



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2016 005 489.0
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/IB2016/056990
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2017/093843
(86) PCT-Anmelddatag: 21.11.2016
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 08.06.2017
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 23.08.2018
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 26.09.2024

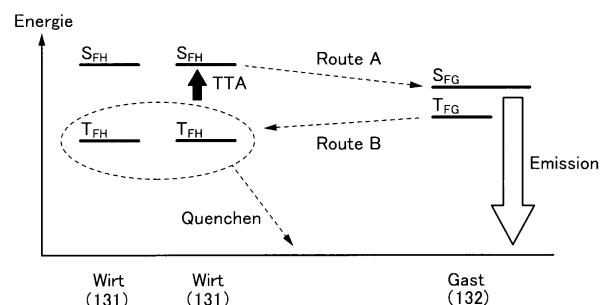
(51) Int Cl.: H10K 50/11 (2023.01)
H10K 50/16 (2023.01)
H10K 50/15 (2023.01)

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

(30) Unionspriorität: 2015-234485 01.12.2015 JP 2016-051071 15.03.2016 JP	(72) Erfinder: Hashimoto, Naoaki, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Suzuki, Tsunenori, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Seo, Satoshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Seo, Hiromi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Kido, Hiromitsu, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP
(62) Teilung in: 11 2016 007 691.6	(56) Ermittelter Stand der Technik: Li, Bo: Efficient Thermally Activated Delayed Fluorescence Molecules Utilizing Donor-Acceptor Structure and Their Application for Highly Efficient Organic Light Emitting Diodes. Kyushu: Kyushu Universität (Institutional Repository), 2014 (PhD Ingenieurwesen), (Doktorarbeit). - https://doi.org/10.15017/1500671
(73) Patentinhaber: Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP	
(74) Vertreter: Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE	

(54) Bezeichnung: **Licht emittierendes Element**

(57) Hauptanspruch: Licht emittierendes Element, das umfasst:
eine Anode;
eine Kathode; und
eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,
wobei die EL-Schicht eine Licht emittierende Schicht und
eine Elektronentransportschicht in Kontakt mit der Licht
emittierenden Schicht beinhaltet,
wobei die Licht emittierende Schicht ein Wirtsmaterial und
ein fluoreszierendes Material enthält,
wobei die Elektronentransportschicht ein erstes Material
enthält,
wobei das LUMO-Niveau des ersten Materials niedriger als
das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials ist,
wobei das LUMO-Niveau des fluoreszierenden Materials
höher oder gleich dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials
ist, und
wobei ein Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente
aufgrund von Triplett-Triplett-Annihilation größer als oder
gleich 10 % einer gesamten Lichtemission von der EL-
Schicht ist.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Licht emittierendes Element.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind Licht emittierende Elemente, bei denen eine Elektrolumineszenz (EL) verwendet wird, aktiv erforscht und entwickelt worden. Bei einer grundlegenden Struktur eines derartigen Licht emittierenden Elements ist eine Schicht, die ein Licht emittierendes Material enthält (eine EL-Schicht), zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet. Durch Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden dieses Elements kann eine Lichtemission von dem Licht emittierenden Material erhalten werden.

[0003] Da es sich bei dem vorstehenden Licht emittierenden Element um einen selbstleuchtenden Typ handelt, weist eine Anzeigevorrichtung, bei der dieses Licht emittierende Element verwendet wird, folgende Vorteile auf: eine hohe Sichtbarkeit, keine Notwendigkeit einer Hintergrundbeleuchtung und einen niedrigen Stromverbrauch. Des Weiteren ist das Licht emittierende Element auch dahingehend wirkungsvoll, dass die Dicke und das Gewicht der Anzeigevorrichtung verringert werden können und seine Reaktionsgeschwindigkeit erhöht werden kann.

[0004] Bei einem Licht emittierenden Element (z. B. einem organischen EL-Element), das eine EL-Schicht beinhaltet, die ein organisches, Licht emittierendes Material enthält und zwischen einem Paar von Elektroden bereitgestellt ist, bewirkt das Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden die Injektion von Elektronen von einer Kathode und Löchern von einer Anode in die EL-Schicht mit einer Licht emittierenden Eigenschaft, wodurch ein Strom fließt. Dann rekombinieren die injizierten Elektronen und Löcher, so dass das organische Material mit einer Licht emittierenden Eigenschaft in einen Anregungszustand versetzt wird, um eine Lichtemission bereitzustellen.

[0005] Der Anregungszustand, der von einem organischen Material gebildet wird, kann ein Singulett-Anregungszustand (S^*) oder ein Triplett-Anregungszustand (T^*) sein. Eine Lichtemission von dem Singulett-Anregungszustand wird als Fluoreszenz bezeichnet, und eine Lichtemission von dem Triplett-Anregungszustand wird als Phosphoreszenz bezeichnet. Bei dem Licht emittierenden Element beträgt das statistische Erzeugungsverhältnis von S^* zu T^* 1:3. Mit anderen Worten: Ein Licht emittierendes Element, das ein Material enthält, das eine Phosphoreszenz emittiert, weist eine höhere Lichtemissionseffizienz auf als ein Licht emittierendes Element, das ein Material enthält, das eine Fluoreszenz emittiert. Deshalb sind Licht emittierende Elemente, die phosphoreszierende Materialien enthalten, die einen Triplett-Anregungszustand in eine Lichtemission umwandeln können, in den letzten Jahren aktiv entwickelt worden.

[0006] Unter den Licht emittierenden Elementen, die phosphoreszierende Materialien enthalten, kam ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert, bisher nicht in der Praxis zur Anwendung, da es schwierig ist, ein stabiles Material mit einem hohen Triplett-Anregungsenergieniveau zu entwickeln. Aus diesem Grund ist ein stabileres fluoreszierendes Material für ein Licht emittierendes Element, das blaues Licht emittiert, entwickelt worden, und eine Technik zum Erhöhen der Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements, das ein fluoreszierendes Material enthält, ist erforscht worden.

[0007] Als Emissionsmechanismus zum Umwandeln eines Teils eines Triplett-Anregungszustandes in eine Lichtemission ist eine Triplett-Triplett-Annihilation (TTA) bekannt. Die TTA bezeichnet einen Prozess, in dem, wenn zwei Triplett-Exzitonen nahe beieinander kommen, Anregungsenergie übertragen wird und ein Spin-Drehimpuls ausgetauscht wird, um ein Singulett-Exziton zu bilden.

[0008] Als Verbindungen, in denen TTA auftritt, sind Anthracenverbindungen bekannt. Nichtpatentdokument 1 offenbart, dass die Verwendung einer Anthracenverbindung als Wirtsmaterial in einem Licht emittierenden Element, das blaues Licht emittiert, eine externe Quanteneffizienz von höher als 10 % erzielt. Es offenbart auch, dass der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA in der Anthracenverbindung ungefähr 10 % von Emissionskomponenten des Licht emittierenden Elements ist.

[0009] Des Weiteren sind Tetracenverbindungen als Verbindungen mit einem hohen Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA bekannt. Nichtpatentdokument 2 offenbart, dass die verzögerte

Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA in einer Lichtemission von einer Tetracenverbindung einen höheren Anteil besitzt als diejenige von einer Anthracenverbindung.

[0010] Es sei angemerkt, dass sich dann, wenn TTA auftritt, die Lebensdauer eines fluoreszierenden Materials im Vergleich zu dem Fall, in dem TTA nicht auftritt, signifikant erhöht (eine verzögerte Fluoreszenz erzeugt wird). Die verzögerte Fluoreszenz bei einem Licht emittierenden Element kann bestätigt werden, indem die Abschwächung einer Lichtemission nach der Unterbrechung der stetigen Injektion von Ladungsträgern zu einem bestimmten Zeitpunkt beobachtet wird. Es sei angemerkt, dass sich das Spektrum einer verzögerten Fluoreszenz in diesem Fall mit dem Emissionsspektrum während der stetigen Injektion von Ladungsträgern überlappt. Beispielhafte Licht emittierende Elemente, die auf thermisch verzögter Fluoreszenz basieren, sind im Nichtpatentdokument 3 offenbart.

[Referenz]

[Nichtpatentdokument]

[Nichtpatentdokument 1] Tsunenori SUZUKI und sechs andere, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 53, 052102 (2014)

[Nichtpatentdokument 2] D. Y. Kondakov und drei andere, Journal of Applied Physics, Vol. 106, 124510 (2009)

[Nichtpatentdokument 3] Bo Li, „Efficient Thermally Activated Delayed Fluorescence Molecules Utilizing Donor-Acceptor Structure and Their Application for Highly Efficient Organic Light Emitting Diodes“. Doktorarbeit. Veröffentlichung: Kyushu Universität Japan, 2014, PhD (Ingenieurwesen).

Offenbarung der Erfindung

[0011] Es ist für die Verbesserung der Emissionseffizienz eines Licht emittierenden Elements, das ein fluoreszierendes Material enthält, essentiell, dass die Energie von Triplet-Exzitonen, die nicht zu einer Lichtemission beitragen, in die Energie von Singulett-Exzitonen mit Licht emittierenden Eigenschaften umgewandelt wird und die Umwandlungseffizienz erhöht wird. Mit anderen Worten: Es ist wichtig, durch TTA die Energie von Triplet-Exzitonen in die Energie von Singulett-Exzitonen umzuwandeln; insbesondere soll der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA in den Emissionskomponenten des Licht emittierenden Elements erhöht werden. Dies liegt darin begründet, dass ein erhöhter Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA eine Erhöhung des Erzeugungsverhältnisses von Singulett-Exzitonen mit Licht emittierenden Eigenschaften bedeutet.

[0012] In Anbetracht des Vorstehenden ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, das ein fluoreszierendes Material enthält und eine hohe Emissionseffizienz aufweist. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ein Licht emittierendes Element bereitzustellen, bei dem eine verzögerte Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA einen hohen Anteil an Emissionskomponenten besitzt. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine neuartige Licht emittierende Vorrichtung mit einer hohen Emissionseffizienz und einem niedrigen Stromverbrauch bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine neuartige Anzeigevorrichtung bereitzustellen.

[0013] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung der vorstehenden Aufgaben dem Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht im Wege steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung muss nicht notwendigerweise alle Aufgaben erfüllen. Weitere Aufgaben sind aus der Erläuterung der Beschreibung und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

[0014] Eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht beinhaltet eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die Licht emittierende Schicht enthält ein Wirtsmaterial und ein fluoreszierendes Material. Die Elektronentransportschicht enthält ein erstes Material. Das LUMO-Niveau des ersten Materials ist niedriger als dasjenige des Wirtsmaterials und ein LUMO-Niveau des fluoreszierenden Materials ist höher oder gleich dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials. Der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund einer Triplet-Triplet-Annihilation ist größer als oder gleich 10 % der gesamten Lichtemission von der EL-Schicht.

[0015] Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Licht emittierendes Element, das eine Anode, eine Kathode und eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode beinhaltet. Die EL-Schicht beinhaltet eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht. Die Licht emittierende Schicht enthält ein Wirtsmaterial. Die Elektronentransportschicht enthält ein erstes Material. Das LUMO-Niveau des ersten Materials ist um mehr als oder gleich 0,05 eV niedriger als dasjenige des Wirtsmaterials, und das erste Material ist eine Substanz, die ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyrimidin-Gerüst umfasst. Der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund einer Triplet-Triplet-Annihilation ist größer als oder gleich 10 % der gesamten Lichtemission von der EL-Schicht.

[0016] Es sei angemerkt, dass bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund der Triplet-Triplet-Annihilation größer als oder gleich 15 % der gesamten Lichtemission von der EL-Schicht sein kann. Die Triplet-Anregungsenergie des ersten Materials kann um mehr als oder gleich 0,2 eV höher sein als diejenige einer Substanz, die die höchste Triplet-Anregungsenergie unter den Materialien aufweist, die in der Licht emittierenden Schicht enthalten sind.

[0017] Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Licht emittierendes Element sein, das eine Lochtransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht beinhaltet. Die Lochtransportschicht enthält ein zweites Material. Das LUMO-Niveau des zweiten Materials ist höher als dasjenige des Wirtsmaterials. Alternativ kann bei dem Licht emittierenden Element, das die Lochtransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht beinhaltet, die Lochtransportschicht das zweite Material enthalten und die Triplet-Anregungsenergie des zweiten Materials kann um mehr als oder gleich 0,2 eV höher sein als diejenige einer Substanz, die die höchste Triplet-Anregungsenergie unter den Materialien aufweist, die in der Licht emittierenden Schicht enthalten sind.

[0018] In der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, das die Licht emittierende Schicht beinhaltet, die ferner ein fluoreszierendes Material enthält. Die Triplet-Anregungsenergie des fluoreszierenden Materials kann höher sein als diejenige des Wirtsmaterials. Das LUMO-Niveau des fluoreszierenden Materials ist erfindungsgemäß höher als oder gleich demjenigen des Wirtsmaterials. Die Licht emittierende Schicht kann blaues Licht emittieren.

[0019] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann in einer Licht emittierenden Vorrichtung, die das Licht emittierende Element und einen Transistor oder ein Substrat beinhaltet, verwendet werden. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann in einem elektronischen Gerät verwendet werden, das zusätzlich zu der Licht emittierenden Vorrichtung einen Sensor, einen Bedienungsknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon beinhaltet. Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann in einer Beleuchtungsvorrichtung verwendet werden, die zusätzlich zu der Licht emittierenden Vorrichtung ein Gehäuse beinhaltet.

[0020] Einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entsprechend kann ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, das ein fluoreszierendes Material enthält und eine hohe Emissionseffizienz aufweist. Einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entsprechend kann ein Licht emittierendes Element bereitgestellt werden, bei dem eine verzögerte Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA einen hohen Anteil an Emissionskomponenten besitzt. Einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entsprechend kann ein neuartiges Licht emittierendes Element mit einer hohen Emissionseffizienz und einem niedrigen Stromverbrauch bereitgestellt werden.

[0021] Es sei angemerkt, dass die Beschreibung dieser Wirkungen dem Vorhandensein weiterer Wirkungen nicht im Wege steht. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung muss nicht notwendigerweise alle Wirkungen aufweisen. Weitere Wirkungen sind aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0022] In den begleitenden Zeichnungen:

Fig. 1A bis Fig. 1C sind schematische Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine schematische Darstellung, die die Korrelation von Energieniveaus darstellt;

Fig. 2 zeigt eine Energiebarriere und einen Rekombinationsbereich;

Fig. 3A bis Fig. 3C zeigen die Komponenten eines Übergangsdipolmoments;

Fig. 4A und **Fig. 4B** sind schematische Darstellungen, die ein Messverfahren der Molekülorientierung darstellen;

Fig. 5 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6A und **Fig. 6B** sind schematische Querschnittsansichten von Licht emittierenden Elementen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7A und **Fig. 7B** sind eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine schematische Darstellung, die die Korrelation von Energieniveaus darstellt;

Fig. 8A und **Fig. 8B** sind eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine schematische Darstellung, die die Korrelation von Energieniveaus darstellt;

Fig. 9A und **Fig. 9B** sind ein Blockdiagramm und ein Schaltplan, die eine Anzeigevorrichtung darstellen;

Fig. 10A und **Fig. 10B** sind perspektivische Ansichten, die ein Beispiel für einen Touchscreen darstellen;

Fig. 11A bis **Fig. 11C** sind Querschnittsansichten, die Beispiele für die Anzeigevorrichtung und den Berührungssensor darstellen;

Fig. 12A und **Fig. 12B** sind Querschnittsansichten, die Beispiele für einen Touchscreen darstellen;

Fig. 13A und **Fig. 13B** sind ein Blockdiagramm und ein Zeitdiagramm eines Berührungssensors;

Fig. 14 ist ein Schaltplan eines;

Fig. 15 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Anzeigemodul darstellt;

Fig. 16A bis **Fig. 16G** stellen elektronische Geräte dar;

Fig. 17 stellt Beleuchtungsvorrichtungen dar;

Fig. 18 stellt ein Licht emittierendes Element dar;

Fig. 19 zeigt den Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente im Verhältnis zu dem LUMO-Niveau von Licht emittierenden Elementen 1 bis 8;

Fig. 20 zeigt die externe Quanteneffizienz im Verhältnis zu dem Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8;

Fig. 21 zeigt die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften eines Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 22 zeigt die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 23 zeigt die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 24 zeigt die Spannungs-Strom-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 25 zeigt die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 26 zeigt das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 27 zeigt eine Schwächungskurve der transienten Fluoreszenz des Licht emittierenden Elements 4-2;

Fig. 28 zeigt die Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements 4-2; und

Fig. 29 zeigt die Winkelabhängigkeit des Licht emittierenden Elements 9 und das Berechnungsergebnis.

Beste Art zur Ausführung der Erfindung

[0023] Nachstehend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Es sei angemerkt, dass es von einem Fachmann leicht verstanden wird, dass die hier offenbarten Modi und Details auf verschiedene Weise modifiziert werden können, ohne vom Erfindungsgedanken der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Deshalb soll die vorliegende Erfindung nicht als auf die Beschreibung der Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

[0024] Es sei angemerkt, dass in jeder Zeichnung, die in dieser Beschreibung beschrieben wird, die Größe, die Dicke und dergleichen von Komponenten, wie z. B. einer Anode, einer EL-Schicht, einer Zwischenschicht und einer Kathode, in einigen Fällen der Klarheit halber übertrieben dargestellt sind. Deshalb sind die Größen der Komponenten nicht auf die Größen in den Zeichnungen und die Größenverhältnisse zwischen den Komponenten beschränkt.

[0025] In dieser Beschreibung und dergleichen werden Ordnungszahlen, wie z. B. „erste“, „zweite“ und „dritte“, der Einfachheit halber verwendet und bezeichnen die Reihenfolge von Schritten oder die Positionsbeziehung nicht. Deshalb kann beispielsweise auch dann eine Beschreibung erfolgen, wenn „erste“ je nach Bedarf durch „zweite“ oder „dritte“ ersetzt wird. Außerdem sind die Ordnungszahlen in dieser Beschreibung und dergleichen nicht notwendigerweise gleich denjenigen, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung spezifizieren.

[0026] Bei den Strukturen der vorliegenden Erfindung, die in dieser Beschreibung und dergleichen beschrieben werden, werden die gleichen Abschnitte oder Abschnitte mit ähnlichen Funktionen durch gemeinsame Bezugszeichen in unterschiedlichen Zeichnungen bezeichnet, und die Beschreibung derartiger Abschnitte wird nicht wiederholt. Des Weiteren wird das gleiche Schraffurmuster für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und in einigen Fällen sind die Abschnitte nicht eigens durch Bezugszeichen bezeichnet.

[0027] In dieser Beschreibung wird die Farbe durch die folgenden drei Aspekte definiert: den Farbton (entsprechend der Wellenlänge von einfärbigem Licht), die Farbsättigung (die Sättigung, d. h. den Grad, wie weit sich die Farbe von Weiß unterscheidet) und den Wert (die Helligkeit, d. h. die Intensität von Licht). In dieser Beschreibung kann die Farbe durch nur eine der vorstehenden drei Aspekte oder zwei der Aspekte, die beliebig ausgewählt werden, definiert werden. In dieser Beschreibung bedeutet ein Unterschied zwischen zwei Farben von Licht einen Unterschied in mindestens einer der vorstehenden drei Aspekte und umfasst auch einen Unterschied in der Form von zwei Spektren von Licht oder in der Verteilung der relativen Intensität der Peaks in den Spektren.

[0028] Es sei angemerkt, dass die Begriffe „Film“ und „Schicht“ je nach der Sachlage oder den Umständen miteinander ausgetauscht werden können. Beispielsweise kann in einigen Fällen der Begriff „leitende Schicht“ durch den Begriff „leitender Film“ ersetzt werden, und der Begriff „isolierender Film“ kann in einigen Fällen durch den Begriff „isolierende Schicht“ ersetzt werden.

[0029] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein Singulett-Anregungszustand (S^*) einen Singulett-Zustand mit Anregungsenergie. Unter den Singulett-Anregungszuständen wird der Anregungszustand mit der niedrigsten Energie als niedrigster Singulett-Anregungszustand bezeichnet. Ein Singulett-Anregungsenergieniveau bedeutet ein Energieniveau in einem Singulett-Anregungszustand. Unter den Singulett-Anregungsenergieniveaus wird das niedrigste Anregungsenergieniveau als niedrigstes Singulett-Anregungsenergie- ($S1-$) Niveau bezeichnet. Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen einfache Ausdrücke „Singulett-Anregungszustand“ und „Singulett-Anregungsenergieniveau“ in einigen Fällen den niedrigsten Singulett-Anregungszustand bzw. das $S1$ -Niveau bedeuten.

[0030] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein Triplett-Anregungszustand (T^*) einen Triplett-Zustand mit Anregungsenergie. Unter den Triplett-Anregungszuständen wird der Anregungszustand mit der niedrigsten Energie als niedrigster Triplett-Anregungszustand bezeichnet. Ein Triplett-Anregungsenergieniveau bedeutet ein Energieniveau in einem Triplett-Anregungszustand. Unter den Triplett-Anregungsenergieniveaus wird das niedrigste Anregungsenergieniveau als niedrigstes Triplett-Anregungsenergie- ($T1-$) Niveau bezeichnet. Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen einfache Ausdrücke „Triplett-Anregungszustand“ und „Triplett-Anregungsenergieniveau“ in einigen Fällen den niedrigsten Triplett-Anregungszustand bzw. das $T1$ -Niveau bedeuten.

[0031] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein fluoreszierendes Material ein Material, das Licht im sichtbaren Bereich emittiert, wenn der Singulett-Anregungszustand in den Grundzustand relaxiert. Ein phosphoreszierendes Material bezeichnet ein Material, das bei Raumtemperatur Licht im sichtbaren Bereich emittiert, wenn der Triplett-Anregungszustand in den Grundzustand relaxiert. Das heißt, dass ein phosphoreszierendes Material ein Material bezeichnet, das Triplett-Anregungsenergie in sichtbares Licht umwandeln kann.

[0032] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen „Raumtemperatur“ eine Temperatur in einem Bereich von 0 °C bis 40 °C bezeichnet.

[0033] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein Wellenlängenbereich von Blau einen Wellenlängenbereich von größer als oder gleich 400 nm und kleiner als oder gleich 550 nm, und blaues Licht weist mindestens einen Peak in diesem Bereich in einem Emissionsspektrum auf.

(Ausführungsform 1)

<Strukturbispiel des Licht emittierenden Elements>

[0034] Als Erstes wird im Folgenden eine Struktur eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfahrung anhand von **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** beschrieben.

[0035] **Fig. 1A** ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 150 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfahrung.

[0036] Das Licht emittierende Element 150 beinhaltet ein Paar von Elektroden (eine Elektrode 101 und eine Elektrode 102) und eine EL-Schicht 100 dazwischen. Die EL-Schicht 100 beinhaltet mindestens eine Licht emittierende Schicht 130. Es sei angemerkt, dass die Beschreibung bei dieser Ausführungsform in der Annahme vorgenommen wird, dass die Elektrode 101 und die Elektrode 102, d. h. das Paar von Elektroden, als Anode bzw. Kathode dienen; jedoch können sie für die Struktur des Licht emittierenden Elements 150 ausgetauscht werden.

[0037] Die EL-Schicht 100, die in **Fig. 1A** dargestellt wird, beinhaltet zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 130 Funktionsschichten. Die Funktionsschichten umfassen eine Lochinjektionsschicht 111, eine Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 118 und eine Elektroneninjektionsschicht 119. Es sei angemerkt, dass die Struktur der EL-Schicht 100 nicht auf die Struktur, die in **Fig. 1A** dargestellt wird, beschränkt ist, und eine Struktur, die mindestens eine Schicht beinhaltet, die aus der Lochinjektionsschicht 111, der Lochtransportschicht 112, der Elektronentransportschicht 118 und der Elektroneninjektionsschicht 119 ausgewählt wird, kann zum Einsatz kommen. Alternativ kann die EL-Schicht 100 beispielsweise eine Funktionsschicht beinhalten, die dazu geeignet ist, eine Loch- oder Elektroneninjektionsbarriere zu senken, eine Loch- oder Elektronentransporteigenschaft zu verbessern, einen Transport von Löchern oder Elektronen zu verhindern oder einen durch eine Elektrode herbeigeführten Quenching-Effekt zu unterdrücken.

[0038] **Fig. 1B** ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Beispiel für die Licht emittierende Schicht 130 in **Fig. 1A** darstellt. Die Licht emittierende Schicht 130 in **Fig. 1B** enthält mindestens ein Wirtsmaterial 131 und ein Gastmaterial 132.

[0039] Das Wirtsmaterial 131 weist vorzugsweise eine Funktion zum Umwandeln der Triplett-Anregungsenergie in eine Singulett-Anregungsenergie auf, indem TTA bewirkt wird, so dass die Triplett-Anregungsenergie, die in der Licht emittierenden Schicht 130 erzeugt wird, in dem Wirtsmaterial 131 durch TTA teilweise in eine Singulett-Anregungsenergie umgewandelt werden kann. Die Singulett-Anregungsenergie, die durch TTA erzeugt wird, kann auf das Gastmaterial 132 übertragen und als Fluoreszenz entnommen werden. Um diesen Effekt zu erhalten, ist das niedrigste Singulett-Anregungsenergie- (S1-) Niveau des Wirtsmaterials 131 vorzugsweise höher als das S1-Niveau des Gastmaterials 132. Außerdem ist das niedrigste Triplett-Anregungsenergie- (T1-) Niveau des Wirtsmaterials 131 vorzugsweise niedriger als das T1-Niveau des Gastmaterials 132.

[0040] Es sei angemerkt, dass das Wirtsmaterial 131 aus einer einzelnen Verbindung oder einer Vielzahl von Verbindungen bestehen kann. Das Gastmaterial 132 kann ein Licht emittierendes organisches Material sein, und das Licht emittierende organische Material ist ein Material, das eine Fluoreszenz emittieren kann (nachstehend auch als fluoreszierendes Material bezeichnet). Eine Struktur, bei der ein fluoreszierendes Material als Gastmaterial 132 verwendet wird, wird im Folgenden beschrieben. Das Gastmaterial 132 kann auch als fluoreszierendes Material umformuliert werden.

<Emissionsmechanismus des Licht emittierenden Elements>

[0041] Als Erstes wird im Folgenden der Emissionsmechanismus des Licht emittierenden Elements 150 beschrieben.

[0042] Bei dem Licht emittierenden Element 150 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfahrung führt das Anlegen einer Spannung zwischen dem Paar von Elektroden (den Elektroden 101 und 102) dazu, dass

Elektronen und Löcher von der Kathode bzw. der Anode in die EL-Schicht 100 injiziert werden, wodurch ein Strom fließt. Durch Rekombination der injizierten Elektronen und Löcher werden Exzitonen gebildet. Das Verhältnis von Singulett-Exzitonen zu Triplet-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern erzeugt werden, beträgt nach der statistisch erhaltenen Wahrscheinlichkeit ungefähr 1:3. Daher beträgt die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Singulett-Exzitonen 25 %.

[0043] Es sei angemerkt, dass das Exziton ein Ladungsträger- (Elektron und Loch) Paar bezeichnet. Da Exzitonen Anregungsenergie aufweisen, wird ein Material, in dem Exzitonen erzeugt werden, in einen Anregungszustand versetzt.

[0044] Durch die folgenden zwei Prozesse werden Singulett-Exzitonen in der EL-Schicht 100 gebildet und eine Lichtemission von dem Gastmaterial 132 kann erhalten werden:

- (α) einen direkten Bildungsprozess; und
- (β) einen TTA-Prozess.

<<(α) Direkter Bildungsprozess>>

[0045] Als Erstes wird der Fall beschrieben, in dem Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in der Licht emittierenden Schicht 130, die in der EL-Schicht 100 enthalten ist, rekombinieren, um ein Singulett-Exziton zu bilden.

[0046] Wenn die Ladungsträger in dem Wirtsmaterial 131 rekombinieren, werden Exzitonen gebildet, um das Wirtsmaterial 131 in einen Anregungszustand (einen Singulett-Anregungszustand oder einen Triplet-Anregungszustand) zu versetzen. Zu diesem Zeitpunkt wird in dem Fall, in dem der Anregungszustand des Wirtsmaterials 131 ein Singulett-Anregungszustand ist, Singulett-Anregungsenergie von dem S1-Niveau des Wirtsmaterials 131 auf das S1-Niveau des Gastmaterials 132 übertragen, wodurch der Singulett-Anregungszustand des Gastmaterials 132 gebildet wird. Es sei angemerkt, dass der Fall, in dem der Anregungszustand des Wirtsmaterials 131 ein Triplet-Anregungszustand ist, nachstehend in (β) TTA-Prozess beschrieben wird.

[0047] Wenn die Ladungsträger in dem Gastmaterial 132 rekombinieren, werden Exzitonen gebildet, um das Gastmaterial 132 in einen Anregungszustand (einen Singulett-Anregungszustand oder einen Triplet-Anregungszustand) zu versetzen.

[0048] In dem Fall, in dem der gebildete Anregungszustand des Gastmaterials 132 ein Singulett-Anregungszustand ist, wird eine Lichtemission von dem Singulett-Anregungszustand des Gastmaterials 132 erhalten. Um in diesem Fall eine hohe Emissionseffizienz zu erhalten, ist die Fluoreszenzquantenausbeute des Gastmaterials 132 vorzugsweise hoch.

