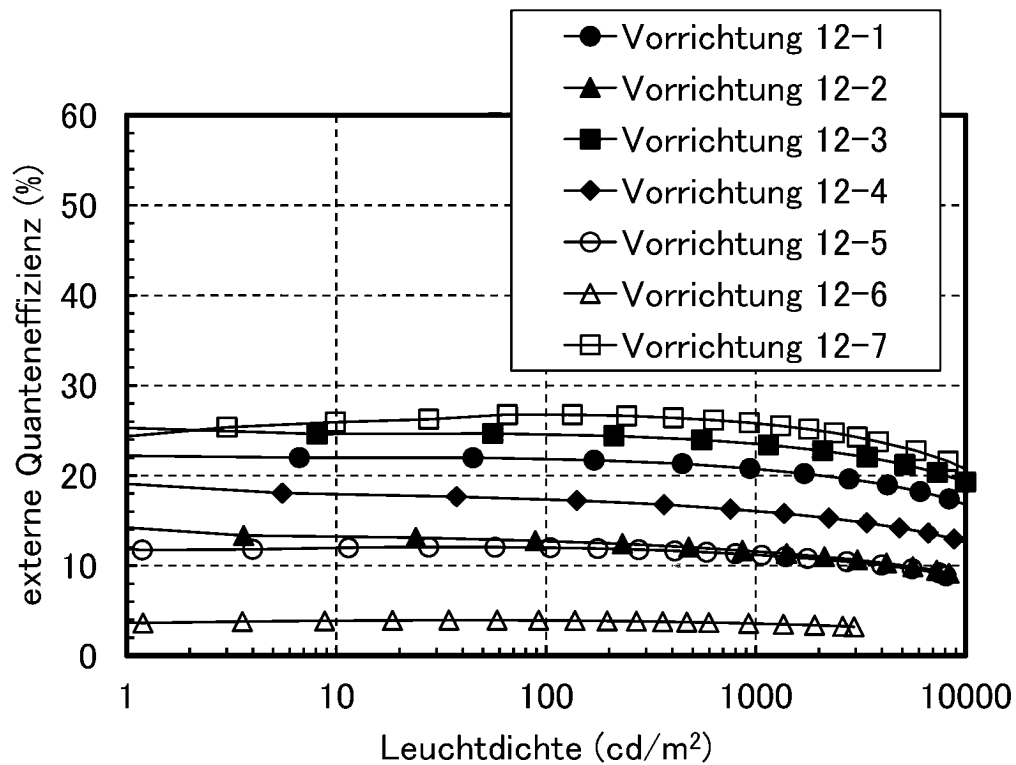


FIG. 107