[0049] In dem Fall, in dem das Gastmaterial 132 in einen Triplet-Anregungszustand versetzt wird, wird der Triplet-Anregungszustand des Gastmaterials 132 thermisch deaktiviert und trägt er nicht zu einer Lichtemission bei, da das Gastmaterial 132 ein fluoreszierendes Material ist. Wenn das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 niedriger ist als das T1-Niveau des Gastmaterials 132, kann jedoch die Triplet-Anregungsenergie des Gastmaterials 132 von dem T1-Niveau des Gastmaterials 132 auf das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 übertragen werden, das in größerer Quantität als das Gastmaterial 132 vorhanden ist. In diesem Fall kann die Triplet-Anregungsenergie durch den (β) TTA-Prozess, der nachstehend beschrieben wird, in eine Singulett-Anregungsenergie umgewandelt werden. Daher soll das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 niedriger sein als das T1-Niveau des Gastmaterials 132, um die Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA zu erhöhen.

[0050] In dem Fall, in dem das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 höher ist als das T1-Niveau des Gastmaterials 132, kann die Wahrscheinlichkeit der Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial 132 verringert werden, wenn das Gewichtsprozent des Gastmaterials 132 niedriger ist als dasjenige des Wirtsmaterials 131. Außerdem kann die Wahrscheinlichkeit der Energieübertragung von dem T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 auf das T1-Niveau des Gastmaterials 132 verringert werden. Insbesondere ist das Gewichtsverhältnis des Gastmaterials 132 zu dem Wirtsmaterial 131 vorzugsweise größer als 0 und kleiner als oder gleich 0,05.

<<(β) TTA-Prozess>>

[0051] Als Nächstes wird der Fall beschrieben, in dem ein Singulett-Exziton aus Triplett-Exzitonen gebildet wird, die in dem Ladungsträgerrekombinationsprozess in der Licht emittierenden Schicht 130 gebildet werden.

[0052] Hier wird der Fall beschrieben, in dem das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 niedriger ist als das T1-Niveau des Gastmaterials 132. Die Korrelation von Energieniveaus in diesem Fall wird schematisch in **Fig. 1C** gezeigt. Was Begriffe und Zeichen in **Fig. 1C** darstellen, werden im Folgenden aufgelistet. Es sei angemerkt, dass das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131 höher sein kann als das T1-Niveau des Gastmaterials 132.

Wirt (131): das Wirtsmaterial 131

Gast (132): das Gastmaterial 132 (das fluoreszierende Material)

S_{FH} : das S1-Niveau des Wirtsmaterials 131

T_{FH} : das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131

S_{FG} : das S1-Niveau des Gastmaterials 132 (des fluoreszierenden Materials)

T_{FG} : das T1-Niveau des Gastmaterials 132 (des fluoreszierenden Materials)

[0053] Ladungsträger rekombinieren in dem Wirtsmaterial 131 und Exzitonen werden erzeugt, um das Wirtsmaterial 131 in einen Anregungszustand zu versetzen. In dem Fall, in dem es sich bei den Exzitonen, die zu diesem Zeitpunkt erzeugt werden, um Triplett-Exzitonen handelt, kommen zwei der Triplett-Exzitonen nahe beieinander, und eines von ihnen könnte in ein Singulett-Exziton mit der Energie des S1-Niveaus (S_{FH}) des Wirtsmaterials 131 umgewandelt werden (siehe TTA in **Fig. 1C**). Diese Reaktion wird durch die allgemeine Formel (G1) oder (G2) dargestellt, in der sich die Anzahl von Triplett-Exzitonen verringert, während Singulett-Exzitonen erzeugt werden.



[0054] Bei der Reaktion der allgemeinen Formel (G1) wird in dem Wirtsmaterial 131 ein Paar von Exzitonen ($(^1HH)^*$) mit einer Gesamtspinquantenzahl von 0 aus zwei Triplett-Exzitonen ($^3H^*$) mit einer Gesamtspinquantenzahl von 0 gebildet, und ein Singulett-Exziton ($^1H^*$) wird durch ein elektronisch oder oszillierend angeregtes hochwertiges Singulett-Exziton ($^1H^{**}$) erzeugt. Bei der Reaktion der allgemeinen Formel (G2) wird in dem Wirtsmaterial 131 ein Paar von Exzitonen ($(^3HH)^*$) mit einer Gesamtspinquantenzahl von 1 aus zwei Triplett-Exzitonen ($^3H^*$) mit einer Gesamtspinquantenzahl von 1 (Atomeinheit) gebildet, und ein Triplett-Exziton ($^3H^*$) wird durch ein elektronisch oder oszillierend angeregtes hochwertiges Triplett-Exziton ($^3H^{**}$) erzeugt. Es sei angemerkt, dass in den allgemeinen Formeln (G1) und (G2) H den Grundzustand des Wirtsmaterials 131 darstellt.

[0055] In den allgemeinen Formeln (G1) und (G2) gibt es dreimal so viele Paare von Triplett-Exzitonen mit einer Gesamtspinquantenzahl von 1 (Atomeinheit) wie Paare von Triplett-Exzitonen mit einer Gesamtspinquantenzahl von 0. Mit anderen Worten: Wenn ein Exziton aus zwei Triplett-Exzitonen gebildet wird, beträgt das Singulett-Triplett-Exzitonbildungsverhältnis nach der statistisch erhaltenen Wahrscheinlichkeit 1:3. In dem Fall, in dem die Dichte der Triplett-Exzitonen in der Licht emittierenden Schicht 130 ausreichend hoch (z. B. $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ oder mehr) ist, kann nur die Reaktion von zwei Triplett-Exzitonen, die nahe beieinander kommen, in Betracht gezogen werden, wohingegen ein Quench eines einzelnen Triplett-Exzitons ignoriert wird.

[0056] Somit werden durch eine Reaktion der allgemeinen Formel (G1) und drei Reaktionen der allgemeinen Formel (G2) ein Singulett-Exziton ($^1H^*$) und drei hochwertige Triplett-Exzitonen ($^3H^{**}$), die elektronisch oder oszillierend angeregt werden, aus acht Triplett-Exzitonen ($^3H^*$) gebildet.



[0057] Die elektronisch oder oszillierend angeregten hochwertigen Triplett-Exzitonen (${}^3\text{H}^{**}$), die in der allgemeinen Formel (G3) erzeugt werden, werden durch schnelle Relaxation zu Triplett-Exzitonen und wiederholen dann die Reaktion der allgemeinen Formel (G3) wieder mit anderen Triplett-Exzitonen. Daher wird in der allgemeinen Formel (G3) dann, wenn sämtliche Triplett-Exzitonen (${}^3\text{H}^*$) in Singulett-Exzitonen (${}^1\text{H}^*$) umgewandelt werden, ein Singulett-Exziton (${}^1\text{H}^*$) aus fünf Triplett-Exzitonen (${}^3\text{H}^*$) erzeugt (die allgemeine Formel (G4)).



[0058] Das statistische Verhältnis von Singulett-Exzitonen (${}^1\text{H}^*$) zu Triplett-Exzitonen (${}^3\text{H}^*$), die direkt durch Rekombination von Ladungsträgern, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, gebildet werden, ist wie folgt: ${}^1\text{H}^*: {}^3\text{H}^* = 1:3$. Das heißt, dass die Wahrscheinlichkeit von Singulett-Exzitonen, die direkt durch Rekombination von Ladungsträgern, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, gebildet werden, 25 % beträgt.

[0059] Wenn die Singulett-Exzitonen, die direkt durch Rekombination von Ladungsträgern, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt gebildet werden, und die Singulett-Exzitonen, die durch TTA gebildet werden, zusammengesetzt werden, können acht Singulett-Exzitonen aus zwanzig Exzitonen (der Summe von Singulett-Exzitonen und Triplett-Exzitonen) gebildet werden, die direkt durch Rekombination von Ladungsträgern, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, gebildet werden (die allgemeine Formel (G5)). Das heißt, dass TTA die Wahrscheinlichkeit der Bildung eines Singulett-Exzitons von dem herkömmlichen Wert 25 % auf maximal 40 % (= 8/20) erhöhen kann.



[0060] In dem Singulett-Anregungszustand des Wirtsmaterials 131, der durch die Singulett-Exzitonen, die durch den vorstehenden Prozess gebildet worden sind, gebildet wird, wird Energie von dem S1-Niveau (S_{FH}) des Wirtsmaterials 131 auf das S1-Niveau (S_{FG}) des Gastmaterials 132 übertragen, das niedriger ist als S_{FH} (siehe Route A in **Fig. 1C**). Dann emittiert das Gastmaterial 132, das in einen Singulett-Anregungszustand versetzt worden ist, eine Fluoreszenz.

[0061] In dem Fall, in dem Ladungsträger in dem Gastmaterial 132 rekombinieren und ein Anregungszustand, der von den gebildeten Exzitonen gebildet wird, ein Triplett-Anregungszustand ist, wird die Triplett-Anregungsenergie von T_{FG} nicht deaktiviert und wird auf T_{FH} übertragen (siehe Route B in **Fig. 1C**), um zu TTA beizutragen, wenn das T1-Niveau (T_{FH}) des Wirtsmaterials 131 niedriger ist als das T1-Niveau (T_{FG}) des Gastmaterials 132.

[0062] In dem Fall, in dem das T1-Niveau (T_{FG}) des Gastmaterials 132 niedriger ist als das T1-Niveau (T_{FH}) des Wirtsmaterials 131, ist das Gewichtsprozent des Gastmaterials 132 vorzugsweise niedriger als dasjenige des Wirtsmaterials 131. Insbesondere ist das Gewichtsverhältnis des Gastmaterials 132 zu dem Wirtsmaterial 131 vorzugsweise größer als 0 und kleiner als oder gleich 0,05, was die Wahrscheinlichkeit der Ladungsträgerrekombination in dem Gastmaterial 132 verringert. Außerdem kann die Wahrscheinlichkeit der Energieübertragung von dem T1-Niveau (T_{FH}) des Wirtsmaterials 131 auf das T1-Niveau (T_{FG}) des Gastmaterials 132 verringert werden.

[0063] Wie vorstehend beschrieben worden ist, können Triplett-Exzitonen, die in der Licht emittierenden Schicht 130 gebildet werden, durch TTA in Singulett-Exzitonen umgewandelt werden, so dass eine Lichtemission von dem Gastmaterial 132 in effizienter Weise erhalten werden kann.

<Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA>

[0064] Wie vorstehend beschrieben worden ist, können die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Singulett-Exzitonen und die Emissionseffizienz eines Licht emittierenden Elements durch TTA erhöht werden; somit ist eine Erhöhung der Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA (auch als TTA-Effizienz bezeichnet) wichtig, um eine hohe Emissionseffizienz zu erzielen. Das heißt, dass eine verzögerte Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA einen hohen Anteil einer Lichtemission von dem Licht emittierenden Element besitzen soll.

[0065] Wie vorstehend beschrieben worden ist, kann die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Singulett-Exzitonen dank des TTA-Prozesses auf maximal 40 % erhöht werden, einschließlich von 25 %, welche von den Singlett-Exzitonen, die durch Rekombination von Ladungsträgern, die von einem Paar von Elektroden injiziert werden, direkt gebildet werden, eingenommen werden. Daher kann der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA auf maximal 37,5 % ((40 % - 25 %)/40 %) einer Lichtemission von dem Licht emittierenden Element erhöht werden.

<Verbesserte Emissionseffizienz durch die Erhöhung der verzögerten Fluoreszenzkomponente in der Lichtemission>

[0066] Beispielsweise beträgt bei einem Licht emittierenden Element, das blaues Licht emittiert und eine Anthracenverbindung enthält, die im Allgemeinen als Wirtsmaterial verwendet wird, eine verzögerte Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA ungefähr 10 % einer Lichtemission. Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung die verzögerte Fluoreszenz Licht bezeichnet, das erhalten wird, nachdem die stetige Injektion von Ladungsträgern in eine Licht emittierende Schicht unterbrochen worden ist, und das kontinuierlich 1×10^{-6} s oder länger mit einem Intensitätsverhältnis von 0,01 oder mehr hinsichtlich der Emissionsintensität, bei der Ladungsträger stetig injiziert werden, emittiert wird.

[0067] Um die Emissionseffizienz eines Licht emittierenden Elements, das blaues Licht emittiert, zu verbessern, muss der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA in einer Lichtemission weiter erhöht werden.

[0068] Wie vorstehend beschrieben worden ist, wird in dem TTA-Prozess ein Singulett-Exziton aus Triplett-Exzitonen gebildet, die in dem Ladungsträgerrekombinationsprozess in der Licht emittierenden Schicht 130 gebildet werden. Wenn die Triplett-Exzitonen, die in dem Ladungsträgerrekombinationsprozess gebildet werden, in einem anderen Prozess gequencht werden, tragen sie jedoch nicht zur Bildung des Singulett-Exzitons bei, was eine Verringerung der verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA in der Lichtemission von dem Licht emittierenden Element verursacht.

[0069] Die gebildeten Triplett-Exzitonen könnten durch verschiedene Faktoren gequencht werden, wobei einer von ihnen die Aktion von Ladungsträgerelektronen in der Licht emittierenden Schicht 130 ist. Die Triplett-Exzitonen, die in der Licht emittierenden Schicht 130 gebildet werden, werden in einigen Fällen gequencht, wenn sie mit Ladungsträgerelektronen wechselwirken.

[0070] Daher wird bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Dichte von Ladungsträgerelektronen in der Licht emittierenden Schicht 130 angepasst, um das Quenching von Triplett-Exzitonen zu verringern. Die Ladungsträgerelektronen in der Licht emittierenden Schicht 130 werden hauptsächlich von der Elektronentransportschicht 118 zugeführt; demzufolge muss nur die Übertragung von Ladungsträgerelektronen von der Elektronentransportschicht 118 auf die Licht emittierende Schicht 130 angepasst werden. Dies kann erzielt werden, indem eine Energiebarriere zwischen dem LUMO-Niveau eines Materials, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, und dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, bereitgestellt wird.

[0071] Bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das LUMO-Niveau des Materials, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, niedriger gemacht als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, so dass eine Energiebarriere gegen die Übertragung von Ladungsträgerelektronen gebildet wird. Wenn die Übertragung von Ladungsträgerelektronen auf die Licht emittierende Schicht 130 behindert wird, verbreitet sich der Ladungsträgerrekombinationsbereich in der Licht emittierenden Schicht 130 zu der Seite der Elektronentransportschicht 118, und sowohl die Triplett-Exzitonen als auch die Ladungsträgerelektronen weisen eine niedrigere Dichte in dem Rekombinationsbereich auf, was zu einer Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Quenching der Triplett-Exzitonen führt. Es ist unnötig zu erwähnen, dass eine verringerte Dichte von Triplett-Exzitonen die Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA selbst verringern könnte. Jedoch haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung herausgefunden, dass die Wirkung der verringerten Elektronendichte zum Verhindern des Quenching von Triplett-Exzitonen größer ist und die nachteilige Wirkung der verringerten Dichte von Triplett-Exzitonen kompensiert und dass TTA mit höherer Wahrscheinlichkeit bei der vorstehenden Struktur auftritt.

[0072] Fig. 2 zeigt das Energiediagramm, in dem das LUMO-Niveau des Materials, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, höher oder niedriger ist als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131,

das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist. Es wird aus **Fig. 2** gefunden, dass sich ein Rekombinationsbereich zu der Seite der Elektronentransportschicht (ETL) 118 verbreitet, wenn eine Energiebarriere zwischen der Elektronentransportschicht (ETL) 118 und der Licht emittierenden Schicht (EmL) 130 gebildet wird; somit verringern sich sowohl die Triplett-Exzitonen- als auch die Elektronendichte, was die Wahrscheinlichkeit des Quenchens von Triplett-Exzitonen verringert. Eine verringerte Wahrscheinlichkeit des Quenchens erhöht die Anzahl von Singulett-Exzitonen, die in dem TTA-Prozess aus Triplett-Exzitonen gebildet werden, wodurch die verzögerte Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA in der Lichtemission von dem Licht emittierenden Element zunimmt. Als Ergebnis kann die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verbessert werden.

[0073] Bei den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA höher als oder gleich 10 % einer Lichtemission von dem Licht emittierenden Element sein. Des Weiteren kann der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA höher als oder gleich 15 % einer Lichtemission von dem Licht emittierenden Element sein, wenn ein Material mit einem relativ tiefen LUMO-Niveau für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird. Um eine derartige Wirkung zu erzielen, wird eine geeignete Energiebarriere, vorzugsweise größer als oder gleich 0,05 eV, zwischen dem LUMO-Niveau des Materials, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, und dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131 bereitgestellt, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist.

[0074] In dem Fall, in dem das Material, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, hier ein sehr tiefes LUMO-Niveau aufweist, ist es unwahrscheinlich, dass Ladungsträgerelektronen von der Elektronentransportschicht 118 auf die Licht emittierende Schicht 130 übertragen werden, um die Ladungsträgerbalance in der Licht emittierenden Schicht 130 zu beeinflussen, was die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements verringern könnte. Im Gegensatz dazu soll die vorstehend erwähnte Energiebarriere hoch genug sein, um die Übertragung von Ladungsträgerelektronen von der Elektronentransportschicht 118 auf die Licht emittierende Schicht 130 in geeigneter Weise zu unterdrücken. Daher ist die Differenz zwischen dem LUMO-Niveau des Materials, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, und dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, vorzugsweise größer als oder gleich 0,05 eV und kleiner als oder gleich 0,3 eV.

[0075] Wie vorstehend beschrieben worden ist, unterdrückt das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in geeigneter Weise die Übertragung von Ladungsträgerelektronen von der Elektronentransportschicht 118 auf die Licht emittierende Schicht 130. Wenn Ladungsträgerelektronen in der Licht emittierenden Schicht 130 von dem Gastmaterial 132, das in weniger Quantität als das Wirtsmaterial 131 vorhanden ist, eingefangen werden, ist es somit weniger wahrscheinlich, dass Elektronen auch in der Licht emittierenden Schicht 130 übertragen werden, was eine unnötige Erhöhung der Ansteuerspannung verursacht. Im Hinblick darauf ist das LUMO-Niveau des Gastmaterials vorzugsweise höher als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials.

[0076] Es sei angemerkt, dass ein Faktor für eine verzögerte Fluoreszenz bei einem Licht emittierenden Element, abgesehen von TTA, eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz aufgrund von umgekehrtem Intersystem-Crossing von dem Triplett-Anregungszustand zu dem Singulett-Anregungszustand sein kann. Um das umgekehrte Intersystem-Crossing in effizienter Weise herbeizuführen, ist eine Energiedifferenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau vorzugsweise kleiner als oder gleich 0,2 eV. Mit anderen Worten: Eine Energiedifferenz zwischen dem S1-Niveau und dem T1-Niveau von größer als 0,2 eV führt kaum das umgekehrte Intersystem-Crossing herbei. Um TTA in effizienter Weise zu bewirken, ist daher eine Energiedifferenz zwischen dem niedrigsten Singulett-Anregungsenergieniveau und dem niedrigsten Triplett-Anregungsenergieniveau einer Verbindung, in der TTA auftritt, bevorzugt größer als 0,2 eV, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,5 eV.

[0077] Das niedrigste Singulett-Anregungsenergieniveau einer organischen Verbindung kann aus einem Absorptionsspektrum bei einem Übergang von dem Grundzustand zum niedrigsten Singulett-Anregungszustand in der organischen Verbindung beobachtet werden. Alternativ kann das niedrigste Singulett-Anregungsenergieniveau aus einer Peakwellenlänge eines Fluoreszenzspektrums der organischen Verbindung geschätzt werden. Des Weiteren kann das niedrigste Triplett-Anregungsenergieniveau aus einem Absorptionsspektrum bei einem Übergang von dem Grundzustand zum niedrigsten Triplett-Anregungszustand in der organischen Verbindung beobachtet werden; jedoch ist es in einigen Fällen schwierig zu beobachten, da dieser Übergang ein verbotener Übergang ist. In derartigen Fällen kann das niedrigste Triplett-Anregungsenergieniveau aus einer Peakwellenlänge eines Phosphoreszenzspektrums der organischen Verbindung

geschätzt werden. Somit ist eine Differenz des äquivalenten Energiewertes zwischen den Peakwellenlängen der Fluoreszenz- und Phosphoreszenzspektren der organischen Verbindung bevorzugt größer als 0,2 eV, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,5 eV.

<Lochtransportschicht und Verbesserung der Emissionseffizienz>

[0078] Die Beziehung zwischen dem Material, das in der Elektronentransportschicht 118 enthalten ist, und der Emissionseffizienz ist vorstehend beschrieben worden. Als Nächstes wird die Beziehung zwischen dem Material, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, und der Emissionseffizienz beschrieben.

[0079] Das Material, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, weist vorzugsweise ein höheres LUMO-Niveau als das Wirtsmaterial 131 auf. In dem Fall, in dem das Material, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, das gleiche LUMO-Niveau wie das Wirtsmaterial 131 aufweist, verbleiben Ladungsträgerelektronen, die die Licht emittierende Schicht 130 erreicht haben, in der Licht emittierenden Schicht 130 nicht und bewegen sich in die Lochtransportschicht 112 fort. Dann rekombinieren Ladungsträger auch in der Lochtransportschicht 112, was die Effizienz der Rekombination von Ladungsträgern in der Licht emittierenden Schicht 130 verringert. Dies verursacht eine verringerte Emissionseffizienz, sofern die Energie von Exzitonen, die in der Lochtransportschicht 112 erzeugt werden, nicht auf das Licht emittierende Material in der Licht emittierenden Schicht 130 übertragen werden kann.

[0080] Daher weist das Material, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, vorzugsweise ein höheres LUMO-Niveau als das Wirtsmaterial 131 auf. Es sei angemerkt, dass das LUMO-Niveau des Materials, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, vorzugsweise um mehr als oder gleich 0,3 eV höher ist als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131, wobei in diesem Fall die Übertragung von Ladungsträgerelektronen von der Licht emittierenden Schicht 130 auf die Lochtransportschicht 112 effektiv unterdrückt werden kann.

<Unterdrückung der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie>

[0081] Die Triplett-Anregungsenergie, die in der Licht emittierenden Schicht 130 erzeugt wird, verbleibt auf die folgende Weise in der Licht emittierenden Schicht 130, um nicht die Licht emittierende Schicht 130 zu verlassen.

[0082] Wenn sich die Triplett-Anregungsenergie, die in der Licht emittierenden Schicht 130 erzeugt wird, nach außen überträgt, verringert sich die Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA in der Licht emittierenden Schicht 130. Mit anderen Worten: Die Unterdrückung der Übertragung der Triplett-Anregungsenergie resultiert darin, dass eine hohe Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA in der Licht emittierenden Schicht und eine hohe Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements aufrechterhalten werden.

[0083] Als Erstes wird, um die Übertragung von Triplett-Anregungsenergie von der Licht emittierenden Schicht 130 auf die Lochtransportschicht 112 zu unterdrücken, das T1-Niveau des Materials, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, bevorzugt höher als, stärker bevorzugt um mehr als oder gleich 0,2 eV höher als das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, gemacht.

[0084] In ähnlicher Weise wird, um die Übertragung der Triplett-Anregungsenergie von der Licht emittierenden Schicht 130 auf die Elektronentransportschicht 118 zu unterdrücken, das T1-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht 118 enthalten ist, bevorzugt höher als, stärker bevorzugt um mehr als oder gleich 0,2 eV höher als das T1-Niveau des Wirtsmaterials 131, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, gemacht.

[0085] Wenn verhindert wird, dass sich Triplett-Anregungsenergie überträgt, und sie in der Licht emittierenden Schicht 130 verbleibt, ist es wahrscheinlich, dass die Triplett-Anregungsenergie nur aufgrund von TTA verloren geht, so dass die Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA in der Licht emittierenden Schicht 130 und die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements hoch gehalten werden können.

<Messung der verzögerten Fluoreszenzkomponente>

[0086] Es wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Messen der verzögerten Fluoreszenzkomponente in einer Lichtemission von einer Licht emittierenden Schicht beschrieben.

[0087] Wenn Ladungsträger stetig in die Licht emittierende Schicht injiziert werden, weist eine Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht eine Intensität auf, die eine verzögerte Fluoreszenzkomponente und weitere Komponenten enthält. Die Emissionsintensität, die die verzögerte Fluoreszenz betrifft, erreicht ein Maximum, wenn Ladungsträger über einen ausreichenden Zeitraum in die Licht emittierende Schicht injiziert werden. Daher bezeichnet der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente in einer Lichtemission einen Wert in einem Zustand, in dem Ladungsträger stetig in die Licht emittierende Schicht injiziert werden.

[0088] Der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente in einer Lichtemission kann gemessen werden, indem die Injektion von Ladungsträgern in die Licht emittierende Schicht unterbrochen wird und das abgeschwächte Licht gemessen wird. Nachdem die Ladungsträgerinjektion unterbrochen worden ist, quencht die Fluoreszenz normalerweise in einigen Nanosekunden, während die verzögerte Fluoreszenz in einigen Mikrosekunden quencht. Demzufolge kann die verzögerte Fluoreszenz gemessen werden, indem die Komponente, die in einigen Mikrosekunden quencht, beobachtet wird.

[0089] Die Abschwächung von Licht wird mit einer Streak-Kamera für einige Mikrosekunden beobachtet, nachdem die Injektion von Ladungsträgern in die Licht emittierende Schicht unterbrochen worden ist, wodurch eine exponentielle Schwächungskurve erhalten werden kann. Die Lichtemission enthält eine verzögerte Fluoreszenzkomponente und weitere Komponenten, kurz nachdem die Ladungsträgerinjektion in die Licht emittierende Schicht unterbrochen worden ist; nach einigen Nanosekunden oder später verbleibt in der Tat nur die verzögerte Fluoreszenzkomponente. Daher kann, indem die Schwächungskurve einer exponentiellen Funktion angepasst wird, eine Formel der Schwächungskurve, bei der die Zeit als Parameter dient, erhalten werden.

[0090] Die Zeit 0 s wird bei der Formel der Schwächungskurve angewendet, um den Intensitätswert der verzögerten Fluoreszenzkomponente zu dem Zeitpunkt zum Unterbrechen der Ladungsträgerinjektion zu schätzen. Ladungsträger werden im Moment der Unterbrechung der Ladungsträgerinjektion in die Licht emittierende Schicht stetig injiziert, d. h., dass die geschätzte Intensität der verzögerten Fluoreszenzkomponente gleich ist der Intensität der verzögerten Fluoreszenzkomponente zu dem Zeitpunkt, zu dem Ladungsträger stetig injiziert werden. Der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente in einer Lichtemission kann aus der erhaltenen Intensität der verzögerten Fluoreszenzkomponente und der Emissionsintensität der Licht emittierenden Schicht, in die Ladungsträger stetig injiziert werden, berechnet werden.

[0091] Es sei angemerkt, dass die verzögerte Fluoreszenzkomponente in einer Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht nicht nur eine verzögerte Fluoreszenz, die aus dem TTA-Prozess mit einer intermolekularen Wechselwirkung stammt, sondern auch eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz (thermally activated delayed fluorescence, TADF), die aus der Energieübertragung eines Moleküls von einem Triplett-Anregungsenergieniveau auf ein Singulett-Anregungsenergieniveau stammt, umfassen könnte. Die TADF wird unter den folgenden Bedingungen erzeugt, die die umgekehrte Energieübertragung von dem Triplett-Anregungsenergieniveau auf das Singulett-Anregungsenergieniveau ermöglicht. Beide der Energieniveaus müssen nahe beieinander liegen; insbesondere soll die Energiedifferenz zwischen kleiner als oder gleich 0,2 eV sein, um die TADF zu bewirken. Jedoch erfüllen nur einige der Moleküle, die für die Licht emittierende Schicht verwendet werden, die Bedingungen. Sofern kein Molekül mit einer kleinen Energiedifferenz in einer Licht emittierenden Schicht verwendet wird, muss die TADF daher nicht notwendigerweise in Betracht gezogen werden und kann die verzögerte Fluoreszenzkomponente in einer Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht im Wesentlichen aus dem TTA-Prozess stammen.

[0092] Für spezifische Messungen können auf Beispiele Bezug genommen werden.

<Molekülorientierung und Auskopplungseffizienz>

[0093] Bei einer organischen EL werden einer Licht emittierenden Schicht Ladungsträger zugeführt und rekombinieren dort, so dass Licht von einem Gastmaterial, das in der Licht emittierenden Schicht enthalten ist, emittiert wird. In einigen Fällen ist die Lichtemission anisotrop, d. h., dass sie eine winkelabhängige Intensität aufweist. Die Lichtemission ist senkrecht zu dem Übergangsdipolmoment des Gastmaterials; demzufolge beeinflusst die Orientierung des Übergangsdipolmoments die Winkelabhängigkeit der Lichtemission. Da die Orientierung des Übergangsdipolmoments eines organischen Moleküls durch die Molekülorientierung des organischen Moleküls beeinflusst wird, weist eine Lichtemission von dem Gastmaterial manchmal eine Anisotropie aufgrund der Molekülorientierung des Gastmaterials auf.

[0094] Die Licht emittierende Schicht beinhaltet eine Vielzahl von Molekülen, und das Gastmaterial ist in dem Wirtsmaterial dispergiert. In einigen Herstellungsbedingungen der Licht emittierenden Schicht sind die Gastmoleküle in dem Wirtsmaterial nicht wahllos, sondern in einer Richtung orientiert, das heißt, dass die Gastmoleküle die ungleichmäßige Molekülorientierung aufweisen können. Wenn das Gastmaterial in der Licht emittierenden Schicht eine Orientierung aufweist, die es ermöglicht, dass Licht aus einem Licht emittierenden Element leicht entnommen wird, wird die Auskopplungseffizienz des Licht emittierenden Elements verbessert. Insbesondere sind die Gastmoleküle vorzugsweise derart orientiert, dass ihr Übergangsdipolmoment horizontal zu einer Substratoberfläche ist.

[0095] In der Schätzung der Molekülorientierung in einem tatsächlichen Licht emittierenden Element ist es nicht einfach, die Orientierung des Übergangsdipolmoments eines Moleküls, insbesondere eines Gastmaterials, in einer Licht emittierenden Schicht direkt zu beobachten. Um die Molekülorientierung eines Licht emittierenden Materials in der Licht emittierenden Schicht zu schätzen, haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung daher ein Verfahren angenommen, bei dem Licht, das von der Licht emittierenden Schicht emittiert wird, linear polarisiert wird, um eine p-polarisierte Komponente zu entnehmen, und bei dem die Winkelabhängigkeit der integrierten Intensität des erhaltenen p-polarisierten Emissionsspektrums von dem sichtbaren bis zum Nahinfrarotbereich (von 440 nm bis 956 nm) gemessen und durch Berechnung (Simulation) analysiert wird. Das Schätzverfahren der Molekülorientierung wird im Folgenden beschrieben.

[0096] Wenn Gastmoleküle in Wirtsmolekülen wahllos orientiert sind, wird der folgende Zustand erhalten. Das gesamte Übergangsdipolmoment sämtlicher Moleküle weist die gleiche Komponente in der x-Richtung, der y-Richtung und der z-Richtung auf, die orthogonal zueinander sind. Beispielsweise beträgt in dem Fall, in dem sich eine Schicht auf einer Ebene entlang der x-Richtung und der y-Richtung befindet und Moleküle in der Schicht isotrop orientiert sind, eine Komponente eines Übergangsdipolmoments parallel zu der Schicht, die zwei Dimensionen aufweist, zwei Drittel (67 %) der gesamten Komponente, und eine Komponente senkrecht zu der Schicht beträgt ein Drittel (33 %) der gesamten Komponente.

[0097] Als Nächstes wird die Messung beschrieben. Bei der Messung der Intensität von Licht von einer Licht emittierenden Schicht tritt das Licht in einen Glan-Taylor-Polarisator ein und passiert denselben, bevor es in einen Detektor eintritt. Daher kann nur eine Polarisationskomponente in einer bestimmten Richtung durch den Detektor erkannt werden.

[0098] Hier werden, wie in **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** gezeigt, drei Arten von Komponenten des Übergangsdipolmoments von Licht bestimmt: A) eine Komponente 181 eines Übergangsdipolmoments, die parallel zu der Licht emittierenden Schicht 130 und in einer Richtung parallel zu einer Beobachtungsrichtung 180 des Detektors ist; B) eine Komponente 182 eines Übergangsdipolmoments, die parallel zu der Licht emittierenden Schicht 130 und in einer Richtung senkrecht zu der Beobachtungsrichtung 180 des Detektors ist; und C) eine Komponente 183 eines Übergangsdipolmoments, die in einer Richtung senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht 130 ist. Die Komponente B kann den Glan-Taylor-Polarisator zwischen dem Detektor und der Licht emittierenden Schicht 130 nicht passieren, und somit wird sie nicht durch den Detektor erkannt. Mit anderen Worten: P-polarisierte Emission, die die Komponenten A und C enthält, wird bei dieser Messung beobachtet.

[0099] Als Nächstes wird, um die Winkelabhängigkeit einer Lichtemission zu messen, die Licht emittierende Schicht 130 allmählich von der Anfangsposition geneigt, in der die Licht emittierende Schicht 130 in einer Richtung senkrecht zu einem Detektor 185 ist. **Fig. 4A** zeigt den Anfangszustand und **Fig. 4B** zeigt die geneigte Licht emittierende Schicht 130 (Neigungswinkel θ). Im Anfangszustand (Neigungswinkel = 0°) misst der Detektor 185, der vor der Licht emittierenden Schicht 130 liegt, kein Licht, das aus der vorstehend erwähnten Komponente C stammt, sondern die Komponente A. Wenn sich der Neigungswinkel der Licht emittierenden Schicht 130 erhöht, werden nicht nur die Komponente A, sondern auch die Komponente C allmählich durch den Detektor 185 je nach dem Neigungswinkel gemessen. Auf diese Weise kann die Winkelabhängigkeit einer Lichtemission gemessen werden.

[0100] In dem Licht, das aus dem Element entnommen wird, weist die Komponente senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht 130 eine viel geringere Intensität als die Komponente parallel zu der Licht emittierenden Schicht 130 auf; in diesem Fall ist die Komponente C schwierig zu messen. Daher wird die Dicke jeder Schicht des Licht emittierenden Elements im Voraus angepasst, und die Emissionsintensität der Komponente parallel zu der Licht emittierenden Schicht 130 wird unter Nutzung einer optischen Interferenz verringert. Licht, das direkt aus dem Licht emittierenden Element entnommen wird, enthält eine Komponente, die direkt aus der Licht emittierenden Schicht 130 entnommen wird, und eine Komponente, die entnommen wird, nachdem Licht, das in der Licht emittierenden Schicht 130 erzeugt wird, in eine Elektrode eingetreten ist und

davon reflektiert worden ist. Die Phasen der zwei Komponenten werden umgekehrt und heben sich auf, indem die Dicke jeder Schicht des Licht emittierenden Elements angepasst wird. Dies kann die Komponente A schwächen, was die Beobachtung der Komponente C vereinfacht.

[0101] Die Winkelabhängigkeit einer Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht kann auf die vorstehende Weise gemessen werden. Die gemessenen Ergebnisse werden dargestellt, um ein Diagramm zu erhalten, in dem die horizontale Achse den Neigungswinkel der Licht emittierenden Schicht 130 von dem Anfangszustand darstellt und die vertikale Achse die normalisierte integrierte Intensität eines Emissionspektrums darstellt. Die Form des Diagramms verändert sich mit dem Verhältnis der Komponente A zu der Komponente C in der Lichtemission. Die Form jedes Diagramms mit einem unterschiedlichen Verhältnis der Komponente A zu der Komponente C in der Lichtemission kann durch Berechnung (Simulation) erhalten werden. Mit anderen Worten: Das Verhältnis der Komponente A zu der Komponente C in der Lichtemission kann erhalten werden, indem das Diagramm des Ergebnisses der Berechnung dem Diagramm des Ergebnisses der Messung angepasst wird. Jedes Molekül (in diesem Fall ein Gastmaterial) weist eine einzigartige Orientierung eines Übergangsdipolmoments auf; daher können die Informationen über die Orientierung des Gastmaterials aus dem Verhältnis der Komponente A zu der Komponente C erhalten werden.

[0102] Die Komponente A von höher als 67 % bedeutet eine große Menge einer Komponente eines Übergangsdipolmoments parallel zu der Licht emittierenden Schicht; kurz gesagt, eine hundertprozentige Komponente A bedeutet eine vollständig horizontale Orientierung. Da Licht in einer Richtung senkrecht zu dem Übergangsdipolmoment emittiert wird, erhöht sich die Auskopplungseffizienz, wenn das Übergangsdipolmoment paralleler zu der Licht emittierenden Schicht wird. Das heißt, dass sich die Emissionseffizienz des Elements erhöht, wenn die Komponente A näher an 100 % kommt.

[0103] Es sei angemerkt, dass es dann, wenn Licht, das von dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung emittiert wird, bei der vorstehenden Messung beobachtet wird, gefunden wird, dass das Gastmaterial nicht wahllos, sondern in einer bestimmten Richtung orientiert ist und das Übergangsdipolmoment signifikant von der Richtung senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht abweicht. Die Intensität einer Lichtemission in der Richtung senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht nimmt zu, wenn das Übergangsdipolmoment von der Richtung senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht abweicht. Dies deutet darauf hin, dass die Orientierung des Gastmaterials zur hohen Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beiträgt.

[0104] Es sei angemerkt, dass für Details der Messung und Berechnung auch auf die Beschreibung von Beispielen Bezug genommen werden kann.

<Materialien>

[0105] Als Nächstes werden Komponenten des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführlich beschrieben.

<<Licht emittierende Schicht>>

[0106] In der Licht emittierenden Schicht 130 ist das Gewichtsprozent des Wirtsmaterials 131 mindestens höher als dasjenige des Gastmaterials 132, und das Gastmaterial 132 (das fluoreszierende Material) ist in dem Wirtsmaterial 131 dispergiert. Das Wirtsmaterial 131 in der Licht emittierenden Schicht 130 ist vorzugsweise eine organische Verbindung, in der verzögerte Fluoreszenzkomponenten aufgrund von Triplet-Triplett-Annihilation (TTA) einen hohen Anteil von emittiertem Licht besitzen, insbesondere eine organische Verbindung, in der verzögerte Fluoreszenzkomponenten aufgrund von TTA 20 % oder mehr betragen. Es sei angemerkt, dass in der Licht emittierenden Schicht 130 das Wirtsmaterial 131 aus einer Verbindungsart oder einer Vielzahl von Verbindungen bestehen kann.

[0107] In der Licht emittierenden Schicht 130 ist das Gastmaterial 132 vorzugsweise, ohne jedoch besonders darauf beschränkt zu sein, ein Anthracen-Derivat, ein Tetracen-Derivat, ein Chrysen-Derivat, ein Phenanthren-Derivat, ein Pyren-Derivat, ein Perylen-Derivat, ein Stilben-Derivat, ein Acridon-Derivat, ein Cumarin-Derivat, ein Phenoxazin-Derivat, ein Phenothiazin-Derivat oder dergleichen, und ein beliebiges der folgenden Materialien kann beispielsweise verwendet werden.

[0108] Die Beispiele umfassen 5,6-Bis[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAP2BPy), 5,6-Bis[4'-(10-phenyl-9-anthryl)biphenyl-4-yl]-2,2'-bipyridin (Abkürzung: PAPP2BPy), N,N'-Diphenyl-N,N'-bis

[4-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6FLPAPrN), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrN), N,N'-Bis[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N,N'-diphenylstilben-4,4'-diamin (Abkürzung: YGA2S), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: YGAPA), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(9,10-diphenyl-2-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: 2YGAPPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), Perylen, 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylene (Abkürzung: TBP), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)-4'-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)triphenylamin (Abkürzung: PCBAPA), N,N''-(2-tert-Butylantracen-9, 10-diyldi-4,1-phenylen)bis[N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylen diamin] (Abkürzung: DPABPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(9,10-diphenyl-2-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)phenyl]-N,N',N',N'',N'',N'''-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysene-2,7,10,15-tetraamin (Abkürzung: DBC1), Cumarin 30, N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,9-diphenyl-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCABPhA), N-(9,10-Diphenyl-2-anthryl)-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylenediamin (Abkürzung: 2DPAPA), N-[9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-anthryl]-N,N',N'-triphenyl-1,4-phenylenediamin (Abkürzung: 2DPABPhA), 9,10-Bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-N-[4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl]-N-phenylantracen-2-amin (Abkürzung: 2YGABPhA), N,N,9-Triphenylantracen-9-amin (Abkürzung: DPhA-PhA), Cumarin 6, Cumarin 545T, N,N'-Diphenylchinacridon (Abkürzung: DPQd), Rubren, 5,12-Bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetracen (Abkürzung: BPT), 2-{2-[2-(Dimethylamino)phenyl]ethenyl}-6-methyl-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: DCM1), 2-{2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: DCM2), N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)tetracen-5,11-diamin (Abkürzung: p-mPhTD), 7,14-Diphenyl-N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1,2-a]fluoranthen-3,10-diamin (Abkürzung: p-mPhAFD), 2-{2-Isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: DCJTI), 2-{2-tert-Butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: DCJTB), 2-(2,6-Bis{2-[4-(dimethylamino)phenyl]ethenyl}-4H-pyran-4-yliden)propandinitril (Abkürzung: BisDCM), 2-{2,6-Bis[2-(8-methoxy-1,1,7,7-tetramethyl-2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden} propandinitril (Abkürzung: BisDCJTM) und 5,10,15,20-Tetraphenylbisbenzo[5,6]indeno[1,2,3-cd:1',2',3'-Im]perylene.

[0109] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht 130 ein anderes Material als das Wirtsmaterial 131 und das Gastmaterial 132 enthalten kann.

[0110] Obwohl es keine besondere Beschränkung hinsichtlich eines Materials gibt, das in der Licht emittierenden Schicht 130 verwendet werden kann, kann beispielsweise ein beliebiges der folgenden Materialien verwendet werden: Metallkomplexe, wie z. B. Tris(8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Almq₃), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂), Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAIq), Bis(8-chinolinolato)zink(II) (Abkürzung: Znq), Bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnPBO) und Bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]zink(II) (Abkürzung: ZnBTZ); heterocyclische Verbindungen, wie z. B. 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), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-Benzotriyl)tris(1-phenyl-1H-benzimidazol) (Abkürzung: TPBI), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen), Bathocuproin (Abkürzung: BCP) und 9-[4-(5-Phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CO11); und aromatische Aminverbindungen, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD) und 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB). Zusätzlich können kondensierte polycyclische aromatische Verbindungen, wie z. B. Anthracen-Derivate, Phenanthren-Derivate, Pyren-Derivate, Chrysen-Derivate und Dibenzo[g,p]chrysen-Derivate verwendet werden. Spezifische Beispiele dafür umfassen 9,10-Diphenylantracen (Abkürzung: DPAnt), N,N-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: CzA1PA), 4-(10-Phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: DPhPA), 4-(9H-Carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-anthryl)triphenylamin (Abkürzung: YGAPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPA), N,9-Diphenyl-N-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: PCAPBA), N,9-Diphenyl-N-(9,10-diphenyl-2-anthryl)-9H-carbazol-3-amin (Abkürzung: 2PCAPA), 6,12-Dimethoxy-5,11-diphenylchrysen, N,N,N',N',N'',N'''-Octaphenyldibenzo[g,p]chrysen-2,7,10,15-tetraamin (Abkürzung: DBC1), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA), 3,6-Diphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: DPCzPA), 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 9,9'-Bianthryl (Abkürzung: BANT), 9,9'-(Stilben-3,3'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS), 9,9'-(Stilben-4,4'-diyl)diphenanthren (Abkürzung: DPNS2) und 1,3,5-Tri(1-pyrenyl)benzol (Abkürzung: TPB3). Eine

oder mehrere Substanz/en mit einer größeren Energielücke als das Gastmaterial 132 wird/werden vorzugsweise aus diesen Substanzen und bekannten Substanzen ausgewählt.

[0111] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht 130 eine Struktur aufweisen kann, bei der zwei oder mehr Schichten übereinander angeordnet sind. In dem Fall, in dem beispielsweise die Licht emittierende Schicht 130 ausgebildet wird, indem eine erste Licht emittierende Schicht und eine zweite Licht emittierende Schicht in dieser Reihenfolge von der Seite der Lochtransportschicht aus übereinander angeordnet werden, wird eine Substanz mit einer Lochtransporteigenschaft als Wirtsmaterial der ersten Licht emittierenden Schicht verwendet und wird eine Substanz mit einer Elektronentransporteigenschaft als Wirtsmaterial der zweiten Licht emittierenden Schicht verwendet. Alternativ kann die Licht emittierende Schicht 130 einen ersten Bereich, der ein Wirtsmaterial und ein Gastmaterial enthält, und einen zweiten Bereich umfassen, der ein Wirtsmaterial enthält.

[0112] Als Nächstes werden im Folgenden die Details anderer Komponenten des Licht emittierenden Elements 150 in **Fig. 1A** beschrieben.

<<Paar von Elektroden>>

[0113] Die Elektrode 101 und die Elektrode 102 weisen Funktionen zum Injizieren von Löchern und Elektronen in die Licht emittierende Schicht 130 auf. Die Elektroden 101 und 102 können beispielsweise unter Verwendung eines Metalls, einer Legierung bzw. einer leitenden Verbindung oder eines Gemisches bzw. einer Schichtanordnung davon ausgebildet werden. Ein typisches Beispiel für das Metall ist Aluminium; daneben kann auch ein Übergangsmetall, wie z. B. Silber, Wolfram, Chrom, Molybdän, Kupfer oder Titan, ein Alkalimetall, wie z. B. Lithium oder Cäsium, oder ein Metall der Gruppe 2, wie z. B. Calcium oder Magnesium, verwendet werden. Als Übergangsmetall kann ein Seltenerdmetall, wie z. B. Ytterbium (Yb), verwendet werden. Als Legierung kann eine Legierung, die ein beliebiges der vorstehenden Metalle enthält, verwendet werden, wobei MgAg und AlLi als Beispiele angegeben werden können. Als leitende Verbindung kann ein Metalloxid, wie z. B. Indiumoxid-Zinnoxid (Indiumzinnoxid), angegeben werden. Es ist auch möglich, ein anorganisches, auf Kohlenstoff basierendes Material, wie z. B. Graphen, als leitende Verbindung zu verwenden. Wie vorstehend beschrieben worden ist, können/kann die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 ausgebildet werden, indem zwei oder mehr von diesen Materialien übereinander angeordnet werden.

[0114] Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 130 emittiert wird, wird über die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 entnommen. Deshalb lässt mindestens eine der Elektroden 101 und 102 sichtbares Licht durch. In dem Fall, in dem die Elektrode, über die Licht entnommen wird, unter Verwendung eines Materials mit niedriger Lichtdurchlässigkeit, wie z. B. eines Metalls oder einer Legierung, ausgebildet wird, werden/wird die Elektrode 101 und/oder die Elektrode 102 in einer Dicke ausgebildet, die dünn genug ist, um sichtbares Licht durchzulassen (z. B. in einer Dicke von 1 nm bis 10 nm).

<<Lochinjektionsschicht>>

[0115] Die Lochinjektionsschicht 111 weist eine Funktion zum Verringern einer Barriere für eine Lochinjektion von einer Elektrode des Paares von Elektroden (der Elektrode 101 oder der Elektrode 102) auf, um die Lochinjektion zu fördern, und wird beispielsweise unter Verwendung eines Übergangsmetalloxides, eines Phthalocyanin-Derivats oder eines aromatischen Amins ausgebildet. Als Übergangsmetallocloid kann Molybdänoxid, Vanadiumoxid, Rutheniumoxid, Wolframoxid, Manganoxid oder dergleichen angegeben werden. Als Phthalocyanin-Derivat kann Phthalocyanin, Metallphthalocyanin oder dergleichen angegeben werden. Als aromatisches Amin kann ein Benzidin-Derivat, ein Phenylendiamin-Derivat oder dergleichen angegeben werden. Es ist auch möglich, eine hochmolekulare Verbindung, wie z. B. Polythiophen oder Polyanilin, zu verwenden; ein typisches Beispiel dafür ist Poly(ethylendioxythiophen)/Poly(styrolsulfonsäure), welches ein selbstdotiertes Polythiophen ist.

[0116] Als Lochinjektionsschicht 111 kann auch eine Schicht verwendet werden, die ein Verbundmaterial aus einem Lochtransportmaterial und einem Material enthält, das eine Eigenschaft zum Aufnehmen von Elektronen von dem Lochtransportmaterial aufweist. Alternativ kann auch eine Schichtanordnung aus einer Schicht, die ein Material enthält, das eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, und einer Schicht verwendet werden, die ein Lochtransportmaterial enthält. In einem stabilen Zustand oder in Anwesenheit eines elektrischen Feldes können elektrische Ladungen zwischen diesen Materialien übertragen werden. Als Beispiele für das Material, das eine Elektronenakzeptoreigenschaft aufweist, können organische Akzeptoren, wie z. B. ein Chinoximethan-Derivat, ein Chloranil-Derivat und ein Hexaazatriphenyl-Derivat, angegeben werden. Ein spe-

zifisches Beispiel ist eine Verbindung mit einer elektronenziehenden Gruppe (einer Halogen-Gruppe oder einer Cyano-Gruppe), wie z. B. 7,7,8,8-Tetracyano-2,3,5,6-tetrafluorochinodimethan (Abkürzung: F₄-TCNQ), Chloranil oder 2,3,6,7,10,11-Hexacyano-1,4,5,8,9,12-hexaaazatriphenylen (Abkürzung: HAT-CN). Alternativ kann auch ein Übergangsmetallocid, wie z. B. ein Oxid eines Metalls aus der Gruppe 4 bis Gruppe 8, verwendet werden. Insbesondere kann Vanadiumoxid, Nioboxid, Tantaloxid, Chromoxid, Molybdänoxid, Wolframoxid, Manganoxid, Rheniumoxid oder dergleichen verwendet werden. Insbesondere wird Molybdänoxid bevorzugt, da es an der Luft stabil ist, eine geringe hygrokopische Eigenschaft aufweist und leicht zu handhaben ist.

[0117] Ein Material, das eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen aufweist, kann als Lochtransportmaterial verwendet werden, wobei ein Material mit einer Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher vorzuziehen ist. Insbesondere kann ein aromatisches Amin, ein Carbazol-Derivat, ein aromatischer Kohlenwasserstoff, ein Stilben-Derivat oder dergleichen verwendet werden. Ferner kann es sich bei dem Lochtransportmaterial um eine hochmolekulare Verbindung handeln.

[0118] Beispiele für die aromatische Aminverbindung, die eine hohe Lochtransporteigenschaft aufweist, umfassen N,N'-Di(p-tolyl)-N,N'-diphenyl-p-phenylen diamin (Abkürzung: DTDPPA), 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).

[0119] Spezifische Beispiele für das Carbazol-Derivat sind 3-[N-(9-Phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA1), 3,6-Bis[N-(9-phenylcarbazol-3-yl)-N-phenylamino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCA2), 3-[N-(1-Naphthyl)-N-(9-phenylcarbazol-3-yl)amino]-9-phenylcarbazol (Abkürzung: PCzPCN1) und 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn).

[0120] Weitere Beispiele für das Carbazol-Derivat umfassen 4,4'-Di(N-carbazolyl)biphenyl (Abkürzung: CBP), 1,3,5-Tris[4-(N-carbazolyl)phenyl]benzol (Abkürzung: TCPB), 9-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: CzPA) und 1,4-Bis[4-(N-carbazolyl)phenyl]-2,3,5,6-tetraphenylbenzol.

[0121] Beispiele für den aromatischen Kohlenwasserstoff sind 2-tert-Butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDNA), 2-tert-Butyl-9,10-di(1-naphthyl)anthracen, 9,10-Bis(3,5-diphenylphenyl)anthracen (Abkürzung: DPPA), 2-tert-Butyl-9,10-bis(4-phenylphenyl)anthracen (Abkürzung: t-BuDBA), 9,10-Di(2-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DNA), 9,10-Diphenylanthracen (Abkürzung: DPAanth), 2-tert-Butylanthracen (Abkürzung: t-BuAnth), 9,10-Bis(4-methyl-1-naphthyl)anthracen (Abkürzung: DMNA), 2-tert-Butyl-9,10-bis[2-(1-naphthyl)phenyl]anthracen, 9,10-Bis[2-(1-naphthyl)phenyl]anthracen, 2,3,6,7-Tetramethyl-9,10-di(1-naphthyl)anthracen, 2,3,6,7-Tetramethyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracen, 9,9'-Bianthryl, 10,10'-Diphenyl-9,9'-bianthryl, 10,10'-Bis(2-phenylphenyl)-9,9'-bianthryl, 10,10'-Bis[(2,3,4,5,6-pentaphenyl)phenyl]-9,9'-bianthryl, Anthracen, Tetracen, Rubren, Perylen und 2,5,8,11-Tetra(tert-butyl)perylene. Weitere Beispiele sind Pentacen und Coronen. Der aromatische Kohlenwasserstoff, der eine Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder mehr und 14 bis 42 Kohlenstoffatome aufweist, wird besonders bevorzugt.

[0122] Der aromatische Kohlenwasserstoff kann ein Vinyl-Gerüst umfassen. Beispiele für den aromatischen Kohlenwasserstoff mit einer Vinyl-Gruppe sind 4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl (Abkürzung: DPVBi) und 9,10-Bis[4-(2,2-diphenylvinyl)phenyl]anthracen (Abkürzung: DPVPA).

[0123] Weitere Beispiele sind hochmolekulare Verbindungen, 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) und Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidin] (Abkürzung: Poly-TPD).

<<Lochtransportschicht>>

[0124] Die Lochtransportschicht 112 ist eine Schicht, die ein Lochtransportmaterial enthält, und kann unter Verwendung eines beliebigen der Materialien ausgebildet werden, die als Beispiele für das Material der Lochinjektionsschicht 111 angegeben worden sind. Damit die Lochtransportschicht 112 eine Funktion aufweist, Löcher, die in die Lochinjektionsschicht 111 injiziert werden, zu der Licht emittierenden Schicht 130 zu transportieren, ist das höchste besetzte Molekülorbital- (HOMO-) Niveau der Lochtransportschicht 112 vorzugsweise gleich oder nahe an dem HOMO-Niveau der Lochinjektionsschicht 111.

[0125] Zusätzlich zu den Materialien, die als Material für die Lochinjektionsschicht 111 angegeben worden sind, kann eine beliebige der folgenden Substanzen mit einer hohen Lochtransporteigenschaft als Lochtransportsmaterial verwendet werden: aromatische Aminverbindungen, wie z. B. 4,4'-Bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: NPB), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamin (Abkürzung: TPD), 4,4',4"-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin (Abkürzung: TDATA), 4,4',4"-Tris[N-(3-methylphenyl)-N-phenylamino]triphenylamin (Abkürzung: MTDATA), 4,4'-Bis[N-(spiro-9,9'-bifluoren-2-yl)-N-phenylamino]biphenyl (Abkürzung: BSPB) und 4-Phenyl-4'-(9-phenylfluoren-9-yl)triphenylamin (Abkürzung: BPAFLP) und dergleichen. Die hier genannten Substanzen sind hauptsächlich Substanzen, die eine Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher aufweisen. Es sei angemerkt, dass jede andere Substanz als die hier genannten Substanzen verwendet werden kann, solange die Lochtransporteigenschaft höher ist als die Elektronentransporteigenschaft. Die Schicht, die eine Substanz mit einer hohen Lochtransporteigenschaft enthält, ist nicht auf eine Einzelschicht beschränkt, und zwei oder mehr Schichten, die die vorstehend erwähnten Substanzen enthalten, können übereinander angeordnet werden.

[0126] Das Lochtransportmaterial, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, weist vorzugsweise ein höheres LUMO-Niveau und ein höheres niedrigstes Triplett-Anregungsenergie- (T1-) Niveau als das Wirtsmaterial 131 in der Licht emittierenden Schicht auf. In dem Fall, in dem das Material, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist, das gleiche LUMO-Niveau wie das Wirtsmaterial 131 aufweist, verbleiben Ladungsträgerelektronen, die die Licht emittierende Schicht 130 erreicht haben, in der Licht emittierenden Schicht 130 nicht und bewegen sich in die Lochtransportschicht 112 fort. Dann rekombinieren weniger Exzitonen in der Licht emittierenden Schicht 130, was die Emissionseffizienz verringert. In dem Fall, in dem das niedrigste Triplett-Anregungsenergie- (T1-) Niveau gleich demjenigen des Wirtsmaterials 131 ist, tritt keine TTA von Triplett-Exzitonen, die in der Licht emittierenden Schicht 130 erzeugt werden, auf, so dass die Triplett-Energie in die Lochtransportschicht 112 diffundiert, was eine verringerte Emissionseffizienz verursacht.

[0127] Beispielsweise wird 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn) vorzugsweise als Lochtransportmaterial verwendet, das in der Lochtransportschicht 112 enthalten ist. PCPPn weist angemessen ein hohes LUMO-Niveau und ein hohes T1-Niveau auf; somit kann eine Diffusion von Ladungsträgerelektronen von der Licht emittierenden Schicht 130 in die Lochtransportschicht 112 angemessen unterdrückt werden, was die Auftrittswahrscheinlichkeit von TTA in der Licht emittierenden Schicht 130 und die Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements erhöht.

<<Elektronentransportschicht>>

[0128] Die Elektronentransportschicht 118 weist eine Funktion auf, Elektronen, die von der anderen Elektrode des Paares von Elektroden (der Elektrode 101 oder der Elektrode 102) über die Elektroneninjektionschicht 119 injiziert werden, zu der Licht emittierenden Schicht 130 zu transportieren. Ein Material mit einer Eigenschaft zum Transportieren von mehr Elektronen als Löchern kann als Elektronentransportmaterial verwendet werden, wobei ein Material mit einer Elektronenbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher vorzuziehen ist. Spezifische Beispiele umfassen einen Metallkomplex mit einem Chinolin-Liganden, einem Benzochinolin-Liganden, einem Oxazol-Liganden oder einem Thiazol-Liganden; ein Oxadiazol-Derivat; ein Triazol-Derivat; ein Phenanthrolin-Derivat; ein Pyridin-Derivat; ein Bipyridin-Derivat; und ein Pyrimidin-Derivat.

[0129] Spezifische Beispiele umfassen Metallkomplexe mit einem Chinolin- oder Benzochinolin-Gerüst, wie z. B. Tris(8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Alq), Tris(4-methyl-8-chinolinolato)aluminium(III) (Abkürzung: Almq₃), Bis(10-hydroxybenzo[h]chinolinato)beryllium(II) (Abkürzung: BeBq₂) und Bis(2-methyl-8-chinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminium(III) (Abkürzung: BAjq). Alternativ kann ein Metallkomplex mit einem Liganden auf Oxazol-Basis oder Thiazol-Basis, wie z. B. Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzoxazolato]zink(II) (Abkürzung: Zn(BOX)₂) oder Bis[2-(2-hydroxyphenyl)benzothiazolato]zink(II) (Abkürzung: Zn(BTZ)₂), verwendet werden. Neben den Metallkomplexen kann auch eine beliebige der folgenden Substanzen verwendet werden: 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (Abkürzung: PBD), 1,3-Bis[5-(p-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzol (Abkürzung: OXD-7), 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazol (Abkürzung: TAZ), Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen) und Bathocuproin (Abkürzung: BCP). Die hier beschriebenen Substanzen sind hauptsächlich Substanzen, die eine Elektronenbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher aufweisen. Die Elektronentransportschicht 118 ist nicht auf eine Einzelschicht beschränkt, und zwei oder mehr Schichten, die die vorstehend erwähnten Substanzen enthalten, können übereinander angeordnet werden.

[0130] Insbesondere wird als Elektronentransportmaterial mit einem tiefen LUMO vorzugsweise 2,2'-(Pyridin-2,6-diyl)bis(4,6-diphenylpyrimidin) (Abkürzung: 2,6(P2Pm)2Py), 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphe-

nyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen), 2,2'-(Pyridin-2,6-diyl)bis(4-phenylbenzo[h]chinazolin) (Abkürzung: 2,6(P-Bqn)2Py) oder dergleichen verwendet.

[0131] Als weiteres Elektronentransportmaterial mit einem tiefen LUMO wird eine Substanz vorzugsweise verwendet, deren Molekülstruktur ein Gerüst mit einem kondensierten heteroaromatischen Ring, das ein Diazin-Gerüst oder ein Triazin-Gerüst umfasst, umfasst. Eine Substanz, deren Molekülstruktur ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyrimidin-Gerüst umfasst, wird in der ersten Ausführungsform vorzugsweise verwendet, während in der zweiten Ausführungsform das erste Material eine Substanz ist, deren Molekülstruktur ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyrimidin-Gerüst umfasst.

[0132] Das LUMO-Niveau des Materials, das für die Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, wird vorzugsweise niedriger gemacht als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials 131, das in der Licht emittierenden Schicht 130 enthalten ist, wobei in diesem Fall eine Energiebarriere gegen die Übertragung von Ladungsträgerelektronen gebildet werden kann. Die Energiebarriere behindert die Übertragung von Ladungsträgerelektronen auf die Licht emittierende Schicht 130, so dass sich der Ladungsträgerrekombinationsbereich in der Licht emittierenden Schicht 130 zu der Seite der Elektronentransportschicht 118 verbreitet, und sowohl die Triplet-Exzitonen als auch die Ladungsträgerelektronen eine niedrigere Dichte in dem Rekombinationsbereich aufweisen, was zu einer Verringerung des Quenching der Exzitonen, die durch die Injektion von Ladungsträgerelektronen in die Triplet-Exzitonen herbeigeführt werden, führt.

[0133] Zwischen der Elektronentransportschicht 118 und der Licht emittierenden Schicht 130 kann eine Schicht bereitgestellt werden, die den Transport von Elektronenladungsträgern steuert. Diese ist eine Schicht, die durch Zusatz einer kleinen Menge einer Substanz mit einer hohen Elektroneneinfangeigenschaft zu dem vorstehend erwähnten Material mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft ausgebildet wird, und die Schicht kann die Ladungsträgerbalance durch Verzögern des Transports von Elektronenladungsträgern anpassen. Eine derartige Struktur ist sehr wirkungsvoll, um ein Problem (wie z. B. eine Verringerung der Lebensdauer des Elements) zu verhindern, welches entsteht, wenn Elektronen die Licht emittierende Schicht passieren.

<<Elektroneninjektionsschicht>>

[0134] Die Elektroneninjektionsschicht 119 weist eine Funktion zum Verringern einer Barriere für eine Elektroneninjektion von der Elektrode 102 auf, um die Elektroneninjektion zu fördern, und kann beispielsweise unter Verwendung eines Metalls der Gruppe 1 oder eines Metalls der Gruppe 2 oder eines Oxides, eines Halogenids oder eines Carbonats eines beliebigen der Metalle ausgebildet werden. Alternativ kann auch ein Verbundmaterial verwendet werden, das ein Elektronentransportmaterial (vorstehend beschrieben) und ein Material enthält, das eine Eigenschaft zum Abgeben von Elektronen an das Elektronentransportmaterial aufweist. Als Material, das eine Elektronen abgebende Eigenschaft aufweist, kann ein Metall der Gruppe 1, ein Metall der Gruppe 2, ein Oxid eines beliebigen der Metalle oder dergleichen angegeben werden.

[0135] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Schicht, die Lochinjektionsschicht, die Lochtransportschicht, die Elektronentransportschicht und die Elektroneninjektionsschicht, welche vorstehend beschrieben worden sind, jeweils durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Tiefdruckverfahren oder dergleichen ausgebildet werden können. Neben den vorstehend erwähnten Materialien kann eine anorganische Verbindung oder eine hochmolekulare Verbindung (z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer oder ein Polymer) in der Licht emittierenden Schicht, der Lochinjektionsschicht, der Lochtransportschicht, der Elektronentransportschicht und der Elektroneninjektionsschicht verwendet werden.

<<Substrat>>

[0136] Das Licht emittierende Element 150 kann über einem Substrat aus Glas, Kunststoff oder dergleichen hergestellt werden. Beim Übereinanderanordnen von Schichten über dem Substrat können Schichten sequenziell von der Seite der Elektrode 101 aus oder sequenziell von der Seite der Elektrode 102 aus übereinander angeordnet werden.

[0137] Es sei angemerkt, dass beispielsweise Glas, Quarz, Kunststoff oder dergleichen für das Substrat verwendet werden kann, über dem das Licht emittierende Element 150 ausgebildet werden kann. Alternativ kann ein flexibles Substrat verwendet werden. Das flexible Substrat ist beispielsweise ein Substrat, das gebogen werden kann, wie z. B. ein Kunststoffsubstrat aus Polycarbonat oder Polyarylat. Ein Film, ein durch Ver-

dampfung ausgebildeter anorganischer Film oder dergleichen kann auch verwendet werden. Es sei angemerkt, dass andere Materialien als diese verwendet werden können, solange sie als Träger in einem Herstellungsprozess des Licht emittierenden Elements und eines optischen Elements dienen können oder solange sie eine Funktion zum Schützen des Licht emittierenden Elements und des optischen Elements aufweisen.

[0138] Das Licht emittierende Element 150 kann beispielsweise unter Verwendung verschiedener Substrate ausgebildet werden. Der Typ des Substrats ist nicht auf einen bestimmten Typ beschränkt. Als Substrat kann ein Halbleitersubstrat (z. B. ein einkristallines Substrat oder 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, ein Befestigungsfilm, Papier, das ein Fasermaterial enthält, ein Basismaterialfilm oder dergleichen verwendet werden. Beispiele für das Glassubstrat umfassen ein Bariumborosilikatglas-Substrat, ein Aluminoborosilikatglas-Substrat und ein Kalknatronglas-Substrat. Beispiele für das flexible Substrat, den Befestigungsfilm, den Basismaterialfilm und dergleichen sind Substrate aus Kunststoffen, für die Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylennapthalat (PEN), Polyethersulfon (PES) und Polytetrafluorethylen (PTFE) typische Beispiele sind. Ein weiteres Beispiel ist ein Harz, wie z. B. Acryl. Weitere Beispiele sind Polypropylen, Polyester, Polyvinylfluorid und Polyvinylchlorid. Weitere Beispiele sind Polyamid, Polyimid, Aramid, Epoxid, ein durch Verdampfung ausgebildeter anorganischer Film und Papier.

[0139] Alternativ kann ein flexibles Substrat als Substrat verwendet werden, und das Licht emittierende Element kann direkt auf dem flexiblen Substrat bereitgestellt werden. Alternativ kann eine Trennschicht zwischen dem Substrat und dem Licht emittierenden Element bereitgestellt werden. Die Trennschicht kann verwendet werden, wenn ein Teil des Licht emittierenden Elements oder das gesamte Licht emittierende Element, das über der Trennschicht ausgebildet ist, fertig gestellt, von dem Substrat getrennt und auf ein anderes Substrat übertragen wird. In einem derartigen Fall kann das Licht emittierende Element auch auf ein Substrat mit geringer Wärmebeständigkeit oder auf ein flexibles Substrat übertragen werden. Für die vorstehende Trennschicht kann beispielsweise eine Schichtanordnung, die anorganische Filme, nämlich einen Wolframfilm und einen Siliziumoxidfilm, beinhaltet, oder ein Harzfilm aus Polyimid oder dergleichen verwendet werden, der über einem Substrat ausgebildet ist.

[0140] Mit anderen Worten: Nachdem das Licht emittierende Element unter Verwendung eines Substrats ausgebildet worden ist, kann das Licht emittierende Element auf ein anderes Substrat übertragen werden. Beispiele für ein Substrat, auf das das Licht emittierende Element übertragen wird, umfassen zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Substraten ein Zellglassubstrat, ein Steinsubstrat, ein Holzsubstrat, ein Stoffsubstrat (darunter auch eine Naturfaser (z. B. Seide, Baumwolle oder Hanf), eine Kunstfaser (z. B. Nylon, Polyurethan oder Polyester), eine Regeneratfaser (z. B. Acetat, Cupro, Viskose oder regenerierten Polyester), ein Ledersubstrat und ein Gummisubstrat. Wenn ein derartiges Substrat verwendet wird, kann ein Licht emittierendes Element mit hoher Beständigkeit, ein Licht emittierendes Element mit hoher Wärmebeständigkeit, ein leichtes, Licht emittierendes Element oder ein dünnes, Licht emittierendes Element erhalten werden.

[0141] Das Licht emittierende Element 150 kann beispielsweise über einer Elektrode, die elektrisch mit einem Feldeffekttransistor (field-effect transistor, FET) verbunden ist, der über dem vorstehend erwähnten Substrat ausgebildet ist, ausgebildet werden, so dass eine Aktivmatrix-Anzeigevorrichtung hergestellt werden kann, bei der der FET den Betrieb des Licht emittierenden Elements 150 steuert.

[0142] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist bei dieser Ausführungsform beschrieben worden. Eine weitere Ausführungsform wird auch bei den anderen Ausführungsformen beschrieben. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese beschränkt ist. Beispielsweise zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, ein Beispiel, in dem der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von TTA größer als oder gleich 10 % einer Lichtemission von einer EL-Schicht ist und das LUMO-Niveau eines Materials, das in einer Elektronentransportschicht enthalten ist, niedriger ist als das LUMO-Niveau eines Wirtsmaterials, das in einer Licht emittierenden Schicht enthalten ist. Je nach Umständen oder Bedingungen muss bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die verzögerte Fluoreszenzkomponente nicht notwendigerweise größer als oder gleich 10 % einer Lichtemission von der EL-Schicht betragen. Alternativ kann das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht enthalten ist, höher sein als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials. Als weiteres Beispiel zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, ein Beispiel, in dem das LUMO-Niveau eines Materials, das in einer Elektronentransportschicht enthalten ist, um mehr als oder gleich 0,05 eV niedriger ist als das LUMO-Niveau eines Wirtsmaterials, das in einer Licht emittierenden Schicht enthalten ist. Je nach Umständen oder Bedingungen muss bei

einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielsweise das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht enthalten ist, nicht notwendigerweise um mehr als oder gleich 0,05 eV niedriger sein als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials, das in der Licht emittierenden Schicht enthalten ist.

[0143] Die vorstehend bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann je nach Bedarf mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden.

(Ausführungsform 2)

[0144] Bei dieser Ausführungsform werden Strukturbeispiele des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, anhand von **Fig. 5** bis **Fig. 7B** beschrieben.

<Strukturbeispiel 1 des Licht emittierenden Elements>

[0145] Ein Strukturbeispiel des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden anhand von **Fig. 5** beschrieben. **Fig. 5** ist eine Querschnittsansicht, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0146] Ein Licht emittierendes Element 250 in **Fig. 5** weist eine Bottom-Emissions-Struktur auf, bei der Licht über ein Substrat 200 entnommen wird. Jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Struktur beschränkt und kann eine Top-Emissions-Struktur, bei der Licht, das von dem Licht emittierenden Element emittiert wird, in einer dem Substrat 200 entgegengesetzten Richtung entnommen wird, oder eine Dual-Emissions-Struktur aufweisen, bei der Licht, das von dem Licht emittierenden Element emittiert wird, sowohl nach oben als auch nach unten bezüglich des Substrats 200 entnommen wird, über dem das Licht emittierende Element ausgebildet ist.

[0147] Das Licht emittierende Element 250 beinhaltet die Elektrode 101 und die Elektrode 102 über dem Substrat 200. Zwischen den Elektroden 101 und 102 sind eine Licht emittierende Schicht 123B, eine Licht emittierende Schicht 123G und eine Licht emittierende Schicht 123R bereitgestellt. Die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 sind auch bereitgestellt.

[0148] In dem Fall, in dem das Licht emittierende Element eine Bottom-Emissions-Struktur aufweist, weist die Elektrode 101 vorzugsweise eine Funktion zum Durchlassen von Licht auf und weist die Elektrode 102 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf.

[0149] Bei dem Licht emittierenden Element 250, das in **Fig. 5** dargestellt wird, ist eine Trennwand 140 zwischen einem Bereich 221B, einem Bereich 221G und einem Bereich 221R bereitgestellt, die zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 angeordnet sind. Die Trennwand 140 weist eine isolierende Eigenschaft auf. Die Trennwand 140 bedeckt Endabschnitte der Elektrode 101 und weist Öffnungen auf, die sich mit der Elektrode überlappen. Durch die Trennwand 140 kann die Elektrode 101, die in den Bereichen über dem Substrat 200 bereitgestellt ist, in Inselformen geteilt werden.

[0150] Die Licht emittierenden Schichten 123B, 123G und 123R enthalten vorzugsweise Licht emittierende Materialien mit Funktionen zum Emittieren von Licht unterschiedlicher Farben. Wenn beispielsweise die Licht emittierende Schicht 123B, die Licht emittierende Schicht 123G und die Licht emittierende Schicht 123R Licht emittierende Materialien mit Funktionen zum Emittieren von blauem Licht, grünem Licht bzw. rotem Licht enthalten, kann das Licht emittierende Element 250 in einer Vollfarbanzeigevorrichtung verwendet werden. Die Dicken der Licht emittierenden Schichten können gleich sein oder sich voneinander unterscheiden.

[0151] Wie bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, wird das LUMO-Niveau eines Materials, das in der Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, niedriger gemacht als das LUMO-Niveau eines Wirtsmaterials, das in der Licht emittierenden Schicht 123B enthalten ist. Dies ermöglicht die Herstellung eines Licht emittierenden Elements, bei dem eine verzögerte Fluoreszenzkomponente einen relativ hohen Anteil einer Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht 123B besitzt.

[0152] Es sei angemerkt, dass eine oder mehrere der Licht emittierenden Schichten 123B, 123G und 123R zwei oder mehr übereinander angeordnete Schichten beinhalten kann/können.

<Strukturbeispiel 2 des Licht emittierenden Elements>

[0153] Als Nächstes werden Strukturbeispiele, die sich von dem Licht emittierenden Element unterscheiden, das in **Fig. 5** dargestellt wird, im Folgenden anhand von **Fig. 6A** und **Fig. 6B** beschrieben.

[0154] **Fig. 6A** und **Fig. 6B** sind Querschnittsansichten eines Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In **Fig. 6A** und **Fig. 6B** wird in einigen Fällen ein Abschnitt mit einer ähnlichen Funktion wie derjenige in **Fig. 5** durch das gleiche Schraffurmuster wie in **Fig. 5** dargestellt und nicht eigens mit einem Bezugszeichen versehen. Zudem werden gemeinsame Bezugszeichen für Abschnitte mit ähnlichen Funktionen verwendet, und eine ausführliche Beschreibung derartiger Abschnitte wird in einigen Fällen nicht wiederholt.

[0155] **Fig. 6A** und **Fig. 6B** stellen jeweils ein Strukturbeispiel eines Licht emittierenden Tandemelements dar, bei dem mehrere Licht emittierende Schichten zwischen einem Paar von Elektroden übereinander angeordnet sind, wobei eine Ladungserzeugungsschicht 115 zwischen den Licht emittierenden Schichten bereitgestellt ist. Ein Licht emittierendes Element 252, das in **Fig. 6A** dargestellt wird, weist eine Top-Emissions-Struktur auf, bei der Licht in einer dem Substrat 200 entgegengesetzten Richtung entnommen wird, und ein Licht emittierendes Element 254, das in **Fig. 6B** dargestellt wird, weist eine Bottom-Emissions-Struktur auf, bei der Licht über das Substrat 200 entnommen wird. Jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Strukturen beschränkt, und sie kann eine Dual-Emissions-Struktur aufweisen, bei der Licht, das von dem Licht emittierenden Element emittiert wird, sowohl nach oben als auch nach unten bezüglich des Substrats 200 entnommen wird, über dem das Licht emittierende Element ausgebildet ist.

[0156] Die Licht emittierenden Elemente 252 und 254 beinhalten jeweils die Elektrode 101, die Elektrode 102, eine Elektrode 103 und eine Elektrode 104 über dem Substrat 200. Eine Licht emittierende Schicht 160, die Ladungserzeugungsschicht 115 und eine Licht emittierende Schicht 170 sind zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102, zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 103 und zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 104 bereitgestellt. Die Lochinjektionsschicht 111, die Lochtransportschicht 112, eine Elektronentransportschicht 113, eine Elektroneninjektionsschicht 114, eine Lochinjektionsschicht 116, eine Lochtransportschicht 117, die Elektronentransportschicht 118 und die Elektroneninjektionsschicht 119 sind ferner bereitgestellt.

[0157] Die Elektrode 101 beinhaltet eine leitende Schicht 101a und eine leitende Schicht 101b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 101a. Die Elektrode 103 beinhaltet eine leitende Schicht 103a und eine leitende Schicht 103b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 103a. Die Elektrode 104 beinhaltet eine leitende Schicht 104a und eine leitende Schicht 104b über und in Kontakt mit der leitenden Schicht 104a.

[0158] Bei dem Licht emittierenden Element 252, das in **Fig. 6A** dargestellt wird, und dem Licht emittierenden Element 254, das in **Fig. 6B** dargestellt wird, ist die Trennwand 140 zwischen einem Bereich 222B, der zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 angeordnet ist, einem Bereich 222G, der zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 103 angeordnet ist, und einem Bereich 222R bereitgestellt, der zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 104 angeordnet ist. Die Trennwand 140 weist eine isolierende Eigenschaft auf. Die Trennwand 140 bedeckt Endabschnitte der Elektroden 101, 103 und 104 und weist Öffnungen auf, die sich mit den Elektroden überlappen. Durch die Trennwand 140 können die Elektroden, die in den Bereichen über dem Substrat 200 bereitgestellt sind, in Inselformen geteilt werden.

[0159] Die Licht emittierenden Elemente 252 und 254 beinhalten jeweils ein Substrat 220, das mit einem optischen Element 224B, einem optischen Element 224G und einem optischen Element 224R in der Richtung versehen ist, in der Licht, das aus dem Bereich 222B emittiert wird, Licht, das aus dem Bereich 222G emittiert wird, bzw. Licht, das aus dem Bereich 222R emittiert wird, entnommen werden. Das Licht, das aus jedem Bereich emittiert wird, wird über jedes optische Element zur Außenseite des Licht emittierenden Elements emittiert. Mit anderen Worten: Das Licht aus dem Bereich 222B, das Licht aus dem Bereich 222G und das Licht aus dem Bereich 222R werden über das optische Element 224B, das optische Element 224G bzw. das optische Element 224R emittiert.

[0160] Die optischen Elemente 224B, 224G und 224R weisen jeweils eine Funktion zum selektiven Durchlassen von Licht einer bestimmten Farbe des einfallenden Lichts auf. Beispielsweise handelt es sich bei dem Licht, das aus dem Bereich 222B über das optische Element 224B emittiert wird, um blaues Licht, bei dem Licht, das aus dem Bereich 222G über das optische Element 224G emittiert wird, um grünes Licht und bei dem Licht, das aus dem Bereich 222R über das optische Element 224R emittiert wird, um rotes Licht.

[0161] Es sei angemerkt, dass in **Fig. 6A** und **Fig. 6B** blaues Licht (B), grünes Licht (G) und rotes Licht (R), die aus den Bereichen über die optischen Elemente emittiert werden, schematisch durch gestrichelte Pfeile dargestellt werden.

[0162] Eine lichtundurchlässige Schicht 223 ist zwischen den optischen Elementen bereitgestellt. Die lichtundurchlässige Schicht 223 weist eine Funktion zum Blockieren von Licht auf, das aus den benachbarten Bereichen emittiert wird. Es sei angemerkt, dass die lichtundurchlässige Schicht 223 weggelassen werden kann.

<<Mikrokavität>>

[0163] Des Weiteren weisen die Licht emittierenden Elemente 252 und 254 jeweils eine Mikrokavitätsstruktur auf.

[0164] Licht, das von den Licht emittierenden Schichten 160 und 170 emittiert wird, schwingt zwischen einem Paar von Elektroden (z. B. den Elektroden 101 und 102). Bei jedem der Licht emittierenden Elemente 252 und 254 werden die Dicken der leitenden Schichten (der leitenden Schicht 101b, der leitenden Schicht 103b und der leitenden Schicht 104b) in jedem Bereich angepasst, so dass die Wellenlänge von Licht, das von den Licht emittierenden Schichten 160 und 170 emittiert wird, verstärkt werden kann. Es sei angemerkt, dass sich die Dicke von mindestens einer der Lochinjektionsschicht 111 und der Lochtransportschicht 112 zwischen den Bereichen unterscheiden kann, so dass die Wellenlänge von Licht, das von den Licht emittierenden Schichten 160 und 170 emittiert wird, verstärkt wird.

[0165] Beispielsweise wird in dem Fall, in dem der Brechungsindex des leitenden Materials mit einer Funktion zum Reflektieren von Licht in den Elektroden 101 bis 104 niedriger ist als der Brechungsindex der Licht emittierenden Schicht 160 oder 170, die Dicke der leitenden Schicht 101b der Elektrode 101 derart angepasst, dass die optische Weglänge zwischen der Elektrode 101 und der Elektrode 102 $m_B \lambda_B / 2$ beträgt (m_B ist eine natürliche Zahl und λ_B ist eine Wellenlänge von Licht, das in dem Bereich 222B verstärkt wird). Die Dicke der leitenden Schicht 103b der Elektrode 103 wird in ähnlicher Weise derart angepasst, dass die optische Weglänge zwischen der Elektrode 103 und der Elektrode 102 $m_G \lambda_G / 2$ beträgt (m_G ist eine natürliche Zahl und λ_G ist eine Wellenlänge von Licht, das in dem Bereich 222G verstärkt wird). Des Weiteren wird die Dicke der leitenden Schicht 104b der Elektrode 104 derart angepasst, dass die optische Weglänge zwischen der Elektrode 104 und der Elektrode 102 $m_R \lambda_R / 2$ beträgt (m_R ist eine natürliche Zahl und λ_R ist eine Wellenlänge von Licht, das in dem Bereich 222R verstärkt wird).

[0166] Auf die vorstehende Weise können durch die Mikrokavitätsstruktur, bei der die optische Weglänge zwischen dem Paar von Elektroden in den jeweiligen Bereichen angepasst wird, eine Streuung und Absorption von Licht in der Umgebung der Elektroden unterdrückt werden, was zu einer hohen Auskopplungseffizienz führt. Bei der vorstehenden Struktur weist jede der leitenden Schichten 101b, 103b und 104b vorzugsweise eine Funktion zum Durchlassen von Licht auf. Die Materialien der leitenden Schichten 101b, 103b und 104b können gleich sein oder sich voneinander unterscheiden. Die leitenden Schichten 101b, 103b und 104b können jeweils zwei oder mehr übereinander angeordnete Schichten aufweisen.

[0167] Es sei angemerkt, dass die leitende Schicht 101a der Elektrode 101, die leitende Schicht 103a der Elektrode 103 und die leitende Schicht 104a der Elektrode 104 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht aufweisen, da das Licht emittierende Element 252, das in **Fig. 6A** dargestellt wird, eine Top-Emissions-Struktur aufweist. Außerdem weist die Elektrode 102 vorzugsweise Funktionen zum Durchlassen und Reflektieren von Licht auf.

[0168] Da das Licht emittierende Element 254, das in **Fig. 6B** dargestellt wird, eine Bottom-Emissions-Struktur aufweist, weisen die leitende Schicht 101a der Elektrode 101, die leitende Schicht 103a der Elektrode 103 und die leitende Schicht 104a der Elektrode 104 vorzugsweise Funktionen zum Durchlassen und Reflektieren von Licht auf. Außerdem weist die Elektrode 102 vorzugsweise eine Funktion zum Reflektieren von Licht auf.

[0169] Bei jedem der Licht emittierenden Elementen 252 und 254 können Materialien, die für die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a verwendet werden, gleich sein oder sich voneinander unterscheiden. Wenn die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a unter Verwendung der gleichen Materialien ausgebildet werden, können die Herstellungskosten der Licht emittierenden Elemente 252 und 254 verringert werden. Die leitenden Schichten 101a, 103a und 104a können jeweils zwei oder mehr übereinander angeordnete Schichten aufweisen.

[0170] Wie bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, wird das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht 113 verwendet wird, niedriger gemacht als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials, das in der Licht emittierenden Schicht 170 enthalten ist, oder wird das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht 118 verwendet wird, niedriger gemacht als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials, das in der Licht emittierenden Schicht 160 enthalten ist. Dies ermöglicht die Herstellung eines Licht emittierenden Elements, bei dem eine verzögerte Fluoreszenzkomponente einen relativ hohen Anteil einer Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht besitzt.

[0171] Die Licht emittierenden Schichten 160 und 170 können jeweils eine mehrschichtige Struktur aus zwei Schichten, beispielsweise aus einer Licht emittierenden Schicht 170a und einer Licht emittierenden Schicht 170b, aufweisen. Indem zwei Arten von Licht emittierenden Materialien (eine erste Verbindung und eine zweite Verbindung) mit Funktionen zum Emissieren von Licht unterschiedlicher Farben in den zwei Licht emittierenden Schichten verwendet werden, kann Licht einer Vielzahl von Emissionsfarben gleichzeitig erhalten werden. Besonderes vorzugsweise werden Licht emittierende Materialien derart ausgewählt, dass weißes Licht erhalten werden kann, indem Lichtemissionen von den Licht emittierenden Schichten 160 und 170 kombiniert werden.

[0172] Die Licht emittierende Schicht 160 oder 170 kann eine Struktur aufweisen, bei der drei oder mehr Schichten übereinander angeordnet sind, oder kann eine Schicht beinhalten, die kein Licht emittierendes Material enthält.

[0173] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann je nach Bedarf mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden.

(Ausführungsform 3)

[0174] Bei dieser Ausführungsform werden im Folgenden Licht emittierende Elemente mit Strukturen, die sich von denjenigen unterscheiden, die bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben worden sind, sowie die Emissionsmechanismen der Licht emittierenden Elemente anhand von **Fig. 7A** bis **Fig. 8B** beschrieben.

<Strukturbispiel 1 des Licht emittierenden Elements>

[0175] **Fig. 7A** ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 450.

[0176] Das Licht emittierende Element 450, das in **Fig. 7A** dargestellt wird, beinhaltet eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten (eine Licht emittierende Einheit 441 und eine Licht emittierende Einheit 442 in **Fig. 7A**) zwischen einem Paar von Elektroden (einer Elektrode 401 und einer Elektrode 402). Eine Licht emittierende Einheit weist die gleiche Struktur wie die EL-Schicht 100 auf, die in **Fig. 1A** dargestellt wird. Das heißt, dass das Licht emittierende Element 150 in **Fig. 1A** eine Licht emittierende Einheit beinhaltet, wohingegen das Licht emittierende Element 450 eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten beinhaltet. Es sei angemerkt, dass in der folgenden Beschreibung des Licht emittierenden Elements 450 die Elektrode 401 als Anode dient und die Elektrode 402 als Kathode dient; jedoch können die Funktionen bei dem Licht emittierenden Element 450 ausgetauscht werden.

[0177] Bei dem Licht emittierenden Element 450, das in **Fig. 7A** dargestellt wird, sind die Licht emittierende Einheit 441 und die Licht emittierende Einheit 442 übereinander angeordnet, und eine Ladungserzeugungsschicht 445 ist zwischen der Licht emittierenden Einheit 441 und der Licht emittierenden Einheit 442 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Licht emittierende Einheit 441 und die Licht emittierende Einheit 442 die gleiche Struktur oder unterschiedliche Strukturen aufweisen können. Beispielsweise wird die EL-Schicht 100, die in **Fig. 1A** dargestellt wird, vorzugsweise in der Licht emittierenden Einheit 441 verwendet.

[0178] Das heißt, dass das Licht emittierende Element 450 eine Licht emittierende Schicht 420 und eine Licht emittierende Schicht 430 beinhaltet. Die Licht emittierende Einheit 441 beinhaltet zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 420 eine Lochinjektionsschicht 411, eine Lochtransportschicht 412, eine Elektronentransportschicht 413 und eine Elektroneninjektionsschicht 414. Die Licht emittierende Einheit 442 beinhaltet zusätzlich zu der Licht emittierenden Schicht 430 eine Lochinjektionsschicht 416, eine Lochtransportschicht 417, eine Elektronentransportschicht 418 und eine Elektroneninjektionsschicht 419.

[0179] Die Ladungserzeugungsschicht 445 enthält ein Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz. Für das Verbundmaterial kann das Verbundmaterial, das für die Lochinjektions-

schicht 111, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, verwendet werden kann, verwendet werden. Als organische Verbindung können verschiedene Verbindungen, wie z. B. eine aromatische Aminverbindung, eine Carbazolverbindung, ein aromatischer Kohlenwasserstoff und eine hochmolekulare Verbindung (wie z. B. ein Oligomer, ein Dendrimer oder ein Polymer), verwendet werden. Eine organische Verbindung mit einer Löcherbeweglichkeit von $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ oder höher wird vorzugsweise verwendet. Es sei angemerkt, dass jegliches Material verwendet werden kann, solange es eine Eigenschaft zum Transportieren von mehr Löchern als Elektronen aufweist. Da das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz ausgezeichnete Ladungsträgerinjektions- und Ladungsträgertransporteigenschaften aufweist, kann ein Betrieb bei einer niedrigen Spannung oder ein Betrieb mit einem niedrigen Strom erzielt werden. Es sei angemerkt, dass dann, wenn eine Oberfläche einer Licht emittierenden Einheit auf der Anodenseite, wie diejenige der Licht emittierenden Einheit 442, in Kontakt mit der Ladungserzeugungsschicht 445 ist, die Ladungserzeugungsschicht 445 auch als Lochinjektionsschicht oder Lochtransportschicht der Licht emittierenden Einheit dienen kann; daher muss eine Lochinjektionsschicht oder eine Lochtransportschicht nicht notwendigerweise in der Licht emittierenden Einheit enthalten sein.

[0180] Die Ladungserzeugungsschicht 445 kann eine mehrschichtige Struktur aus einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, und einer Schicht aufweisen, die ein anderes Material enthält. Beispielsweise kann die Ladungserzeugungsschicht 445 unter Verwendung einer Kombination einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, mit einer Schicht, die eine Verbindung, die aus Materialien mit einer Elektronen abgebenden Eigenschaft ausgewählt wird, und eine Verbindung mit einer hohen Elektronentransporteigenschaft enthält, ausgebildet werden. Außerdem kann die Ladungserzeugungsschicht 445 unter Verwendung einer Kombination einer Schicht, die das Verbundmaterial aus einer organischen Verbindung und einer Akzeptorsubstanz enthält, mit einer Schicht, die einen durchsichtigen leitenden Film beinhaltet, ausgebildet werden.

[0181] Die Ladungserzeugungsschicht 445, die zwischen der Licht emittierenden Einheit 441 und der Licht emittierenden Einheit 442 bereitgestellt ist, kann eine beliebige Struktur aufweisen, solange Elektronen in die Licht emittierende Einheit auf einer Seite injiziert werden können und Löcher in die Licht emittierende Einheit auf der anderen Seite injiziert werden können, wenn eine Spannung zwischen der Elektrode 401 und der Elektrode 402 angelegt wird. Zum Beispiel injiziert in **Fig. 7A** die Ladungserzeugungsschicht 445 Elektronen in die Licht emittierende Einheit 441 und Löcher in die Licht emittierende Einheit 442, wenn eine Spannung derart angelegt wird, dass das Potential der Elektrode 401 höher ist als dasjenige der Elektrode 402.

[0182] Obwohl das Licht emittierende Element in **Fig. 7A** die zwei Licht emittierenden Einheiten aufweist, kann das Licht emittierende Element drei oder mehr übereinander angeordnete Licht emittierende Einheiten aufweisen. Wenn, wie bei dem Licht emittierenden Element 450, eine Vielzahl von Licht emittierenden Einheiten, die durch die Ladungserzeugungsschicht getrennt werden, zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet wird, kann ein Licht emittierendes Element mit hoher Leuchtdichte und einer langen Lebensdauer erzielt werden, während die Stromdichte niedrig gehalten wird. Ein Licht emittierendes Element mit einem niedrigen Stromverbrauch kann auch bereitgestellt werden.

[0183] Die Licht emittierende Schicht 420 enthält ein Wirtsmaterial 421 und ein Gastmaterial 422. Die Licht emittierende Schicht 430 enthält ein Wirtsmaterial 431 und ein Gastmaterial 432. Das Wirtsmaterial 431 enthält eine organische Verbindung 431_1 und eine organische Verbindung 431_2.

[0184] Bei dieser Ausführungsform weist die Licht emittierende Schicht 420 eine Struktur auf, die derjenigen der Licht emittierenden Schicht 130 in **Fig. 1A** ähnlich ist. Das heißt, dass das Wirtsmaterial 421 und das Gastmaterial 422 in der Licht emittierenden Schicht 420 dem Wirtsmaterial 131 bzw. dem Gastmaterial 132 in der Licht emittierenden Schicht 130 entsprechen. In der folgenden Beschreibung handelt es sich bei dem Gastmaterial 432, das in der Licht emittierenden Schicht 430 enthalten ist, um ein phosphoreszierendes Material. Es sei angemerkt, dass die Elektrode 401, die Elektrode 402, die Lochinjektionsschichten 411 und 416, die Lochtransportschichten 412 und 417, die Elektronentransportschichten 413 und 418 sowie die Elektroneninjektionsschichten 414 und 419 der Elektrode 101, der Elektrode 102, der Lochinjektionsschicht 111, der Lochtransportschicht 112, der Elektronentransportschicht 118 bzw. der Elektroneninjektionsschicht 119 bei der Ausführungsform 1 entsprechen. Deshalb wird bei dieser Ausführungsform ihre ausführliche Beschreibung weggelassen.

[0185] Wie bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, wird das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht 413 verwendet wird, niedriger gemacht als das LUMO-Niveau des Wirtsmate-

rials, das in der Licht emittierenden Schicht 420 enthalten ist, oder wird das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht 418 verwendet wird, niedriger gemacht als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials, das in der Licht emittierenden Schicht 430 enthalten ist. Dies ermöglicht die Herstellung eines Licht emittierenden Elements, bei dem eine verzögerte Fluoreszenzkomponente einen relativ hohen Anteil einer Lichtemission von der Licht emittierenden Schicht besitzt.

<<Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 420>>

[0186] Der Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 420 ist ähnlich demjenigen der Licht emittierenden Schicht 130 in **Fig. 1A**.

<<Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 430>>

[0187] Als Nächstes wird im Folgenden der Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 430 beschrieben.

[0188] Die organische Verbindung 431_1 und die organische Verbindung 431_2, die in der Licht emittierenden Schicht 430 enthalten sind, bilden einen Exciplex. Die organische Verbindung 431_1 dient als Wirtsmaterial und die organische Verbindung 431_2 dient als Hilfsmaterial in der Beschreibung hier.

[0189] Solange die Kombination der organischen Verbindung 431_1 und der organischen Verbindung 431_2 einen Exciplex in der Licht emittierenden Schicht 430 bilden kann, ist sie akzeptabel; jedoch handelt es sich vorzugsweise bei einer organischen Verbindung um ein Material mit einer Lochtransporteigenschaft und bei der anderen organischen Verbindung um ein Material mit einer Elektronentransporteigenschaft.

[0190] **Fig. 7B** stellt die Korrelation von Energieniveaus der organischen Verbindung 431_1, der organischen Verbindung 431_2 und des Gastmaterials 432 in der Licht emittierenden Schicht 430 dar. Das Folgende verdeutlicht, was Begriffe und Zeichen in **Fig. 7B** darstellen:

Wirt (431_1): die organische Verbindung 431_1 (das Wirtsmaterial);

Hilfe (431_2): die organische Verbindung 431_2 (das Hilfsmaterial);

Gast (432): das Gastmaterial 432 (das phosphoreszierende Material);

Exciplex: Exciplex

S_{PH} : das Niveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes der organischen Verbindung 431_1;

T_{PH} : das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes der organischen Verbindung 431_1;

T_{PG} : das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Gastmaterials 432 (des phosphoreszierenden Materials);

S_E : das Niveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes des Exciplexes; und

T_E : das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Exciplexes.

[0191] Das Niveau (S_E) des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes des Exciplexes, der von der organischen Verbindung 431_1 und der organischen Verbindung 431_2 gebildet wird, und das Niveau (T_E) des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Exciplexes liegen nahe beieinander (siehe Route C in **Fig. 7B**).

[0192] Beide Energien, S_E und T_E , des Exciplexes werden dann auf das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Gastmaterials 432 (des phosphoreszierenden Materials) übertragen, so dass eine Lichtemission erhalten wird (siehe Route D in **Fig. 7B**).

[0193] In dieser Beschreibung und dergleichen können die vorstehend beschriebenen Prozesse über die Route C und die Route D als Exciplex-Triplett-Energieübertragung (exciplex-triplet energy transfer, ExTET) bezeichnet werden.

[0194] Wenn eine der organischen Verbindungen 431_1 und 431_2, die Löcher aufnimmt, und die andere, die Elektronen aufnimmt, einander nahe kommen, wird der Exciplex sofort gebildet. Alternativ wechselwirkt dann, wenn eine Verbindung in einen Anregungszustand versetzt wird, diese sofort mit der anderen Verbindung, um den Exciplex zu bilden. Deshalb sind die meisten Exzitonen in der Licht emittierenden Schicht 430

als Exciplexe vorhanden. Die Bandlücke des Exciplexes ist schmäler als diejenige jeder der organischen Verbindungen 431_1 und 431_2; deshalb kann die Ansteuerspannung verringert werden, wenn der Exciplex durch Rekombination eines Lochs und eines Elektrons gebildet wird.

[0195] Wenn die Licht emittierende Schicht 430 die vorstehende Struktur aufweist, kann eine Lichtemission von dem Gastmaterial 432 (dem phosphoreszierenden Material) der Licht emittierenden Schicht 430 in effizienter Weise erhalten werden.

[0196] Es sei angemerkt, dass Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 420 emittiert wird, vorzugsweise einen Peak auf der kürzeren Wellenlängenseite aufweist als Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 430 emittiert wird. Die Leuchtdichte eines Licht emittierenden Elements, bei dem das phosphoreszierende Material verwendet wird, das Licht mit einer kurzen Wellenlänge emittiert, neigt dazu, sich schnell zu verschlechtern. Indem eine Fluoreszenz für eine Lichtemission mit einer kurzen Wellenlänge verwendet wird, kann ein Licht emittierendes Element mit einer geringeren Verschlechterung der Leuchtdichte bereitgestellt werden.

[0197] Des Weiteren können die Licht emittierende Schicht 420 und die Licht emittierende Schicht 430 dazu konfiguriert sein, Licht mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen zu emittieren, so dass das Licht emittierende Element ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element sein kann. In diesem Fall wird das Emissionspektrum des Licht emittierenden Elements durch Kombination von Licht mit unterschiedlichen Emissionspeaks gebildet und weist daher mindestens zwei Peaks auf.

[0198] Die vorstehende Struktur ist auch dazu geeignet, eine weiße Lichtemission zu erhalten. Wenn die Licht emittierende Schicht 420 und die Licht emittierende Schicht 430 Licht von Komplementärfarben emittieren, kann eine weiße Lichtemission erhalten werden.

[0199] Außerdem kann eine weiße Lichtemission mit einer hohen Farbwiedergabeeigenschaft erhalten werden, die aus drei Primärfarben oder vier oder mehr Farben gebildet wird, indem eine Vielzahl von Licht emittierenden Materialien, die Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen emittieren, für eine oder beide der Licht emittierenden Schichten 420 und 430 verwendet wird. In diesem Fall kann/können eine oder beide der Licht emittierenden Schichten 420 und 430 in Schichten geteilt werden, und jede der geteilten Schichten kann ein Licht emittierendes Material enthalten, das sich von den anderen unterscheidet.

<Beispiele für das Material, das für die Licht emittierende Schicht verwendet werden kann>

[0200] Als Nächstes werden Materialien beschrieben, die für die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 verwendet werden können.

<<Material, das für die Licht emittierende Schicht 420 verwendet werden kann>>

[0201] Ein beliebiges der Materialien, die für die bei der Ausführungsform 1 beschriebene Licht emittierende Schicht 130 verwendet werden können, kann als Material, das für die Licht emittierende Schicht 420 verwendet werden kann, verwendet werden.

<<Material, das für die Licht emittierende Schicht 430 verwendet werden kann>>

[0202] In der Licht emittierenden Schicht 430 ist die organische Verbindung 431_1 (das Wirtsmaterial) mit dem höchsten Gewichtsanteil vorhanden, und das Gastmaterial 432 (das phosphoreszierende Material) ist in der organischen Verbindung 431_1 (dem Wirtsmaterial) dispergiert.

[0203] Beispiele für die organische Verbindung 431_1 (das Wirtsmaterial) umfassen einen auf Zink oder Aluminium basierenden Metallkomplex, ein Oxadiazol-Derivat, ein Triazol-Derivat, ein Benzimidazol-Derivat, ein Chinoxalin-Derivat, ein Dibenzochinoxalin-Derivat, ein Dibenzothiophen-Derivat, ein Dibenzofuran-Derivat, ein Pyrimidin-Derivat, ein Tiazin-Derivat, ein Pyridin-Derivat, ein Bipyridin-Derivat und ein Phenanthrolin-Derivat. Weitere Beispiele sind ein aromatisches Amin, ein Carbazol-Derivat und dergleichen.

[0204] Als Gastmaterial 432 (phosphoreszierendes Material) kann ein auf Iridium, Rhodium oder Platin basierender metallorganischer Komplex oder Metallkomplex verwendet werden; insbesondere wird ein Organoiridiumkomplex, wie z. B. ein auf Iridium basierender, ortho-metallierter Komplex, bevorzugt. Als orthometallierter Ligand können ein 4H-Triazol-Ligand, ein 1H-Triazol-Ligand, ein Imidazol-Ligand, ein Pyridin-

Ligand, ein Pyrimidin-Ligand, ein Pyrazin-Ligand, ein Isochinolin-Ligand und dergleichen angegeben werden. Als Metallkomplex können ein Platinkomplex mit einem Porphyrin-Liganden und dergleichen angegeben werden.

[0205] Als organische Verbindung 431_2 (Hilfsmaterial) wird eine Substanz verwendet, die gemeinsam mit der organischen Verbindung 431_1 einen Exciplex bilden kann. In diesem Fall ist es vorzuziehen, dass die organische Verbindung 431_1, die organische Verbindung 431_2 und das Gastmaterial 432 (das phosphoreszierende Material) derart ausgewählt werden, dass sich der Emissionspeak des Exciplexes mit einem Absorptionsband, insbesondere mit einem Absorptionsband auf der längsten Wellenlängenseite, eines Triplet-Metall-zu-Ligand-Ladungsübertragungs- (triplet metal to ligand charge transfer, MLCT-) Übergangs des Gastmaterials 432 (des phosphoreszierenden Materials) überlappt. Dies ermöglicht es, ein Licht emittierendes Element mit einer drastisch verbesserten Emissionseffizienz bereitzustellen. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes Material anstelle des phosphoreszierenden Materials verwendet wird, vorzugsweise das Absorptionsband auf der längsten Wellenlängenseite ein Singulett-Absorptionsband ist.

[0206] Als Licht emittierendes Material, das in der Licht emittierenden Schicht 430 enthalten ist, kann ein beliebiges Material verwendet werden, solange das Material Triplet-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann. Als Beispiel für das Material, das Triplet-Anregungsenergie in eine Lichtemission umwandeln kann, kann zusätzlich zu dem phosphoreszierenden Material ein thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes (thermally activated delayed fluorescence, TADF) Material angegeben werden. Deshalb kann der Begriff „phosphoreszierendes Material“ in der Beschreibung durch den Begriff „thermisch aktiviertes, verzögert fluoreszierendes Material“ ersetzt werden. Es sei angemerkt, dass es sich bei dem thermisch aktivierten, verzögert fluoreszierenden Material um ein Material handelt, das einen Triplet-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 eine Lichtemission (eine Fluoreszenz) in effizienter Weise von dem Singulett-Anregungszustand aufweist. Eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz wird unter den Bedingungen in effizienter Weise erhalten, unter denen die Differenz zwischen dem Triplet-Anregungsenergieniveau und dem Singulett-Anregungsenergieniveau bevorzugt größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,2 eV, stärker bevorzugt größer als 0 eV und kleiner als oder gleich 0,1 eV ist.

[0207] Das Material, das eine thermisch aktivierte verzögerte Fluoreszenz emittiert, kann ein Material sein, das durch ein umgekehrtes Intersystem-Crossing von sich aus von einem Triplet-Anregungszustand einen Singulett-Anregungszustand bilden kann, oder kann eine Kombination von zwei Arten von Materialien sein, die einen Exciplex bilden.

[0208] Es gibt keine Beschränkung hinsichtlich der Emissionsfarben der Licht emittierenden Materialien, die in den Licht emittierenden Schichten 420 und 430 enthalten sind, und sie können gleich sein oder sich voneinander unterscheiden. Licht, das von den Licht emittierenden Materialien emittiert wird, wird gemischt und aus dem Element entnommen; deshalb kann beispielsweise in dem Fall, in dem es sich bei ihren Emissionsfarben um Komplementärfarben handelt, das Licht emittierende Element weißes Licht emittieren. Unter Berücksichtigung der Zuverlässigkeit des Licht emittierenden Elements ist die Emissionspeakwellenlänge des Licht emittierenden Materials, das in der Licht emittierenden Schicht 420 enthalten ist, vorzugsweise kürzer als diejenige des Licht emittierenden Materials, das in der Licht emittierenden Schicht 430 enthalten ist.

<Strukturbeispiel 2 des Licht emittierenden Elements>

[0209] Als Nächstes wird ein Strukturbeispiel, das sich von demjenigen des Licht emittierenden Elements unterscheidet, das in **Fig. 7A** und **Fig. 7B** dargestellt wird, im Folgenden anhand von **Fig. 8A** und **Fig. 8B** beschrieben.

[0210] **Fig. 8A** ist eine schematische Querschnittsansicht eines Licht emittierenden Elements 452.

[0211] Bei dem Licht emittierenden Element 452 in **Fig. 8A** ist eine EL-Schicht 400 zwischen einem Paar von Elektroden (den Elektroden 401 und 402) angeordnet. Es sei angemerkt, dass bei dem Licht emittierenden Element 452 die Elektrode 401 als Anode dient und die Elektrode 402 als Kathode dient.

[0212] Die EL-Schicht 400 beinhaltet die Licht emittierenden Schichten 420 und 430. Als EL-Schicht 400 bei dem Licht emittierenden Element 452 werden die Licht emittierenden Schichten 420 und 430, die Lochinjektionsschicht 411, die Lochtransportschicht 412, die Elektronentransportschicht 418 und die Elektroneninjek-

tionsschicht 419 dargestellt. Jedoch ist diese mehrschichtige Struktur ein Beispiel, und die Struktur der EL-Schicht 400 bei dem Licht emittierenden Element 452 ist nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann die Anordnungsreihenfolge der vorstehenden Schichten der EL-Schicht 400 geändert werden. Alternativ kann in der EL-Schicht 400 eine andere Funktionsschicht als die vorstehenden Schichten bereitgestellt sein. Die Funktionsschicht kann beispielsweise eine Funktion zum Injizieren eines Ladungsträgers (eines Elektrons oder eines Lochs), eine Funktion zum Transportieren eines Ladungsträgers, eine Funktion zum Verhindern eines Ladungsträgers oder eine Funktion zum Erzeugen eines Ladungsträgers aufweisen.

[0213] Die Licht emittierende Schicht 420 enthält das Wirtsmaterial 421 und das Gastmaterial 422. Die Licht emittierende Schicht 430 enthält das Wirtsmaterial 431 und das Gastmaterial 432. Das Wirtsmaterial 431 enthält die organische Verbindung 431_1 und die organische Verbindung 431_2. In der folgenden Beschreibung handelt es sich bei dem Gastmaterial 422 um ein fluoreszierendes Material und bei dem Gastmaterial 432 um ein phosphoreszierendes Material.

<<Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 420>>

[0214] Der Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 420 ist ähnlich demjenigen der Licht emittierenden Schicht 130 in **Fig. 1A**.

<<Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 430>>

[0215] Der Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schicht 430 ist ähnlich demjenigen der Licht emittierenden Schicht 430 in **Fig. 7A**.

<<Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schichten 420 und 430>>

[0216] Jeder Emissionsmechanismus der Licht emittierenden Schichten 420 und 430 ist vorstehend beschrieben worden. Wie bei dem Licht emittierenden Element 452, kann in dem Fall, in dem die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 in Kontakt miteinander sind, selbst dann, wenn an einer Grenzfläche zwischen der Licht emittierenden Schicht 420 und der Licht emittierenden Schicht 430 Energie von dem Exciplex auf das Wirtsmaterial 421 der Licht emittierenden Schicht 420 übertragen wird (besonders dann, wenn Energie des Triplet-Anregungsniveaus übertragen wird), die Triplet-Anregungsenergie in der Licht emittierenden Schicht 420 in eine Lichtemission umgewandelt werden.

[0217] Das T1-Niveau des Wirtsmaterials 421 der Licht emittierenden Schicht 420 ist vorzugsweise niedriger als T1-Niveaus der organischen Verbindungen 431_1 und 431_2 in der Licht emittierenden Schicht 430. In der Licht emittierenden Schicht 420 ist das S1-Niveau des Wirtsmaterials 421 vorzugsweise höher als das S1-Niveau des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials), während das T1-Niveau des Wirtsmaterials 421 vorzugsweise niedriger ist als das T1-Niveau des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials).

[0218] **Fig. 8B** zeigt die Korrelation von Energieniveaus in dem Fall, in dem TTA in der Licht emittierenden Schicht 420 genutzt wird und ExTET in der Licht emittierenden Schicht 430 genutzt wird. Das Folgende verdeutlicht, was Begriffe und Zeichen in **Fig. 8B** darstellen:

Fluoreszenz-EML (420): die fluoreszierende Licht emittierende Schicht (die Licht emittierende Schicht 420);

Phosphoreszenz-EML (430): die phosphoreszierende Licht emittierende Schicht (die Licht emittierende Schicht 430);

S_{FH} : das Niveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes des Wirtsmaterials 421;

T_{FH} : das Niveau des niedrigsten Triplet-Anregungszustandes des Wirtsmaterials 421;

S_{FG} : das Niveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials);

T_{FG} : das Niveau des niedrigsten Triplet-Anregungszustandes des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials);

S_{PH} : das Niveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes des Wirtsmaterials (der organischen Verbindung 431_1);

T_{PH} : das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Wirtsmaterials (der organischen Verbindung 431_1);

T_{PG} : das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Gastmaterials 432 (des phosphoreszierenden Materials);

S_E : das Niveau des niedrigsten Singulett-Anregungszustandes des Exciplexes; und

T_E : das Niveau des niedrigsten Triplett-Anregungszustandes des Exciplexes.

[0219] Wie in **Fig. 8B** gezeigt, ist der Exciplex nur in einem Anregungszustand vorhanden; daher ist es weniger wahrscheinlich, dass eine Exzitonendiffusion zwischen den Exciplexen auftritt. Außerdem tritt eine Energiediffusion von dem Exciplex in die organische Verbindung 431_1 nicht auf, da die Anregungsniveaus (S_E und T_E) des Exciplexes niedriger sind als die Anregungsniveaus (S_{PH} und T_{PH}) der organischen Verbindung 431_1 (des Wirtsmaterials für das phosphoreszierende Material) der Licht emittierenden Schicht 430. In ähnlicher Weise tritt eine Energiediffusion von dem Exciplex in die organische Verbindung 431_2 nicht auf. Das heißt, dass die Effizienz der phosphoreszierenden Licht emittierenden Schicht (der Licht emittierenden Schicht 430) gehalten werden kann, da eine Exzitonendiffusionslänge des Exciplexes in der phosphoreszierenden Licht emittierenden Schicht (der Licht emittierenden Schicht 430) kurz ist. Außerdem kann selbst dann, wenn ein Teil der Triplett-Anregungsenergie des Exciplexes der phosphoreszierenden Licht emittierenden Schicht (der Licht emittierenden Schicht 430) in die fluoreszierende Licht emittierende Schicht (die Licht emittierende Schicht 420) durch die Grenzfläche zwischen der fluoreszierenden Licht emittierenden Schicht (der Licht emittierenden Schicht 420) und der phosphoreszierenden Licht emittierenden Schicht (der Licht emittierenden Schicht 430) diffundiert, der Energieverlust verringert werden, da die Triplett-Anregungsenergie in der fluoreszierenden Licht emittierenden Schicht (der Licht emittierenden Schicht 420), die durch die Diffusion herbeigeführt wird, durch TTA für eine Lichtemission verwendet wird.

[0220] Wie vorstehend beschrieben worden ist, wird bei dem Licht emittierenden Element 452 ExTET in der Licht emittierenden Schicht 430 und TTA in der Licht emittierenden Schicht 420 genutzt, so dass der Energieverlust verringert wird und eine hohe Emissionseffizienz erzielt wird. Wie bei dem Licht emittierenden Element 452, kann in dem Fall, in dem die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 in Kontakt miteinander sind, neben dem Energieverlust die Anzahl von EL-Schichten 400 verringert werden. Deshalb kann ein Licht emittierendes Element mit niedrigen Herstellungskosten erhalten werden.

[0221] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 nicht notwendigerweise in Kontakt miteinander sind. In diesem Fall ist es möglich, eine Energieübertragung durch den Dexter-Mechanismus (insbesondere eine Triplett-Energieübertragung) von der organischen Verbindung 431_1 oder 431_2 in einem Anregungszustand oder von dem Gastmaterial 432 (dem phosphoreszierenden Material) in einem Anregungszustand, der in der Licht emittierenden Schicht 430 erzeugt wird, auf das Wirtsmaterial 421 oder das Gastmaterial 422 (das fluoreszierende Material) in der Licht emittierenden Schicht 420 zu verhindern. Deshalb kann die Dicke einer Schicht, die zwischen den Licht emittierenden Schichten 420 und 430 bereitgestellt ist, einige Nanometer sein.

[0222] Die Schicht, die zwischen den Licht emittierenden Schichten 420 und 430 bereitgestellt ist, kann ein einzelnes Material oder sowohl ein Lochtransportmaterial als auch ein Elektronentransportmaterial enthalten. Im Falle eines einzelnen Materials kann ein bipolares Material verwendet werden. Das bipolare Material bezeichnet hier ein Material, bei dem das Verhältnis zwischen der Elektronenbeweglichkeit und der Löcherbeweglichkeit 100 oder weniger ist. Alternativ kann das Lochtransportmaterial, das Elektronentransportmaterial oder dergleichen verwendet werden. Mindestens eines der Materialien, die in der Schicht enthalten sind, kann gleich dem Wirtsmaterial (der organischen Verbindung 431_1 oder 431_2) der Licht emittierenden Schicht 430 sein. Dies vereinfacht die Herstellung des Licht emittierenden Elements und verringert die Ansteuerspannung. Des Weiteren können das Lochtransportmaterial und das Elektronentransportmaterial einen Exciplex bilden, der effektiv eine Exzitonendiffusion verhindert. Insbesondere ist es möglich, eine Energieübertragung von dem Wirtsmaterial (der organischen Verbindung 431_1 oder 431_2) in einem Anregungszustand oder von dem Gastmaterial 432 (dem phosphoreszierenden Material) in einem Anregungszustand der Licht emittierenden Schicht 430 auf das Wirtsmaterial 421 oder das Gastmaterial 422 (das fluoreszierende Material) in der Licht emittierenden Schicht 420 zu verhindern.

[0223] Es sei angemerkt, dass sich bei dem Licht emittierenden Element 452 vorzugsweise ein Ladungsträgerrekombinationsbereich in gewissem Umfang verteilt. Deshalb ist es vorzuziehen, dass die Licht emittierende Schicht 420 oder 430 einen angemessenen Grad von Ladungsträgereinfangseigenschaft aufweist. Es ist besonders vorzuziehen, dass das Gastmaterial 432 (das phosphoreszierende Material) in der Licht emittierenden Schicht 420 einen angemessenen Grad von Ladungsträgereinfangseigenschaft aufweist.

tierenden Schicht 430 eine Elektroneneinfangeigenschaft aufweist. Alternativ weist das Gastmaterial 422 (das fluoreszierende Material) in der Licht emittierenden Schicht 420 vorzugsweise eine Locheinfangeigenschaft auf.

[0224] Es sei angemerkt, dass Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 420 emittiert wird, vorzugsweise einen Peak auf der kürzeren Wellenlängenseite aufweist als Licht, das von der Licht emittierenden Schicht 430 emittiert wird. Da die Leuchtdichte eines Licht emittierenden Elements, bei dem ein phosphoreszierendes Material verwendet wird, das Licht mit einer kurzen Wellenlänge emittiert, dazu neigt, sich schnell zu verschlechtern, kommt eine Fluoreszenz mit einer kurzen Wellenlänge zum Einsatz, so dass ein Licht emittierendes Element mit einer geringeren Verschlechterung der Leuchtdichte bereitgestellt werden kann.

[0225] Des Weiteren kann dann, wenn die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 dazu konfiguriert sind, Licht mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen zu emittieren, ein mehrfarbiges Licht emittierendes Element erzielt werden. In diesem Fall wird das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements durch Kombination von Licht mit unterschiedlichen Emissionspeaks gebildet und weist daher mindestens zwei Peaks auf.

[0226] Die vorstehende Struktur ist auch dazu geeignet, eine weiße Lichtemission zu erhalten. Wenn die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 Licht von Komplementärfarben emittieren, kann eine weiße Lichtemission erhalten werden.

[0227] Außerdem kann eine weiße Lichtemission mit einer hohen Farbwiedergabeeeigenschaft erhalten werden, die aus drei Primärfarben oder vier oder mehr Farben gebildet wird, indem eine Vielzahl von Licht emittierenden Substanzen, die Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen emittieren, für die Licht emittierende Schicht 420 verwendet wird. In diesem Fall kann die Licht emittierende Schicht 420 in Schichten geteilt werden und jede der geteilten Schichten kann ein Licht emittierendes Material enthalten, das sich von den anderen unterscheidet.

<Material, das in der Licht emittierenden Schicht verwendet werden kann>

[0228] Als Nächstes werden Materialien beschrieben, die bei den Licht emittierenden Schichten 420 und 430 verwendet werden können.

<<Material, das in der Licht emittierenden Schicht 420 verwendet werden kann>>

[0229] In der Licht emittierenden Schicht 420 ist das Wirtsmaterial 421 mit dem höchsten Gewichtsanteil vorhanden, und das Gastmaterial 422 (das fluoreszierende Material) ist in dem Wirtsmaterial 421 dispergiert. Das S1-Niveau des Wirtsmaterials 421 ist vorzugsweise höher als das S1-Niveau des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials), während das T1-Niveau des Wirtsmaterials 421 vorzugsweise niedriger ist als das T1-Niveau des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials).

<<Material, das in der Licht emittierenden Schicht 430 verwendet werden kann>>

[0230] In der Licht emittierenden Schicht 430 ist das Wirtsmaterial (die organische Verbindung 431_1 oder 431_2) mit dem höchsten Gewichtsanteil vorhanden, und das Gastmaterial 432 (das phosphoreszierende Material) ist in den Wirtsmaterialien (den organischen Verbindungen 431_1 und 431_2) dispergiert. Die T1-Niveaus der Wirtsmaterialien (der organischen Verbindungen 431_1 und 431_2) der Licht emittierenden Schicht 430 ist vorzugsweise höher als das T1-Niveau des Gastmaterials 422 (des fluoreszierenden Materials) der Licht emittierenden Schicht 420.

[0231] Als Wirtsmaterialien (organische Verbindungen 431_1 und 431_2) und Gastmaterial 432 (phosphoreszierendes Material) können diejenigen in dem Licht emittierenden Element 450 verwendet werden, die in **Fig. 7A** und **Fig. 7B** beschrieben worden sind.

[0232] Es sei angemerkt, dass die Licht emittierenden Schichten 420 und 430 durch ein Verdampfungsverfahren (darunter auch ein Vakuumverdampfungsverfahren), ein Tintenstrahlverfahren, ein Beschichtungsverfahren, Tiefdruck oder dergleichen ausgebildet werden können.

[0233] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann je nach Bedarf mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden.

[0234] Bei dieser Ausführungsform wird eine Anzeigevorrichtung, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, anhand von **Fig. 9A** und **Fig. 9B** beschrieben.

[0235] Es sei angemerkt, dass **Fig. 9A** ein Blockdiagramm ist, das die Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und dass **Fig. 9B** ein Schaltplan ist, der eine Pixelschaltung der Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

<Beschreibung der Anzeigevorrichtung>

[0236] Die Anzeigevorrichtung, die in **Fig. 9A** dargestellt wird, umfasst einen Bereich, der Pixel von Anzeigeelementen beinhaltet (nachstehend wird der Bereich als Pixelabschnitt 802 bezeichnet), einen Schaltungsabschnitt, der außerhalb des Pixelabschnitts 802 bereitgestellt ist und Schaltungen zum Ansteuern der Pixel beinhaltet (nachstehend wird der Abschnitt als Treiberschaltungsabschnitt 804 bezeichnet), Schaltungen, die eine Funktion zum Schützen von Elementen aufweisen (nachstehend werden die Schaltungen als Schutzschaltungen 806 bezeichnet), und einen Anschlussabschnitt 807. Es sei angemerkt, dass die Schutzschaltungen 806 nicht notwendigerweise bereitgestellt werden.

[0237] Vorzugsweise wird ein Teil des Treiberschaltungsabschnitts 804 oder der gesamte Treiberschaltungsabschnitt 804 über einem Substrat ausgebildet, über dem der Pixelabschnitt 802 ausgebildet wird, wobei in diesem Fall die Anzahl von Komponenten und die Anzahl von Anschläßen verringert werden können. Wenn ein Teil des Treiberschaltungsabschnitts 804 oder der gesamte Treiberschaltungsabschnitt 804 nicht über dem Substrat ausgebildet wird, über dem der Pixelabschnitt 802 ausgebildet wird, kann der Teil des Treiberschaltungsabschnitts 804 oder der gesamte Treiberschaltungsabschnitt 804 durch COG oder Tape-Automated-Bonding bzw. automatisiertes Band-Bonding (TAB) montiert werden.

[0238] Der Pixelabschnitt 802 beinhaltet eine Vielzahl von Schaltungen zum Ansteuern der Anzeigeelemente, die in X Zeilen (X ist eine natürliche Zahl von 2 oder größer) und Y Spalten (Y ist eine natürliche Zahl von 2 oder größer) angeordnet sind (nachstehend werden derartige Schaltungen als Pixelschaltungen 801 bezeichnet). Der Treiberschaltungsabschnitt 804 beinhaltet Treiberschaltungen, wie z. B. eine Schaltung zum Zuführen eines Signals (Abtastsignals), um ein Pixel auszuwählen (nachstehend wird die Schaltung als Abtastleitungstreiberschaltung 804a bezeichnet), und eine Schaltung zum Zuführen eines Signals (Datensignals), um ein Anzeigeelement in einem Pixel anzusteuern (nachstehend wird die Schaltung als Signalleitungstreiberschaltung 804b bezeichnet).

[0239] Die Abtastleitungstreiberschaltung 804a beinhaltet ein Schieberegister oder dergleichen. Über den Anschlussabschnitt 807 empfängt die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ein Signal zum Ansteuern des Schieberegisters und gibt ein Signal aus. Beispielsweise empfängt die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ein Startimpulssignal, ein Taktsignal oder dergleichen und gibt ein Impulssignal aus. Die Abtastleitungstreiberschaltung 804a weist eine Funktion zum Steuern der Potentiale von Leitungen auf, denen Abtastsignale zugeführt werden (nachstehend werden derartige Leitungen als Abtastleitungen GL_1 bis GL_X bezeichnet). Es sei angemerkt, dass eine Vielzahl von Abtastleitungstreiberschaltungen 804a bereitgestellt werden kann, um die Abtastleitungen GL_1 bis GL_X getrennt zu steuern. Alternativ weist die Abtastleitungstreiberschaltung 804a eine Funktion zum Zuführen eines Initialisierungssignals auf. Ohne darauf beschränkt zu sein, kann die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ein anderes Signal zuführen.

[0240] Die Signalleitungstreiberschaltung 804b beinhaltet ein Schieberegister oder dergleichen. Über den Anschlussabschnitt 807 empfängt die Signalleitungstreiberschaltung 804b neben einem Signal zum Ansteuern des Schieberegisters ein Signal (Bildsignal), von dem ein Datensignal abgeleitet wird. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b weist eine Funktion zum Erzeugen eines in die Pixelschaltung 801 zu schreibenden Datensignals basierend auf dem Bildsignal auf. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b weist ferner eine Funktion zum Steuern der Ausgabe eines Datensignals in Reaktion auf ein Impulssignal auf, das durch Eingeben eines Startimpulssignals, eines Taktsignals oder dergleichen erzeugt wird. Des Weiteren weist die Signalleitungstreiberschaltung 804b eine Funktion zum Steuern der Potentiale von Leitungen auf, denen Datensignale zugeführt werden (nachstehend werden derartige Leitungen als Datenleitungen DL_1 bis DL_Y bezeichnet). Alternativ weist die Signalleitungstreiberschaltung 804b eine Funktion zum Zuführen eines Initialisierungssignals auf. Ohne darauf beschränkt zu sein, kann die Signalleitungstreiberschaltung 804b ein anderes Signal zuführen.

[0241] Die Signalleitungstreiberschaltung 804b beinhaltet beispielsweise eine Vielzahl von analogen Schaltern. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b kann durch sequentielle Einschalten der Vielzahl von analogen Schaltern Signale, die durch zeitliches Teilen des Bildsignals erhalten werden, als Datensignale ausgeben. Die Signalleitungstreiberschaltung 804b kann ein Schieberegister oder dergleichen beinhalten.

[0242] In jede der Vielzahl von Pixelschaltungen 801 wird ein Impulssignal über eine der Vielzahl von Abtastleitungen GL eingegeben, denen Abtastsignale zugeführt werden, und wird ein Datensignal über eine der Vielzahl von Datenleitungen DL eingegeben, denen Datensignale zugeführt werden. Das Schreiben und das Halten des Datensignals in jede und jeder der Vielzahl von Pixelschaltungen 801 werden durch die Abtastleitungstreiberschaltung 804a gesteuert. Beispielsweise wird in die Pixelschaltung 801 in der m-ten Zeile und der n-ten Spalte (m ist eine natürliche Zahl von X oder kleiner, und n ist eine natürliche Zahl von Y oder kleiner) ein Impulssignal von der Abtastleitungstreiberschaltung 804a über die Abtastleitung GL_m eingegeben, und ein Datensignal wird von der Signalleitungstreiberschaltung 804b über die Datenleitung DL_n entsprechend dem Potential der Abtastleitung GL_m eingegeben.

[0243] Die in **Fig. 9A** gezeigte Schutzschaltung 806 ist beispielsweise mit der Abtastleitung GL zwischen der Abtastleitungstreiberschaltung 804a und der Pixelschaltung 801 verbunden. Alternativ ist die Schutzschaltung 806 mit der Datenleitung DL zwischen der Signalleitungstreiberschaltung 804b und der Pixelschaltung 801 verbunden. Alternativ kann die Schutzschaltung 806 mit einer Leitung zwischen der Abtastleitungstreiberschaltung 804a und dem Anschlussabschnitt 807 verbunden sein. Alternativ kann die Schutzschaltung 806 mit einer Leitung zwischen der Signalleitungstreiberschaltung 804b und dem Anschlussabschnitt 807 verbunden sein. Es sei angemerkt, dass der Anschlussabschnitt 807 einen Abschnitt mit Anschläßen zum Eingeben von Energie, Steuersignalen und Bildsignalen von externen Schaltungen in die Anzeigevorrichtung bedeutet.

[0244] Die Schutzschaltung 806 ist eine Schaltung, die eine Leitung, die mit der Schutzschaltung verbunden ist, elektrisch mit einer weiteren Leitung verbindet, wenn ein außerhalb eines bestimmten Bereichs liegendes Potential an die Leitung angelegt wird, die mit der Schutzschaltung verbunden ist.

[0245] Wie in **Fig. 9A** dargestellt, sind die Schutzschaltungen 806 mit dem Pixelabschnitt 802 und dem Treiberschaltungsabschnitt 804 verbunden, so dass die Beständigkeit der Anzeigevorrichtung gegen einen Überstrom, der durch elektrostatische Entladung (electrostatic discharge, ESD) oder dergleichen erzeugt wird, verbessert werden kann. Es sei angemerkt, dass die Konfiguration der Schutzschaltungen 806 nicht darauf beschränkt ist; beispielsweise können die Schutzschaltungen 806 mit der Abtastleitungstreiberschaltung 804a oder der Signalleitungstreiberschaltung 804b verbunden sein. Alternativ können die Schutzschaltungen 806 mit dem Anschlussabschnitt 807 verbunden sein.

[0246] **Fig. 9A** zeigt ein Beispiel, in dem der Treiberschaltungsabschnitt 804 die Abtastleitungstreiberschaltung 804a und die Signalleitungstreiberschaltung 804b beinhaltet; jedoch ist die Struktur nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann nur die Abtastleitungstreiberschaltung 804a ausgebildet werden, und ein getrennt vorbereitetes Substrat, über dem eine Signalleitungstreiberschaltung ausgebildet ist (z. B. ein Treiberschaltungsubstrat, das mit einem einkristallinen Halbleiterfilm oder einem polykristallinen Halbleiterfilm ausgebildet ist), kann montiert werden.

<Strukturbeispiel der Pixelschaltung>

[0247] Jede der Vielzahl von Pixelschaltungen 801 in **Fig. 9A** kann beispielsweise eine in **Fig. 9B** dargestellte Struktur aufweisen.

[0248] Die in **Fig. 9B** dargestellte Pixelschaltung 801 beinhaltet Transistoren 852 und 854, einen Kondensator 862 und ein Licht emittierendes Element 872.

[0249] Entweder eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode des Transistors 852 ist elektrisch mit einer Leitung verbunden, der ein Datensignal zugeführt wird (einer Datenleitung DL_n). Eine Gate-Elektrode des Transistors 852 ist elektrisch mit einer Leitung verbunden, der ein Gate-Signal zugeführt wird (einer Abtastleitung GL_m).

[0250] Der Transistor 852 weist eine Funktion zum Steuern auf, ob ein Datensignal geschrieben wird.

[0251] Eine Elektrode eines Paars von Elektroden des Kondensators 862 ist elektrisch mit einer Leitung verbunden, der ein Potential zugeführt wird (nachstehend als Potentialversorgungsleitung VL_a bezeichnet), und die andere ist elektrisch mit der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 852 verbunden.

[0252] Der Kondensator 862 dient als Speicherkondensator zum Speichern der geschriebenen Daten.

[0253] Entweder eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode des Transistors 854 ist elektrisch mit der Potentialversorgungsleitung VL_a verbunden. Eine Gate-Elektrode des Transistors 854 ist ferner elektrisch mit der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 852 verbunden.

[0254] Entweder eine Anode oder eine Kathode des Licht emittierenden Elements 872 ist elektrisch mit einer Potentialversorgungsleitung VL_b verbunden, und die andere ist elektrisch mit der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 854 verbunden.

[0255] Als Licht emittierendes Element 872 kann ein beliebiges der bei den Ausführungsformen 1 bis 3 beschriebenen Licht emittierenden Elemente verwendet werden.

[0256] Es sei angemerkt, dass ein hohes Stromversorgungspotential VDD entweder der Potentialversorgungsleitung VL_a oder der Potentialversorgungsleitung VL_b zugeführt wird, und ein niedriges Stromversorgungspotential VSS wird der anderen Leitung zugeführt.

[0257] Beispielsweise werden bei der Anzeigevorrichtung, die die Pixelschaltungen 801 in **Fig. 9B** beinhaltet, die Pixelschaltungen 801 durch die Abtastleitungstreiberschaltung 804a in **Fig. 9A** sequenziell zeilenweise ausgewählt, wodurch die Transistoren 852 eingeschaltet werden und ein Datensignal geschrieben wird.

[0258] Wenn die Transistoren 852 ausgeschaltet werden, werden die Pixelschaltungen 801, in die die Daten geschrieben worden sind, in einen Haltezustand versetzt. Die Größe des Stroms, der zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 854 fließt, wird ferner entsprechend dem Potential des geschriebenen Datensignals gesteuert. Das Licht emittierende Element 872 emittiert Licht mit einer Leuchtdichte, die der Größe des fließenden Stroms entspricht. Dieser Vorgang wird sequenziell zeilenweise durchgeführt; somit wird ein Bild angezeigt.

[0259] Ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für ein Aktivmatrixverfahren, bei dem ein aktives Element in einem Pixel einer Anzeigevorrichtung enthalten ist, oder für ein Passivmatrixverfahren verwendet werden, bei dem kein aktives Element in einem Pixel einer Anzeigevorrichtung enthalten ist.

[0260] Bei dem Aktivmatrixverfahren können als aktives Element (nichtlineares Element) nicht nur ein Transistor, sondern auch verschiedene aktive Elemente (nichtlineare Elemente) verwendet werden. Beispielsweise kann auch ein Metall-Isolator-Metall (MIM), eine Dünnschichtdiode (thin film diode, TFD) oder dergleichen verwendet werden. Da diese Elemente mit einer geringeren Anzahl von Herstellungsschritten ausgebildet werden können, können die Herstellungskosten verringert werden oder kann die Ausbeute verbessert werden. Alternativ kann, da die Größe dieser Elemente klein ist, das Öffnungsverhältnis verbessert werden, so dass der Stromverbrauch verringert und eine höhere Leuchtdichte erzielt werden kann.

[0261] Als anderes Verfahren als das Aktivmatrixverfahren kann auch das Passivmatrixverfahren verwendet werden, bei dem kein aktives Element (kein nichtlineares Element) verwendet wird. Da kein aktives Element (kein nichtlineares Element) verwendet wird, ist die Anzahl der Herstellungsschritte gering, so dass die Herstellungskosten verringert werden können oder die Ausbeute verbessert werden kann. Alternativ kann, da kein aktives Element (kein nichtlineares Element) verwendet wird, das Öffnungsverhältnis verbessert werden, so dass beispielsweise der Stromverbrauch verringert oder eine höhere Leuchtdichte erzielt werden kann.

[0262] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann je nach Bedarf mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden.

[0263] Bei dieser Ausführungsform werden eine Anzeigevorrichtung, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet, und ein elektronisches Gerät, bei dem die Anzeigevorrichtung mit einer Eingabevorrichtung versehen ist, anhand von **Fig. 10A** bis **Fig. 14** beschrieben.

<Beschreibung 1 des Touchscreens>

[0264] Bei dieser Ausführungsform wird ein Touchscreen 2000, der eine Anzeigevorrichtung und eine Eingabevorrichtung beinhaltet, als Beispiel für ein elektronisches Gerät beschrieben. Außerdem wird ein Beispiel beschrieben, in dem ein Berührungssensor als Eingabevorrichtung verwendet wird.

[0265] **Fig. 10A** und **Fig. 10B** sind perspektivische Ansichten des Touchscreens 2000. Es sei angemerkt, dass **Fig. 10A** und **Fig. 10B** der Einfachheit halber typische Komponenten des Touchscreens 2000 darstellen.

[0266] Der Touchscreen 2000 beinhaltet eine Anzeigevorrichtung 2501 und einen Berührungssensor 2595 (siehe **Fig. 10B**). Der Touchscreen 2000 beinhaltet auch ein Substrat 2510, ein Substrat 2570 und ein Substrat 2590. Das Substrat 2510, das Substrat 2570 und das Substrat 2590 weisen jeweils Flexibilität auf. Es sei angemerkt, dass eines oder sämtliche der Substrate 2510, 2570 und 2590 unflexibel sein kann/können.

[0267] Die Anzeigevorrichtung 2501 beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln über dem Substrat 2510 und eine Vielzahl von Leitungen 2511, über die den Pixeln Signale zugeführt werden. Die Vielzahl von Leitungen 2511 erstreckt sich bis zu einem peripheren Abschnitt des Substrats 2510, und Teile der Vielzahl von Leitungen 2511 bilden einen Anschluss 2519. Der Anschluss 2519 ist elektrisch mit einer FPC 2509(1) verbunden.

[0268] Das Substrat 2590 beinhaltet den Berührungssensor 2595 und eine Vielzahl von Leitungen 2598, die elektrisch mit dem Berührungssensor 2595 verbunden sind. Die Vielzahl von Leitungen 2598 erstreckt sich bis zu einem peripheren Abschnitt des Substrats 2590, und Teile der Vielzahl von Leitungen 2598 bilden einen Anschluss. Der Anschluss ist elektrisch mit einer FPC 2509(2) verbunden. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 10B** Elektroden, Leitungen und dergleichen des Berührungssensors 2595, der auf der Rückseite des Substrats 2590 (der Seite, die dem Substrat 2510 zugewandt ist) bereitgestellt ist, der Deutlichkeit halber durch durchgezogene Linien dargestellt werden.

[0269] Als Berührungssensor 2595 kann beispielsweise ein kapazitiver Berührungssensor verwendet werden. Beispiele für den kapazitiven Berührungssensor sind ein oberflächenkapazitiver Berührungssensor und ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor.

[0270] Beispiele für den projiziert-kapazitiven Berührungssensor sind ein eigenkapazitiver (self capacitive) Berührungssensor und ein gegenseitig kapazitiver (mutual capacitive) Berührungssensor, welche sich hauptsächlich durch das Ansteuerverfahren voneinander unterscheiden. Die Verwendung des gegenseitig kapazitiven Typs wird bevorzugt, da mehrere Punkte gleichzeitig erfasst werden können.

[0271] Es sei angemerkt, dass der Berührungssensor 2595, der in **Fig. 10B** dargestellt wird, ein Beispiel ist, in dem ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor verwendet wird.

[0272] Es sei angemerkt, dass verschiedene Sensoren als Berührungssensor 2595 verwendet werden können, die die Nähe oder die Berührung eines Erfassungsobjekts, wie z. B. eines Fingers, erfassen können.

[0273] Der projiziert-kapazitive Berührungssensor 2595 beinhaltet Elektroden 2591 und Elektroden 2592. Die Elektroden 2591 sind elektrisch mit einer beliebigen der Vielzahl von Leitungen 2598 verbunden, und die Elektroden 2592 sind elektrisch mit einer beliebigen der anderen Leitungen 2598 verbunden.

[0274] Die Elektroden 2592 weisen eine Form einer Vielzahl von Vierecken auf, die in einer Richtung angeordnet sind, wobei eine Ecke eines Vierecks mit einer Ecke eines anderen Vierecks verbunden ist, wie in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** dargestellt.

[0275] Die Elektroden 2591 weisen jeweils eine viereckige Form auf und sind in einer Richtung angeordnet, die die Richtung kreuzt, in die sich die Elektroden 2592 erstrecken.

[0276] Eine Leitung 2594 verbindet zwei Elektroden 2591 elektrisch, zwischen denen die Elektrode 2592 positioniert ist. Die Schnittfläche der Elektrode 2592 und der Leitung 2594 ist vorzugsweise so klein wie möglich. Eine derartige Struktur ermöglicht eine Verringerung der Fläche eines Bereichs, in dem die Elektroden nicht bereitgestellt sind, wodurch Schwankungen der Lichtdurchlässigkeit verringert werden. Als Ergebnis können die Schwankungen der Leuchtdichte von Licht, das den Berührungssensor 2595 passiert, verringert werden.

[0277] Es sei angemerkt, dass die Formen der Elektroden 2591 und der Elektroden 2592 nicht darauf beschränkt sind und eine beliebige verschiedener Formen sein können. Beispielsweise kann eine Struktur zum Einsatz kommen, bei der die Vielzahl von Elektroden 2591 derart angeordnet ist, dass Zwischenräume zwischen den Elektroden 2591 möglichst verringert werden, und dass die Elektroden 2592 getrennt von den Elektroden 2591 angeordnet werden, wobei eine isolierende Schicht dazwischen liegt, um Bereiche aufzuweisen, die sich nicht mit den Elektroden 2591 überlappen. In diesem Fall ist es vorzuziehen, dass zwischen zwei benachbarten Elektroden 2592 eine Dummy-Elektrode bereitgestellt wird, die elektrisch von diesen Elektroden isoliert ist, da die Fläche von Bereichen, die unterschiedliche Lichtdurchlässigkeiten aufweisen, verringert werden kann.

<Beschreibung der Anzeigevorrichtung>

[0278] Als Nächstes wird die Anzeigevorrichtung 2501 ausführlich anhand von **Fig. 11A** beschrieben. **Fig. 11A** entspricht einer Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 10B**.

[0279] Die Anzeigevorrichtung 2501 beinhaltet eine Vielzahl von in einer Matrix angeordneten Pixeln. Jedes der Pixel beinhaltet ein Anzeigeelement und eine Pixelschaltung zum Ansteuern des Anzeigeelements.

[0280] Ein Beispiel, in dem ein Licht emittierendes Element, das weißes Licht emittiert, als Anzeigeelement verwendet wird, wird im Folgenden beschrieben; jedoch ist das Anzeigeelement nicht auf ein derartiges Element beschränkt. Beispielsweise können Licht emittierende Elemente, die Licht unterschiedlicher Farben emittieren, enthalten sein, so dass das Licht unterschiedlicher Farben von benachbarten Pixeln emittiert werden kann.

[0281] Für das Substrat 2510 und das Substrat 2570 kann beispielsweise ein flexibles Material mit einer Wasserdampfdurchlässigkeit von niedriger als oder gleich $1 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Tag}^{-1}$, bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Tag}^{-1}$, vorteilhaft verwendet werden. Alternativ werden vorzugsweise Materialien, deren Wärmeausdehnungskoeffizienten einander im Wesentlichen gleichen, für das Substrat 2510 und das Substrat 2570 verwendet. Zum Beispiel sind die Längenausdehnungskoeffizienten der Materialien bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{-3}/\text{K}$, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ und noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{-5}/\text{K}$.

[0282] Es sei angemerkt, dass das Substrat 2510 eine Schichtanordnung aus einer isolierenden Schicht 2510a zum Verhindern einer Diffusion von Verunreinigungen in das Licht emittierende Element, einem flexiblen Substrat 2510b und einer Klebeschicht 2510c zum Befestigen der isolierenden Schicht 2510a an dem flexiblen Substrat 2510b ist. Das Substrat 2570 ist eine Schichtanordnung aus einer isolierenden Schicht 2570a zum Verhindern einer Diffusion von Verunreinigungen in das Licht emittierende Element, einem flexiblen Substrat 2570b und einer Klebeschicht 2570c zum Befestigen der isolierenden Schicht 2570a an dem flexiblen Substrat 2570b.

[0283] Für die Klebeschicht 2510c und die Klebeschicht 2570c kann beispielsweise Polyester, Polyolefin, Polyamid (z. B. Nylon, Aramid), Polyimid, Polycarbonat oder ein Acrylharz, Polyurethan oder ein Epoxidharz verwendet werden. Alternativ kann ein Material, das ein Harz mit einer Siloxanbindung enthält, wie z. B. Silikon, verwendet werden.

[0284] Eine Dichtungsschicht 2560 ist zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2570 bereitgestellt. Die Dichtungsschicht 2560 weist vorzugsweise einen höheren Brechungsindex auf als Luft. In dem Fall, in dem Licht, wie in **Fig. 11A** dargestellt, zu der Seite der Dichtungsschicht 2560 entnommen wird, kann die Dichtungsschicht 2560 auch als optische Klebeschicht dienen.

[0285] Ein Dichtungsmittel kann in dem peripheren Abschnitt der Dichtungsschicht 2560 ausgebildet werden. Unter Verwendung des Dichtungsmittels kann ein Licht emittierendes Element 2550R in einem Bereich, der von dem Substrat 2510, dem Substrat 2570, der Dichtungsschicht 2560 und dem Dichtungsmittel umschlos-

sen ist, bereitgestellt werden. Es sei angemerkt, dass ein Inertgas (wie z. B. Stickstoff und Argon) anstelle der Dichtungsschicht 2560 verwendet werden kann. Ein Trocknungsmittel kann in dem Inertgas bereitgestellt werden, um Feuchtigkeit oder dergleichen zu adsorbieren. Ein UV-härtendes Harz oder ein wärmehärtendes Harz kann verwendet werden; beispielsweise kann ein Harz auf Polyvinylchlorid- (PVC-) Basis, ein Acrylharz, ein Harz auf Polyimid-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis, ein Harz auf Silikon-Basis, ein Harz auf Polyvinylbutyral- (PVB-) Basis oder ein Harz auf Ethylenvinylacetat- (EVA-) Basis verwendet werden. Ein Harz auf Epoxid-Basis oder eine Glasfritte wird vorzugsweise als Dichtungsmittel verwendet. Als Material, das für das Dichtungsmittel verwendet wird, wird vorzugsweise ein Material verwendet, das weder Feuchtigkeit noch Sauerstoff durchlässt.

[0286] Die Anzeigevorrichtung 2501 beinhaltet ein Pixel 2502R. Das Pixel 2502R beinhaltet ein Licht emittierendes Modul 2580R.

[0287] Das Pixel 2502R beinhaltet das Licht emittierende Element 2550R und einen Transistor 2502t, der dem Licht emittierenden Element 2550R elektrische Energie zuführen kann. Es sei angemerkt, dass der Transistor 2502t als Teil der Pixelschaltung dient. Das Licht emittierende Modul 2580R beinhaltet das Licht emittierende Element 2550R und eine Farbschicht 2567R.

[0288] Das Licht emittierende Element 2550R beinhaltet eine untere Elektrode, eine obere Elektrode und eine EL-Schicht zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode. Als Licht emittierendes Element 2550R kann beispielsweise ein beliebiges der bei den Ausführungsformen 1 bis 4 beschriebenen Licht emittierenden Elemente verwendet werden.

[0289] Eine Mikrokavitätsstruktur kann zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode verwendet werden, so dass die Intensität von Licht mit einer spezifischen Wellenlänge zunehmen kann.

[0290] In dem Fall, in dem die Dichtungsschicht 2560 auf der Lichtextraktionsseite bereitgestellt ist, ist die Dichtungsschicht 2560 in Kontakt mit dem Licht emittierenden Element 2550R und der Farbschicht 2567R.

[0291] Die Farbschicht 2567R ist in einem Bereich positioniert, der sich mit dem Licht emittierenden Element 2550R überlappt. Demzufolge passiert ein Teil von Licht, das von dem Licht emittierenden Element 2550R emittiert wird, die Farbschicht 2567R und wird zur Außenseite des Licht emittierenden Moduls 2580R emittiert, wie ein Pfeil in der Zeichnung zeigt.

[0292] Die Anzeigevorrichtung 2501 beinhaltet eine lichtundurchlässige Schicht 2567BM auf der Lichtextraktionsseite. Die lichtundurchlässige Schicht 2567BM ist derart bereitgestellt, dass sie die Farbschicht 2567R umschließt.

[0293] Die Farbschicht 2567R ist eine Farbschicht mit einer Funktion zum Durchlassen von Licht in einem bestimmten Wellenlängenbereich. Beispielsweise kann ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem roten Wellenlängenbereich, ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem grünen Wellenlängenbereich, ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem blauen Wellenlängenbereich, ein Farbfilter zum Durchlassen von Licht in einem gelben Wellenlängenbereich oder dergleichen verwendet werden. Jeder Farbfilter kann mit einem beliebigen verschiedener Materialien durch ein Druckverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Ätzverfahren unter Verwendung einer Photolithographietechnik oder dergleichen ausgebildet werden.

[0294] Eine isolierende Schicht 2521 ist in der Anzeigevorrichtung 2501 bereitgestellt. Die isolierende Schicht 2521 bedeckt den Transistor 2502t. Es sei angemerkt, dass die isolierende Schicht 2521 eine Funktion zum Bedecken einer Unebenheit aufweist, die durch die Pixelschaltung herbeigeführt wird. Die isolierende Schicht 2521 kann auch eine Funktion zum Unterdrücken einer Diffusion von Verunreinigungen aufweisen. Dies kann verhindern, dass die Zuverlässigkeit des Transistors 2502t oder dergleichen durch die Diffusion von Verunreinigungen verringert wird.

[0295] Das Licht emittierende Element 2550R wird über der isolierenden Schicht 2521 ausgebildet. Eine Trennwand 2528 wird derart bereitgestellt, dass sie sich mit einem Endabschnitt der unteren Elektrode des Licht emittierenden Elements 2550R überlappt. Es sei angemerkt, dass ein Abstandshalter zum Steuern des Abstandes zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2570 über der Trennwand 2528 ausgebildet werden kann.

[0296] Eine Abtastleitungstreiberschaltung 2503g(1) beinhaltet einen Transistor 2503t und einen Kondensator 2503c. Es sei angemerkt, dass die Treiberschaltung und die Pixelschaltungen im gleichen Prozess über dem gleichen Substrat ausgebildet werden können.

[0297] Über dem Substrat 2510 sind die Leitungen 2511, über die Signale zugeführt werden können, bereitgestellt. Über den Leitungen 2511 ist der Anschluss 2519 bereitgestellt. Die FPC 2509(1) ist elektrisch mit dem Anschluss 2519 verbunden. Die FPC 2509(1) weist eine Funktion zum Zuführen eines Videosignals, eines Taktsignals, eines Startsignals, eines Rücksetzsignals oder dergleichen auf. Es sei angemerkt, dass die FPC 2509(1) mit einer gedruckten Leiterplatte (printed wiring board, PWB) bereitgestellt werden kann.

[0298] Bei der Anzeigevorrichtung 2501 können Transistoren mit einer beliebigen verschiedener Strukturen verwendet werden. **Fig. 11A** stellt ein Beispiel dar, in dem Bottom-Gate-Transistoren verwendet werden; jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf dieses Beispiel beschränkt, und Top-Gate-Transistoren können in der Anzeigevorrichtung 2501 verwendet werden, wie in **Fig. 11B** dargestellt.

[0299] Außerdem gibt es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Polarität des Transistors 2502t und des Transistors 2503t. Für diese Transistoren können n-Kanal- und p-Kanal-Transistoren verwendet werden, oder beispielsweise können entweder n-Kanal-Transistoren oder p-Kanal-Transistoren verwendet werden. Des Weiteren gibt es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Kristallinität eines Halbleiterfilms, der für die Transistoren 2502t und 2503t verwendet wird. Beispielsweise kann ein amorpher Halbleiterfilm oder ein kristalliner Halbleiterfilm verwendet werden. Beispiele für Halbleitermaterialien umfassen Halbleiter der Gruppe 13 (z. B. einen Halbleiter, der Gallium enthält), Halbleiter der Gruppe 14 (z. B. einen Halbleiter, der Silizium enthält), Verbundhalbleiter (einschließlich Oxidhalbleiter) und organische Halbleiter. Vorzugsweise wird ein Oxidhalbleiter, der eine Energielücke von 2 eV oder mehr, bevorzugt 2,5 eV oder mehr, stärker bevorzugt 3 eV oder mehr aufweist, für einen oder beide der Transistoren 2502t und 2503t verwendet, so dass der Sperrstrom der Transistoren verringert werden kann. Beispiele für die Oxidhalbleiter umfassen ein In-Ga-Oxid und ein In-M-Zn-Oxid (M stellt Aluminium (Al), Gallium (Ga), Yttrium (Y), Zirconium (Zr), Lanthan (La), Cer (Ce), Zinn (Sn), Hafnium (Hf) oder Neodym (Nd) dar).

<Beschreibung des Berührungssensors>

[0300] Als Nächstes wird der Berührungssensor 2595 ausführlich anhand von **Fig. 11C** beschrieben. **Fig. 11C** entspricht einer Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X3-X4 in **Fig. 10B**.

[0301] Der Berührungssensor 2595 beinhaltet die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592, welche in einer versetzten Anordnung auf dem Substrat 2590 angeordnet sind, eine isolierende Schicht 2593, die die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592 bedeckt, und die Leitung 2594, die die benachbarten Elektroden 2591 elektrisch miteinander verbindet.

[0302] Die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592 werden unter Verwendung eines lichtdurchlässigen leitenden Materials ausgebildet. Als lichtdurchlässiges leitendes Material kann ein leitendes Oxid, wie z. B. Indiumoxid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Zinkoxid oder Zinkoxid, dem Gallium zugesetzt worden ist, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass auch ein Film, der Graphen enthält, verwendet werden kann. Der Film, der Graphen enthält, kann beispielsweise durch eine Reduktion eines Films, der Graphenoxid enthält, ausgebildet werden. Als Reduktionsverfahren kann ein Verfahren, bei dem Wärme verwendet wird, oder dergleichen zum Einsatz kommen.

[0303] Die Elektroden 2591 und die Elektroden 2592 können ausgebildet werden, indem beispielsweise ein lichtdurchlässiges leitendes Material durch ein Sputterverfahren auf dem Substrat 2590 abgeschieden wird und dann ein unnötiger Abschnitt durch eine beliebige verschiedener Strukturierungstechniken, wie z. B. Photolithographie, entfernt wird.

[0304] Beispiele für ein Material für die isolierende Schicht 2593 sind ein Harz, wie z. B. ein Acrylharz oder ein Epoxidharz, ein Harz mit einer Siloxanbindung, wie z. B. Silikon, und ein anorganisches isolierendes Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid oder Aluminiumoxid.

[0305] Öffnungen, die die Elektroden 2591 erreichen, werden in der isolierenden Schicht 2593 ausgebildet, und die Leitung 2594 verbindet die benachbarten Elektroden 2591 elektrisch. Ein lichtdurchlässiges leitendes Material kann als Leitung 2594 vorteilhaft verwendet werden, da das Öffnungsverhältnis des Touchscreens erhöht werden kann. Außerdem kann ein Material, das eine höhere Leitfähigkeit aufweist als die Elektroden

2591 und 2592, für die Leitung 2594 vorteilhaft verwendet werden, da der elektrische Widerstand verringert werden kann.

[0306] Eine Elektrode 2592 erstreckt sich in eine Richtung, und eine Vielzahl von Elektroden 2592 ist in Streifenform bereitgestellt. Die Leitung 2594 kreuzt die Elektrode 2592.

[0307] Eine Elektrode 2592 ist zwischen dem Paar von Elektroden 2591 bereitgestellt. Die Leitung 2594 verbindet das Paar von Elektroden 2591 elektrisch.

[0308] Es sei angemerkt, dass die Vielzahl von Elektroden 2591 nicht notwendigerweise in der Richtung orthogonal zu einer Elektrode 2592 angeordnet ist und derart angeordnet sein kann, dass sie eine Elektrode 2592 bei einem Winkel von mehr als 0 Grad und weniger als 90 Grad kreuzt.

[0309] Die Leitung 2598 ist elektrisch mit einer beliebigen der Elektroden 2591 und 2592 verbunden. Ein Teil der Leitung 2598 dient als Anschluss. Für die Leitung 2598 kann ein Metallmaterial, wie z. B. Aluminium, Gold, Platin, Silber, Nickel, Titan, Wolfram, Chrom, Molybdän, Eisen, Kobalt, Kupfer oder Palladium, oder ein Legierungsmaterial verwendet werden, das ein beliebiges dieser Metallmaterialien enthält.

[0310] Es sei angemerkt, dass eine isolierende Schicht, die die isolierende Schicht 2593 und die Leitung 2594 bedeckt, bereitgestellt sein kann, um den Berührungssensor 2595 zu schützen.

[0311] Eine Verbindungsschicht 2599 verbindet die Leitung 2598 elektrisch mit der FPC 2509(2).

[0312] Als Verbindungsschicht 2599 können beliebige verschiedener anisotroper leitender Filme (anisotropic conductive film, ACF), anisotroper leitender Pasten (anisotropic conductive paste, ACP) oder dergleichen verwendet werden.

<Beschreibung 2 des Touchscreens>

[0313] Als Nächstes wird der Touchscreen 2000 ausführlich anhand von **Fig. 12A** beschrieben. **Fig. 12A** entspricht einer Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X5-X6 in **Fig. 10A**.

[0314] In dem Touchscreen 2000, der in **Fig. 12A** dargestellt wird, sind die Anzeigevorrichtung 2501, die anhand von **Fig. 11A** beschrieben worden ist, und der Berührungssensor 2595, der anhand von **Fig. 11C** beschrieben worden ist, aneinander befestigt.

[0315] Der Touchscreen 2000, der in **Fig. 12A** dargestellt wird, beinhaltet zusätzlich zu den Komponenten, die anhand von **Fig. 11A** und **Fig. 11C** beschrieben worden sind, eine Klebeschicht 2597 und eine Antireflexionsschicht 2567p.

[0316] Die Klebeschicht 2597 wird in Kontakt mit der Leitung 2594 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Klebeschicht 2597 das Substrat 2590 an dem Substrat 2570 derart befestigt, dass sich der Berührungssensor 2595 mit der Anzeigevorrichtung 2501 überlappt. Die Klebeschicht 2597 weist vorzugsweise eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft auf. Ein wärmehärtendes Harz oder ein UV-härtendes Harz kann für die Klebeschicht 2597 verwendet werden. Beispielsweise kann ein Acrylharz, ein Harz auf Urethan-Basis, ein Harz auf Epoxid-Basis oder ein Harz auf Siloxan-Basis verwendet werden.

[0317] Die Antireflexionsschicht 2567p ist in einem Bereich positioniert, der sich mit Pixeln überlappt. Als Antireflexionsschicht 2567p kann beispielsweise eine zirkular polarisierende Platte verwendet werden.

[0318] Als Nächstes wird ein Touchscreen mit einer Struktur, die sich von derjenigen, die in **Fig. 12A** dargestellt wird, unterscheidet, anhand von **Fig. 12B** beschrieben.

[0319] **Fig. 12B** ist eine Querschnittsansicht eines Touchscreens 2001. Der Touchscreen 2001, der in **Fig. 12B** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem in **Fig. 12A** dargestellten Touchscreen 2000 in der Position des Berührungssensors 2595 in Bezug auf die Anzeigevorrichtung 2501. Unterschiedliche Teile werden im Folgenden ausführlich beschrieben, und für die anderen ähnlichen Teile wird auf die vorstehende Beschreibung des Touchscreens 2000 Bezug genommen.

[0320] Die Farbschicht 2567R ist in einem Bereich positioniert, der sich mit dem Licht emittierenden Element 2550R überlappt. Das Licht emittierende Element 2550R, das in **Fig. 12B** dargestellt wird, emittiert Licht zu der Seite, auf der der Transistor 2502t bereitgestellt ist. Demzufolge passiert ein Teil von Licht, das von dem Licht emittierenden Element 2550R emittiert wird, die Farbschicht 2567R und wird zur Außenseite des Licht emittierenden Moduls 2580R emittiert, wie ein Pfeil in **Fig. 12B** zeigt.

[0321] Der Berührungssensor 2595 wird auf der Seite des Substrats 2510 der Anzeigevorrichtung 2501 bereitgestellt.

[0322] Die Klebeschicht 2597 ist zwischen dem Substrat 2510 und dem Substrat 2590 bereitgestellt und befestigt den Berührungssensor 2595 an der Anzeigevorrichtung 2501.

[0323] Wie in **Fig. 12A** oder **Fig. 12B** dargestellt, kann Licht von dem Licht emittierenden Element über eines oder beide des Substrats 2510 und des Substrats 2570 emittiert werden.

<Beschreibung eines Verfahrens zum Ansteuern eines Touchscreens>

[0324] Als Nächstes wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Ansteuern eines Touchscreens anhand von **Fig. 13A** und **Fig. 13B** beschrieben.

[0325] **Fig. 13A** ist ein Blockdiagramm, das die Struktur eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors darstellt. **Fig. 13A** stellt eine Impulsspannungsausgabeschaltung 2601 und eine Stromerfassungsschaltung 2602 dar. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 13A** sechs Leitungen X1 bis X6 die Elektroden 2621 darstellen, an die eine Impulsspannung angelegt wird, und sechs Leitungen Y1 bis Y6 die Elektroden 2622 darstellen, die die Veränderungen des Stroms erkennen. **Fig. 13A** stellt auch Kondensatoren 2603 dar, die jeweils in einem Bereich ausgebildet werden, in dem sich die Elektroden 2621 und 2622 miteinander überlappen. Es sei angemerkt, dass ein funktioneller Tausch zwischen den Elektroden 2621 und 2622 möglich ist.

[0326] Es handelt sich bei der Impulsspannungsausgabeschaltung 2601 um eine Schaltung zum sequenziellen Anlegen einer Impulsspannung an die Leitungen X1 bis X6. Durch Anlegen einer Impulsspannung an die Leitungen X1 bis X6 wird ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden 2621 und 2622 des Kondensators 2603 erzeugt. Wenn das elektrische Feld zwischen den Elektroden abgeschirmt wird, tritt beispielsweise eine Veränderung in dem Kondensator 2603 auf (gegenseitige Kapazität). Die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts kann durch Nutzung dieser Veränderung erfasst werden.

[0327] Es handelt sich bei der Stromerfassungsschaltung 2602 um eine Schaltung zum Erkennen von Veränderungen des durch die Leitungen Y1 bis Y6 fließenden Stroms, welche durch die Veränderung der gegenseitigen Kapazität in dem Kondensator 2603 herbeigeführt werden. Keine Veränderung des Stromwertes wird in den Leitungen Y1 bis Y6 erfasst, wenn es keine Annäherung oder keinen Kontakt eines Erfassungsobjekts gibt, wohingegen eine Verringerung des Stromwertes erfasst wird, wenn die gegenseitige Kapazität infolge der Annäherung oder des Kontakts eines Erfassungsobjekts verringert wird. Es sei angemerkt, dass eine Integratororschaltung oder dergleichen zur Erfassung der Stromwerte verwendet wird.

[0328] **Fig. 13B** ist ein Zeitdiagramm, das Eingangs- und Ausgangswellenformen bei dem in **Fig. 13A** dargestellten gegenseitig kapazitiven Berührungssensor zeigt. In **Fig. 13B** wird in einer Bildperiode (frame period) ein Erfassungsobjekt in sämtlichen Zeilen und Spalten erfasst. **Fig. 13B** zeigt eine Periode, in der kein Erfassungsobjekt erfasst wird (keine Berührung), und eine Periode, in der ein Erfassungsobjekt erfasst wird (Berührung). In **Fig. 13B** werden die erfassten Stromwerte der Leitungen Y1 bis Y6 als Wellenformen der Spannungswerte gezeigt.

[0329] Impulsspannungen werden sequenziell an die Leitungen X1 bis X6 angelegt, und die Wellenformen der Leitungen Y1 bis Y6 verändern sich entsprechend den Impulsspannungen. Wenn es keine Annäherung oder keinen Kontakt eines Erfassungsobjekts gibt, verändern sich die Wellenformen der Leitungen Y1 bis Y6 entsprechend den Veränderungen der Spannungen der Leitungen X1 bis X6 gleichmäßig. Der Stromwert nimmt an der Stelle ab, an der es zu der Annäherung oder dem Kontakt eines Erfassungsobjekts kommt, und dementsprechend verändert sich die Wellenform des Spannungswertes.

[0330] Indem eine Veränderung der gegenseitigen Kapazität auf diese Weise erfasst wird, kann die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts erfasst werden.

<Beschreibung der Sensorschaltung>

[0331] Der Passivmatrix-Berührungssensor, bei dem nur der Kondensator 2603 am Kreuzungspunkt von Leitungen bereitgestellt ist, wird als Berührungssensor in **Fig. 13A** dargestellt; alternativ kann auch ein Aktivmatrix-Berührungssensor verwendet werden, der einen Transistor und einen Kondensator beinhaltet. **Fig. 14** stellt ein Beispiel für eine Sensorschaltung dar, die in einem Aktivmatrix-Berührungssensor enthalten ist.

[0332] Die Sensorschaltung in **Fig. 14** beinhaltet den Kondensator 2603 sowie Transistoren 2611, 2612 und 2613.

[0333] Ein Signal G2 wird in ein Gate des Transistors 2613 eingegeben. Eine Spannung VRES wird an einen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2613 angelegt, und eine Elektrode des Kondensators 2603 und ein Gate des Transistors 2611 werden elektrisch mit dem anderen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2613 verbunden. Ein Anschluss von Source und Drain des Transistors 2611 wird elektrisch mit einem Anschluss von Source und Drain des Transistors 2612 verbunden, und eine Spannung VSS wird an den anderen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2611 angelegt. Ein Signal G1 wird in ein Gate des Transistors 2612 eingegeben, und eine Leitung ML wird elektrisch mit dem anderen Anschluss von Source und Drain des Transistors 2612 verbunden. Die Spannung VSS wird an die andere Elektrode des Kondensators 2603 angelegt.

[0334] Als Nächstes wird die Arbeitsweise der Sensorschaltung in **Fig. 14** beschrieben. Als Erstes wird ein Potential zum Einschalten des Transistors 2613 als Signal G2 zugeführt, und ein Potential, das der Spannung VRES entspricht, wird somit an einen Knoten n angelegt, der mit dem Gate des Transistors 2611 verbunden ist. Anschließend wird ein Potential zum Ausschalten des Transistors 2613 als Signal G2 angelegt, wodurch das Potential des Knotens n gehalten wird.

[0335] Danach verändert sich die gegenseitige Kapazität des Kondensators 2603 infolge der Annäherung oder des Kontakts eines Erfassungsobjekts, wie z. B. eines Fingers; demzufolge wird das Potential des Knotens n von VRES verändert.

[0336] Bei einem Lesevorgang wird ein Potential zum Einschalten des Transistors 2612 als Signal G1 zugeführt. Mit dem Potential des Knotens n verändert sich ein Strom, der durch den Transistor 2611 fließt, das heißt ein Strom, der durch die Leitung ML fließt. Durch Erfassen dieses Stroms kann die Annäherung oder der Kontakt eines Erfassungsobjekts erfasst werden.

[0337] Bei jedem der Transistoren 2611, 2612 und 2613 wird eine Oxidhalbleiterschicht vorzugsweise als Halbleiterschicht verwendet, in der ein Kanalbereich gebildet wird. Insbesondere wird ein derartiger Transistor vorzugsweise als Transistor 2613 verwendet, so dass das Potential des Knotens n für eine lange Zeit gehalten werden kann und die Häufigkeit eines Vorgangs zum nochmaligen Zuführen von VRES zu dem Knoten n (Aktualisierungsvorgangs) verringert werden kann.

[0338] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit der bei einer beliebigen der anderen Ausführungsformen beschriebenen Struktur verwendet werden.

(Ausführungsform 6)

[0339] Bei dieser Ausführungsform werden ein Anzeigemodul und elektronische Geräte, die ein Licht emittierendes Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhalten, anhand von **Fig. 15** und **Fig. 16A** bis **Fig. 16G** beschrieben.

<Anzeigemodul>

[0340] Bei einem Anzeigemodul 8000, das in **Fig. 15** dargestellt wird, sind ein Berührungssensor 8004, der mit einer FPC 8003 verbunden ist, eine Anzeigevorrichtung 8006, die mit einer FPC 8005 verbunden ist, ein Rahmen 8009, eine gedruckte Leiterplatte 8010 und eine Batterie 8011 zwischen einer oberen Abdeckung 8001 und einer unteren Abdeckung 8002 bereitgestellt.

[0341] Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise für die Anzeigevorrichtung 8006 verwendet werden.

[0342] Die Formen und Größen der oberen Abdeckung 8001 und der unteren Abdeckung 8002 können je nach Bedarf entsprechend den Größen des Berührungssensors 8004 und der Anzeigevorrichtung 8006 verändert werden.

[0343] Der Berührungssensor 8004 kann ein resistiver Berührungssensor oder ein kapazitiver Berührungssensor sein und derart ausgebildet sein, dass er sich mit der Anzeigevorrichtung 8006 überlappt. Ein Gegensubstrat (Dichtungssubstrat) der Anzeigevorrichtung 8006 kann eine Berührungssensor-Funktion aufweisen. Ein Fotosensor kann in jedem Pixel der Anzeigevorrichtung 8006 bereitgestellt sein, so dass ein optischer Berührungssensor erhalten wird.

[0344] Der Rahmen 8009 schützt die Anzeigevorrichtung 8006 und dient auch als elektromagnetischer Schild zum Blockieren von elektromagnetischen Wellen, die durch den Betrieb der gedruckten Leiterplatte 8010 erzeugt werden. Der Rahmen 8009 kann als Abstrahlplatte dienen.

[0345] Die gedruckte Leiterplatte 8010 beinhaltet eine Stromversorgungsschaltung und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Ausgeben eines Videosignals und eines Taktsignals. Als Stromquelle zum Zuführen von Strom zu der Stromversorgungsschaltung kann eine externe Netzstromquelle oder die Batterie 8011 verwendet werden, die getrennt bereitgestellt ist. Die Batterie 8011 kann im Falle der Verwendung einer Netzstromquelle weggelassen werden.

[0346] Das Anzeigemodul 8000 kann zusätzlich mit einem Bestandteil, wie z. B. einer polarisierenden Platte, einer Retardationsplatte oder einer Prismenfolie, versehen sein.

<Elektronische Geräte>

[0347] **Fig. 16A bis Fig. 16G** stellen elektronische Geräte dar. Diese elektronischen Geräte können ein Gehäuse 9000, einen Anzeigearbeitsbereich 9001, einen Lautsprecher 9003, Bedienungstasten 9005 (darunter auch einen Netzschalter oder einen Bedienungsschalter), einen Verbindungsanschluss 9006, einen Sensor 9007 (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen oder Erfassen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemischer Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrischem Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussmenge, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahl), ein Mikrofon 9008 und dergleichen beinhalten.

[0348] Die elektronischen Geräte, die in **Fig. 16A bis Fig. 16G** dargestellt werden, können verschiedene Funktionen aufweisen, so beispielsweise eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Daten (eines Standbildes, eines bewegten Bildes, eines Textbildes und dergleichen) auf dem Anzeigearbeitsbereich, eine Berührungssensor-Funktion, eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, des Datums, der Zeit und dergleichen, eine Funktion zum Steuern einer Verarbeitung mittels verschiedener Softwares (Programme), 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 von einem Programm oder Daten, das/die in einem Speichermedium gespeichert ist/sind, und Anzeigen des Programms oder der Daten auf dem Anzeigearbeitsbereich. Es sei angemerkt, dass die Funktionen der elektronischen Geräte, die in **Fig. 16A bis Fig. 16G** dargestellt werden, nicht auf diejenigen, die vorstehend beschrieben worden sind, beschränkt sind und die elektronischen Geräte verschiedene Funktionen aufweisen können. Obwohl in **Fig. 16A bis Fig. 16G** nicht dargestellt, können die elektronischen Geräte eine Vielzahl von Anzeigearbeitsbereichen beinhalten. Die elektronischen Geräte können eine Kamera oder dergleichen beinhalten und eine Funktion zum Aufnehmen eines Standbildes, eine Funktion zum Aufnehmen eines bewegten Bildes, eine Funktion zum Speichern des aufgenommenen Bildes in einem Speichermedium (einem externen Speichermedium oder einem Speichermedium, das in der Kamera eingebaut ist), eine Funktion zum Anzeigen des aufgenommenen Bildes auf dem Anzeigearbeitsbereich oder dergleichen aufweisen.

[0349] Die elektronischen Geräte, die in **Fig. 16A bis Fig. 16G** dargestellt werden, werden im Folgenden ausführlich beschrieben.

[0350] **Fig. 16A** ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9100. Der Anzeigearbeitsbereich 9001 des tragbaren Informationsendgeräts 9100 ist flexibel. Deshalb kann der Anzeigearbeitsbereich 9001 entlang einer gebogenen Oberfläche eines gebogenen Gehäuses 9000 eingebaut sein. Der Anzeigearbeitsbereich 9001 beinhaltet ferner einen Berührungssensor, und ein Betrieb kann durch Berühren des Bildschirms

mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen durchgeführt werden. Wenn beispielsweise ein auf dem Anzeigeabschnitt 9001 angezeigtes Icon berührt wird, kann eine Applikation gestartet werden.

[0351] **Fig. 16B** ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9101. Das tragbare Informationsendgerät 9101 dient beispielsweise als ein oder mehrere Gerät/e von einem Telefonapparat, einem Notizbuch und einem Informationssuchsystem. Insbesondere kann das tragbare Informationsendgerät als Smartphone verwendet werden. Es sei angemerkt, dass der Lautsprecher 9003, der Verbindungsanschluss 9006, der Sensor 9007 und dergleichen, die nicht in **Fig. 16B** dargestellt werden, in dem tragbaren Informationsendgerät 9101 wie in dem tragbaren Informationsendgerät 9100 in **Fig. 16A** positioniert sein können. Das tragbare Informationsendgerät 9101 kann Schriftzeichen und Bildinformationen auf seiner Vielzahl von Oberflächen anzeigen. Beispielsweise können drei Bedienungsknöpfe 9050 (auch als Bedienungsicons, oder einfach als Icons bezeichnet) auf einer Oberfläche des Anzeigeabschnitts 9001 angezeigt werden. Außerdem können Informationen 9051, die durch gestrichelte Rechtecke dargestellt werden, auf einer anderen Oberfläche des Anzeigeabschnitts 9001 angezeigt werden. Beispiele für die Informationen 9051 umfassen eine Anzeige, die auf die Ankunft einer eingehenden E-Mail, einer Mitteilung von einem sozialen Netzwerk (social networking service, SNS), eines Anrufs und dergleichen hinweist; den Betreff und Absender einer E-Mail und einer SNS-Mitteilung; das Datum; die Zeit; die verbleibende Batteriekapazität; und die Stärke des Empfangens einer Antenne. Alternativ können die Bedienungsknöpfe 9050 oder dergleichen an der Stelle der Informationen 9051 angezeigt werden.

[0352] **Fig. 16C** ist eine perspektivische Ansicht eines tragbaren Informationsendgeräts 9102. Das tragbare Informationsendgerät 9102 weist eine Funktion zum Anzeigen von Informationen auf drei oder mehr Oberflächen des Anzeigeabschnitts 9001 auf. Hier werden Informationen 9052, Informationen 9053 und Informationen 9054 auf unterschiedlichen Oberflächen angezeigt. Beispielsweise kann ein Benutzer des tragbaren Informationsendgeräts 9102 die Anzeige (hier die Informationen 9053) ansehen, wobei das tragbare Informationsendgerät 9102 in einer Brusttasche seines/ihres Kleidungsstücks platziert ist. Insbesondere wird die Telefonnummer, der Name oder dergleichen eines Anrufers an einer Stelle angezeigt, die von oberhalb des tragbaren Informationsendgeräts 9102 aus eingesehen werden kann. Daher kann der Benutzer die Anzeige ansehen, ohne dabei das tragbare Informationsendgerät 9102 aus der Tasche herauszunehmen, und entscheiden, ob er/sie den Anruf annimmt.

[0353] **Fig. 16D** ist eine perspektivische Ansicht eines armbanduhrtartigen tragbaren Informationsendgeräts 9200. Das tragbare Informationsendgerät 9200 kann verschiedene Applikationen dazu ausführen, beispielsweise Mobiltelefongespräche durchzuführen, E-Mails zu schicken und empfangen, Texte zu zeigen und bearbeiten, Musik wiederzugeben sowie Internet-Kommunikation und Computerspiele auszuführen. Die Anzeigoberfläche des Anzeigeabschnitts 9001 ist gebogen, und Bilder können auf der gebogenen Anzeigoberfläche angezeigt werden. Das tragbare Informationsendgerät 9200 kann die Nahbereichskommunikation verwenden, bei der es sich um ein Kommunikationsverfahren entsprechend einem bestehenden Kommunikationsstandard handelt. Zum Beispiel kann in diesem Fall eine gegenseitige Kommunikation zwischen dem tragbaren Informationsendgerät 9200 und einem Headset durchgeführt werden, das zur drahtlosen Kommunikation geeignet ist, wodurch ein freihändiges Telefongespräch ermöglicht wird. Das tragbare Informationsendgerät 9200 beinhaltet den Verbindungsanschluss 9006, und Daten können über einen Steckerverbinder direkt zu/von einem anderen Informationsendgerät übertragen und empfangen werden. Ein Aufladen mit Strom durch den Verbindungsanschluss 9006 ist auch möglich. Es sei angemerkt, dass der Ladevorgang, ohne den Verbindungsanschluss 9006 zu verwenden, durch drahtlose Stromzufuhr durchgeführt werden kann.

[0354] **Fig. 16E**, **Fig. 16F** und **Fig. 16G** sind perspektivische Ansichten eines zusammenklappbaren, tragbaren Informationsendgeräts 9201. **Fig. 16E** ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9201, das geöffnet ist, darstellt. **Fig. 16F** ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9201, das geöffnet oder zusammengeklappt wird, darstellt. **Fig. 16G** ist eine perspektivische Ansicht, die das tragbare Informationsendgerät 9201, das zusammengeklappt ist, darstellt. Das tragbare Informationsendgerät 9201 ist sehr gut tragbar, wenn es zusammengeklappt ist. Wenn das tragbare Informationsendgerät 9201 geöffnet ist, ist ein nahtloser großer Anzegebereich sehr gut durchsuchbar. Der Anzeigeabschnitt 9001 des tragbaren Informationsendgeräts 9201 wird von drei Gehäusen 9000 getragen, die durch Gelenke 9055 miteinander verbunden sind. Indem das tragbare Informationsendgerät 9201 an einer Verbindungsstelle zwischen zwei Gehäusen 9000 an den Gelenken 9055 zusammengeklappt wird, kann die Form des tragbaren Informationsendgeräts 9201 reversibel von einem geöffneten Zustand zu einem zusammengeklappten Zustand geändert werden. Beispielsweise kann das tragbare Informationsendgerät 9201 mit einem Krümmungsradius von größer als oder gleich 1 mm und kleiner als oder gleich 150 mm gebogen werden.

[0355] Die elektronischen Geräte bei dieser Ausführungsform beinhalten jeweils einen Anzeigeabschnitt zum Anzeigen gewisser Arten von Informationen. Das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auch für elektronische Geräte mit keinem Anzeigeabschnitt verwendet werden. In den elektronischen Geräten, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind, ist der Anzeigeabschnitt flexibel und kann eine Anzeige auf der gebogenen Anzeigeoberfläche durchgeführt werden, oder der Anzeigeabschnitt ist zusammenklappbar; jedoch ist die Struktur der elektronischen Geräte nicht auf diese Beispiele beschränkt, und eine Struktur, bei der der Anzeigeabschnitt nicht flexibel ist und eine Anzeige auf einem ebenen Abschnitt durchgeführt wird, kann zum Einsatz kommen.

[0356] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann je nach Bedarf mit einer beliebigen der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen kombiniert werden.

(Ausführungsform 7)

[0357] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für Beleuchtungsvorrichtungen, bei denen das Licht emittierende Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, anhand von **Fig. 17** beschrieben.

[0358] **Fig. 17** stellt ein Beispiel dar, in dem das Licht emittierende Element für eine Innenraumbeleuchtungsvorrichtung 8501 verwendet wird. Da das Licht emittierende Element eine größere Fläche aufweisen kann, kann auch eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer großen Fläche ausgebildet werden. Zudem kann auch eine Beleuchtungsvorrichtung 8502, bei der ein Licht emittierender Bereich eine gebogene Oberfläche aufweist, unter Verwendung eines Gehäuses mit einer gebogenen Oberfläche ausgebildet werden. Das Licht emittierende Element, das bei dieser Ausführungsform beschrieben worden ist, weist die Form eines dünnen Films auf, was es ermöglicht, das Gehäuse freier zu gestalten. Deshalb kann die Beleuchtungsvorrichtung auf verschiedene Weise kunstvoll gestaltet werden. Des Weiteren kann eine Wand des Zimmers mit einer großen Beleuchtungsvorrichtung 8503 versehen sein. Berührungssensoren können in den Beleuchtungsvorrichtungen 8501, 8502 und 8503 bereitgestellt werden, um das Ein- oder Ausschalten der Beleuchtungsvorrichtungen zu steuern.

[0359] Wenn das Licht emittierende Element auf der Oberflächenseite eines Tisches verwendet wird, kann ferner eine Beleuchtungsvorrichtung 8504 mit einer Funktion als Tisch erhalten werden. Wenn das Licht emittierende Element als Teil eines anderen Möbelstücks verwendet wird, kann eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Funktion als betreffendes Möbelstück erhalten werden.

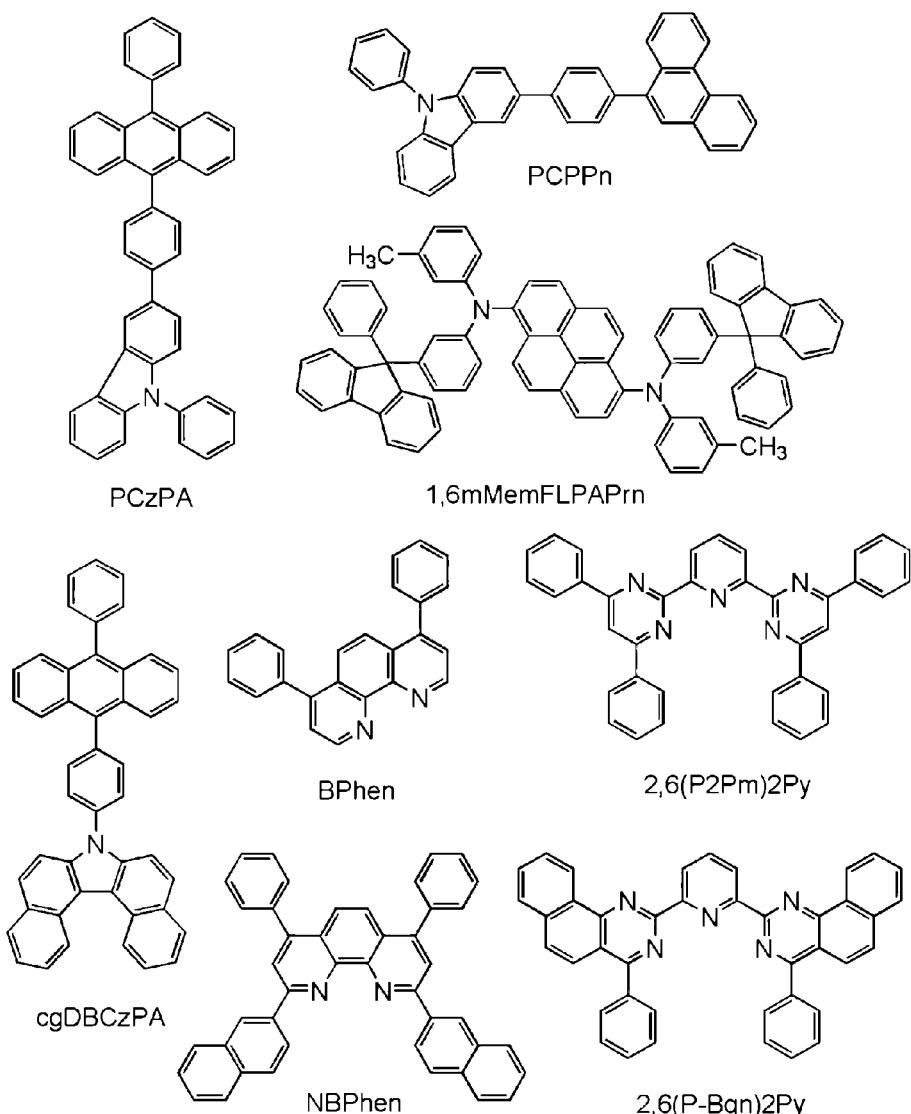
[0360] Auf diese Weise können verschiedene Beleuchtungsvorrichtungen erhalten werden, bei denen das Licht emittierende Element verwendet wird. Es sei angemerkt, dass derartige Beleuchtungsvorrichtungen bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten sind.

[0361] Die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur kann in einer geeigneten Kombination mit der bei einer beliebigen der anderen Ausführungsformen beschriebenen Struktur verwendet werden.

[Beispiel 1]

[0362] In diesem Beispiel wurden acht Licht emittierende Elemente mit unterschiedlichen Strukturen hergestellt. Es sei angemerkt, dass die acht Licht emittierenden Elemente vier Licht emittierende Elemente mit unterschiedlichen Materialien, die für Elektronentransportschichten verwendet werden, und vier Licht emittierende Elemente umfassen, die sich von den vorstehenden vier Licht emittierenden Elementen nur in einem Material unterscheiden, das für Lochtransportschichten verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die Herstellung der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 anhand von **Fig. 18** beschrieben wird. Die chemischen Formeln der Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, sind wie folgt.

[Chemische Formel 1]



<<Herstellung der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8>>

[0363] Als Erstes wurde Indiumzinnoxid (ITO), das Siliziumoxid enthält, durch ein Sputterverfahren über einem Glassubstrat 900 abgeschieden, wodurch eine erste Elektrode 901, die als Anode dient, ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die erste Elektrode eine Dicke von 70 nm und eine Fläche von 2 mm × 2 mm aufweist.

[0364] Als Nächstes wurde als Vorbehandlung zum Ausbilden des Licht emittierenden Elements über dem Substrat 900 eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und das Backen wurde eine Stunde lang bei 200 °C durchgeführt; dann wurde eine UV-Ozon-Behandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

[0365] Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr 1×10^{-4} Pa verringert worden war, und es wurde 30 Minuten lang im Vakuum bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung gebacken. Dann wurde das Substrat 900 ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

[0366] Anschließend wurde das Substrat 900 an einem Halter in der Vakuumverdampfungseinrichtung derart befestigt, dass sich eine Oberfläche des Substrats, über der die erste Elektrode 901 ausgebildet wurde, nach unten richtete. In diesem Beispiel werden eine Lochinjektionsschicht 911, eine Lochtransportschicht 912, eine Licht emittierende Schicht 913, eine Elektronentransportschicht 914 und eine Elektroneninjektionsschicht 915, die in einer EL-Schicht 902 enthalten sind, sequenziell durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet.

[0367] Nachdem der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung auf 1×10^{-4} Pa verringert worden war, wurden im Falle der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 3-[4-(9-Phenanthryl)-phenyl]-9-phenyl-9H-carbazol (Abkürzung: PCPPn) und Molybdänoxid durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei ein Gewichtsverhältnis von PCPPn zu Molybdänoxid 4:2 betrug, so dass die Lochinjektionsschicht 911 über der ersten Elektrode 901 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 10 nm eingestellt. Im Falle der Licht emittierenden Elemente 5 bis 8 wurden 9-Phenyl-3-[4-(10-phenyl-9-anthryl)phenyl]-9H-carbazol (Abkürzung: PCzPA) und Molybdänoxid durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei ein Gewichtsverhältnis von PCzPA zu Molybdänoxid 4:2 betrug, so dass die Lochinjektionsschicht 911 über der ersten Elektrode 901 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 10 nm eingestellt. Es sei angemerkt, dass es sich bei der Co-Verdampfung um ein Verdampfungsverfahren handelt, bei dem eine Vielzahl von unterschiedlichen Substanzen gleichzeitig aus jeweiligen unterschiedlichen Verdampfungsquellen verdampft wird.

[0368] Als Nächstes wurde im Falle der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4 PCPPn durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm über der Lochinjektionsschicht 911 abgeschieden, so dass die Lochtransportschicht 912 ausgebildet wurde. Im Falle der Licht emittierenden Elemente 5 bis 8 wurde PCzPA durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm über der Lochinjektionsschicht 911 abgeschieden, so dass die Lochtransportschicht 912 ausgebildet wurde.

[0369] Anschließend wurden über der Lochtransportschicht 912 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzoc[g]carbazol (Abkürzung: cgDBCzPA) und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (Abkürzung: 1,6mMemFLPAPrn) durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei ein Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,03 betrug, so dass die Licht emittierende Schicht 913 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die Dicke auf 25 nm eingestellt wurde.

[0370] Als Nächstes wurde im Falle der Licht emittierenden Elemente 1 und 5 Bathophenanthrolin (Abkürzung: BPhen) durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 913 abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 914 ausgebildet wurde. Im Falle der Licht emittierenden Elemente 2 und 6 wurde 2,2'-(Pyridin-2,6-diyl)bis(4,6-diphenylpyrimidin) (Abkürzung: 2,6(P2Pm)2Py) durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 913 abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 914 ausgebildet wurde. Im Falle der Licht emittierenden Elemente 3 und 7 wurde 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen) durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 913 abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 914 ausgebildet wurde. Im Falle der Licht emittierenden Elemente 4 und 8 wurde 2,2'-(Pyridin-2,6-diyl)bis(4-phenylbenzo[h]chinazolin) (Abkürzung: 2,6(P-Bqn)2Py) durch Verdampfung in einer Dicke von 25 nm über der Licht emittierenden Schicht 913 abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 914 ausgebildet wurde.

[0371] Des Weiteren wurde Lithiumfluorid durch Verdampfung in einer Dicke von 1 nm über der Elektronentransportschicht 914 abgeschieden, so dass die Elektroneninjektionsschicht 915 ausgebildet wurde.

[0372] Schließlich wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 915 abgeschieden, so dass eine zweite Elektrode 903, die als Kathode dient, ausgebildet wurde. Somit wurden die Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 hergestellt. Es sei angemerkt, dass bei sämtlichen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

[0373] Tabelle 1 zeigt die Strukturen der so erhaltenen Licht emittierenden Elemente 1 bis 8.

[Tabelle 1]

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronentransportschicht	Elektroneninjektionsschicht	zweite Elektrode
Licht emittierendes Element1	ITO (70 nm)	PCPPn :M o0 x (4:210 nm)	PCPPn (30 nm)	*	Bphen (25 nm)	LF (1 nm)	Al 200 nm)
Licht emittierendes Element2	ITO (70 nm)	PCPPn :M o0 x (4:2 10 nm)	PCPPn (30 nm)	*	2,6 (P2Pm) 2Py (25 nm)	LF (1 nm)	Al (200 nm)

	erste Elektrode	Lochinjektionsschicht	Lochtransportschicht	Licht emittierende Schicht	Elektronen-transport-schicht	Elektronen-injektions-schicht	zweite Elektrode
Licht emittierendes Element3	ITO (70 nm)	PCPPN :M o0 x (4:2 10 nm)	PCPPN (30 nm)	*	NBPhen (25 nm)	LF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element4	ITO (70 nm)	PCPPN :M o0 x (4:2 10 nm)	PCPPN (30 nm)	*	2,6 (P-Bqn) 2Py (25 nm)	LF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element5	ITO (70 nm)	PCzPA :M o0 x (4:2 10 nm)	PCzPA (30 nm)	*	Bphen (25 nm)	LF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element6	ITO (70 nm)	PCzPA :M o0 x (4:2 10 nm)	PCzPA (30 nm)	*	2,6 (P2Pm) 2Py (25 nm)	LF (1 nm)	Al (200 nm)
Licht emittierendes Element7	ITO (70 nm)	PCzPA :M o0 x (4:2 10 nm)	PCzPA (30 nm)	*	NBPhen (25 nm)	LF (1 nm)	Al 200 nm)
Licht emittierendes Element8	ITO (70 nm)	PCzPA :M o0 x (4:2 10 nm)	PCzPA (30 nm)	*	2,6 (P-Bqn) 2Py (25 nm)	LF (1 nm)	Al (200 nm)
*cgDBC zPA :1,6m Mem FLPAPm (1:0,03 25nm)							

[0374] Die hergestellten Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 wurden in einem Handschuhkasten unter einer Stickstoffatmosphäre derart abgedichtet, dass sie nicht der Luft ausgesetzt wurden (ein Dichtungsmittel wurde aufgetragen, um die Elemente zu umschließen, und während des Abdichtens wurde eine UV-Behandlung durchgeführt und eine Wärmebehandlung wurde 1 Stunde lang bei 80 °C durchgeführt). Es sei angemerkt, dass die Anzahl jedes Licht emittierenden Elements, das für die nachstehenden Messungen hergestellt wird, vier ist.

<<Eigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8>>

[0375] Die hergestellten Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 (die Anzahl jedes Elements ist vier) wurden unter Verwendung eines Pikosekunden-Fluoreszenzlebensdauer-Messsystems (hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) gemessen. Um die Lebensdauer einer Fluoreszenz bei den Licht emittierenden Elementen zu messen, wurde eine Impulsspannung mit einer Rechteckwelle an die Licht emittierenden Elemente angelegt, und zeitaufgelöste Messungen von Licht, das von dem Abfall der Spannung abgeschwächt wurde, wurden unter Verwendung einer Streak-Kamera durchgeführt. Die Impulsspannung wurde auf 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 Bedingungen einer Impulsspannung von ungefähr 3 V, einer Impulszeitbreite von 100 µs, einer negativen Vorspannung von -5 V und einer Messzeit von 50 µs durchgeführt.

[0376] Die Schwächungskurve der transienten Fluoreszenz, die durch die Messung erhalten wurde, wurde mit der Formel (f1) angepasst.

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad (f1)$$

[0377] Es sei angemerkt, dass in der Formel (f1) L und t die normalisierte Emissionsintensität bzw. die verstrichene Zeit darstellen.

[0378] Die Anpassung der Schwächungskurve, die durch die Messung erhalten wurde, konnte durchgeführt werden, wobei n = 1 und 2 ist. Es wurde auch festgestellt, dass die Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 jeweils neben einer Fluoreszenzkomponente eine verzögerte Fluoreszenzkomponente enthalten. Es sei

angemerkt, dass die verzögerte Fluoreszenzkomponente eine Fluoreszenz bezeichnet, die gemessen wird, gleich nachdem die Impulsspannung ausgeschaltet worden ist, d. h., nachdem die Injektion von Ladungsträgern in eine Licht emittierende Schicht unterbrochen worden ist. Die gemessene verzögerte Fluoreszenzkomponente bedeutet die Erzeugung einer Triplet-Triplett-Annihilation (TTA) in der EL-Schicht des Licht emittierenden Elements. Der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente bezeichnet den Anteil der Fluoreszenzintensität eines Licht emittierenden Elements, die gleich nach der Ausschaltung der Impulsspannung erhalten wird, hinsichtlich der Fluoreszenzintensität davon, wenn die Impulsspannung zugeführt wird; mit anderen Worten: den Anteil der Fluoreszenzintensität des Licht emittierenden Elements, die gleich nach der Unterbrechung einer Ladungsträgerinjektion erhalten wird, hinsichtlich der Fluoreszenzintensität davon, wenn Ladungsträger in eine Licht emittierende Schicht stetig injiziert werden. Nachstehende Tabelle 2 zeigt den Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente jedes der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8.

[0379] Außerdem wurden die Emissionseigenschaften der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 gemessen, um die externe Quanteneffizienz zu erhalten. Es sei angemerkt, dass die externe Quanteneffizienz jedes Licht emittierenden Elements auf derartige Weise erhalten wurde, dass die Betrachtungswinkelabhängigkeit von Licht gemessen wurde, während das Substrat bei einem Winkel von -80° bis 80° gedreht wurde, und dass die Lichtverteilungseigenschaften der Elektrolumineszenz berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse werden in der nachstehenden Tabelle 2 gezeigt. Es sei angemerkt, dass die Messung bei Raumtemperatur (in einer bei 25 °C gehaltenen Atmosphäre) durchgeführt wurde.

[Tabelle 2]

	Anteileiner verzögerten Fluoreszenzkomponente (%)	externe Quanteneffizienz (%)	Impulsspannung (V)
Licht emittierendes Element1	12,3	8,97	3,15
	12,5	9,04	3,10
	12,1	9,17	3,10
	10,9	9,02	3,10
Licht emittierendes Element2	13,7	9,12	3,10
	12,0	9,21	3,10
	13,0	9,17	3,10
	14,0	9,23	3,10
Licht emittierendes Element3	18,1	9,37	3,15
	16,2	9,79	3,15
	17,4	9,76	3,15
	18,2	9,72	3,15
Licht emittierendes Element4	20,7	9,66	3,20
	20,4	9,76	3,20
	19,5	9,55	3,20
	20,9	9,33	3,20
Licht emittierendes Element5	8,8	7,71	3,00
	7,7	7,83	3,00
	6,8	7,91	3,05
	6,6	7,84	2,95
Licht emittierendes Element6	7,3	7,83	3,00
	7,1	7,92	3,00
	8,7	8,02	3,05
	7,7	7,96	3,00

	Anteileinerverzögerten Fluoreszenzkomponente (%)	externe Quanteneffizienz (%)	Impulsspannung (V)
Licht emittierendes Element7	10,1	7,91	3,00
	10,2	8,29	3,05
	9,4	8,34	3,05
	11,1	8,23	3,05
Licht emittierendes Element8	12,5	8,09	3,20
	12,0	8,13	3,15
	12,4	8,09	3,20
	13,4	7,87	3,20

[0380] Tabelle 3 zeigt die LUMO-Niveaus der Materialien, die in den Elektronentransportschichten der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 verwendet wurden. Die LUMO-Niveaus wurden aus den Cyclovoltammetrie-Messungen jedes Materials in einer N,N-Dimethylformamid- (Abkürzung: DMF-) Lösung geschätzt.

[Tabelle 3]

	Elektronentransportschicht	LUMO-Niveau (eV)
Lichtemittierende Elemente 1 und 5	BPhen	-2,63
Lichtemittierende Elemente 2 und 6	2,6 (P2Pm)2Py	-2,78
Lichtemittierende Elemente 3 und 7	NBPhen	-2,83
Lichtemittierende Elemente 4 und 8	2,6 (P-Bqn)2Py	-2,92

[0381] Fig. 19 zeigt den Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente (%) im Verhältnis zu dem LUMO-Niveau (eV) (es ist in Tabelle 3 gezeigt) der Materialien, die in den Elektronentransportschichten der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8 verwendet wurden. In Fig. 19 werden die Licht emittierenden Elemente 1 bis 4, die PCPPn in den Lochtransportschichten verwenden, gemeinsam dargestellt und die Licht emittierenden Elemente 5 bis 8, die PCzPA in den Lochtransportschichten verwenden, gemeinsam dargestellt.

[0382] Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente dazu neigt, sich zu erhöhen, wenn das LUMO-Niveau des Materials, das in der Elektronentransportschicht verwendet wird, höher wird, obwohl der Anteil einen unterschiedlichen Wert für jedes Material aufweist, das in der Lochtransportschicht verwendet wird. Das heißt, dass die Licht emittierenden Elemente unter Verwendung von 2,6(P-Bqn)2Py, welches das höchste LUMO-Niveau (-2,92 eV) aufweist, einen höheren Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufweisen als die anderen Licht emittierenden Elemente, die abgesehen von der Elektronentransportschicht die gleiche Struktur aufweisen.

[0383] Fig. 20 zeigt die Beziehung zwischen dem Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente (%) und der externen Quanteneffizienz (%) der Licht emittierenden Elemente 1 bis 8.

[0384] Die Ergebnisse zeigen, dass sich die externe Quanteneffizienz (%) mit dem Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente (%) erhöht.

[0385] Hier wird der Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente (X) durch die Formel (f2) dargestellt, in der es sich bei I_P um die Fluoreszenzintensität in dem direkten Bildungsprozess handelt und es sich bei I_D um die Intensität einer verzögerten Fluoreszenz aufgrund von TTA handelt.

$$X = \frac{I_D}{I_P + I_D} \quad (f2)$$

[0386] Entsprechend der Definition der externen Quanteneffizienz (EQE) ist der Anteil von erzeugten Singulett-Exzitonen (α) 0,25, wenn $I_p = 0$ ist ($X = 0$). Jedoch erhöht sich α mit I_D , d. h., dass EQE proportional zu $I_p + I_D$ ist. Demzufolge wird die Formel (f3) erhalten.

$$\text{EQE} \propto I_p + I_D = I_p \times \frac{1}{1-X} \quad (\text{f3})$$

[0387] Da X der x-Achse in **Fig. 20** entspricht, können, wie in **Fig. 20** gezeigt, die Beziehung zwischen dem Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente (%) und der externen Quanteneffizienz (%) der Licht emittierenden Elemente 1 bis 4, die PCPPn in den Lochtransportschichten verwenden, und die Beziehung zwischen dem Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente (%) und der externen Quanteneffizienz (%) der Licht emittierenden Elemente 5 bis 8, die PCzPA in den Lochtransportschichten verwenden, in die Formel (f3) eingesetzt werden. Diese zeigen, dass der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente (%) und die externe Quanteneffizienz (%) eine Korrelation aufweisen.

[0388] Außerdem wurde ein Licht emittierendes Element 4-2, das die gleiche Struktur aufweist wie das in der Tabelle 1 gezeigte Licht emittierende Element 4, hergestellt, und die Eigenschaften davon wurden gemessen. Es sei angemerkt, dass **Fig. 21** die Stromdichte-Leuchtdichte-Eigenschaften des Licht emittierenden Elements 4-2 zeigt; **Fig. 22**, die Spannungs-Leuchtdichte-Eigenschaften davon; **Fig. 23**, die Leuchtdichte-Stromeffizienz-Eigenschaften davon; **Fig. 24**, die Spannungs-Strom-Eigenschaften davon; und **Fig. 25**, die Leuchtdichte-externe Quanteneffizienz-Eigenschaften davon. Hier wurde die in **Fig. 25** gezeigte externe Quanteneffizienz des Licht emittierenden Elements auf die vorstehend erwähnte Weise erhalten, dass die Betrachtungswinkelabhängigkeit von Licht gemessen wurde, während das Substrat bei einem Winkel von -80° bis 80° gedreht wurde, und dass die Lichtverteilungseigenschaften der Elektrolumineszenz berücksichtigt wurden. Die Eigenschaftswerte der Licht emittierenden Elemente, die in **Fig. 21** bis **Fig. 24** gezeigt werden, wurden mit einem Leuchtdichte-Farbmessgerät BM-5A (hergestellt von TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION) aus der Frontleuchtdichte berechnet.

[0389] Tabelle 4 zeigt die Anfangswerte der Haupteigenschaften des Licht emittierenden Elements 4-2 bei einer Leuchtdichte von ungefähr 1000 cd/m².

[Tabelle 4]

	Spannung (V)	Stromdichte (mA/cm²)	Chromazität (x,y)	Leuchtdichte (cd/m²)	Stromeffizienz (cd/A)	Leistungseffizienz (m/W)	externe Quanteneffizienz (%)
Licht emittierendes Element 4-2	3,2	8,6	(0,14,0,14)	1100	13	13	9,0

[0390] **Fig. 26** zeigt ein Emissionsspektrum zu dem Zeitpunkt, zu dem dem Licht emittierenden Element 4-2 ein Strom mit einer Stromdichte von 12,5 mA/cm² zugeführt wurde. Wie in **Fig. 26** gezeigt, weist das Emissionsspektrum des Licht emittierenden Elements 4-2 einen Peak bei ungefähr 464 nm auf, was vermutlich aus 1,6mMemFLPAPrn stammt, das als Gastmaterial (Dotierstoff) in der Licht emittierenden Schicht des Licht emittierenden Elements 4-2 verwendet wurde.

[0391] **Fig. 27** zeigt eine Schwächungskurve der transienten Fluoreszenz des Licht emittierenden Elements 4-2. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 27** die vertikale Achse die Emissionsintensität darstellt, die bezüglich derjenigen in einem Zustand normalisiert wird, in dem Ladungsträger stetig injiziert werden (wenn die Impulsspannung zugeführt wird), und die horizontale Achse die nach dem Abfall der Impulsspannung verstrichene Zeit darstellt. Die Schwächungskurve, die in **Fig. 27** gezeigt wird, wurde mit der Formel (f1) angepasst, wodurch ein Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente von 21,5 % erhalten wurde.

[0392] Als Nächstes wurde das Licht emittierende Element 4-2 einem Zuverlässigkeitstest unterzogen. **Fig. 28** zeigt die Ergebnisse des Zuverlässigkeitstests. In **Fig. 28** stellt die vertikale Achse die normalisierte Leuchtdichte (%) bei einer Anfangsleuchtdichte von 100 % dar, und die horizontale Achse stellt die Ansteuerdauer (h) des Elements dar. Es sei angemerkt, dass bei dem Zuverlässigkeitstest das Licht emittierende Ele-

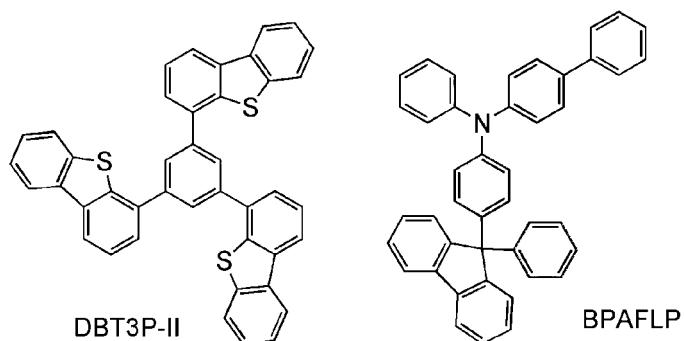
ment 4-2 unter den Bedingungen angesteuert wurde, bei denen die Anfangsleuchtdichte auf 5000 cd/m² eingestellt wurde und die Stromdichte konstant war.

[0393] Als Ergebnis zeigte das Licht emittierende Element 4-2 einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Zuverlässigkeit.

[Beispiel 2]

[0394] In diesem Beispiel wurde die Orientierung des Übergangsdipolmoments eines Moleküls geschätzt, die zu einer Lichtemission in einer Licht emittierenden Schicht eines Licht emittierenden Elements beiträgt. Insbesondere wurde die Winkelabhängigkeit der Spektrumsintensität einer p-polarisierten Emissionskomponente gemessen, und die Ergebnisse wurden durch Berechnung (Simulation) analysiert, wodurch die Orientierung des Übergangsdipolmoments eines Moleküls geschätzt wurde. Unter den Materialien, die in diesem Beispiel verwendet werden, werden Materialien, die in dem Beispiel 1 nicht beschrieben worden sind, durch die folgenden chemischen Formeln dargestellt.

[Chemische Formel 2]



<<Herstellung des Licht emittierenden Elements 9>>

[0395] Als Erstes wird die Herstellung eines zu messenden Licht emittierenden Elements 9 anhand von **Fig. 18** beschrieben. Als Erstes wurde Indiumzinnoxid (ITO), das Siliziumoxid enthält, durch ein Sputterverfahren über dem Glassubstrat 900 abgeschieden, wodurch die erste Elektrode 901, die als Anode dient, ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die erste Elektrode eine Dicke von 70 nm und eine Fläche von 2 mm × 2 mm aufweist.

[0396] Als Nächstes wurde als Vorbehandlung zum Ausbilden des Licht emittierenden Elements über dem Substrat 900 eine Oberfläche des Substrats mit Wasser gewaschen und das Backen wurde eine Stunde lang bei 200 °C durchgeführt; dann wurde eine UV-Ozon-Behandlung 370 Sekunden lang durchgeführt.

[0397] Danach wurde das Substrat in eine Vakuumverdampfungseinrichtung überführt, in der der Druck auf ungefähr 1×10^{-4} Pa verringert worden war, und es wurde 30 Minuten lang im Vakuum bei 170 °C in einer Heizkammer der Vakuumverdampfungseinrichtung gebacken. Dann wurde das Substrat 900 ungefähr 30 Minuten lang abgekühlt.

[0398] Anschließend wurde das Substrat 900 an einem Halter in der Vakuumverdampfungseinrichtung derart befestigt, dass sich eine Oberfläche des Substrats, über der die erste Elektrode 901 ausgebildet wurde, nach unten richtete. In diesem Beispiel werden die Lochinjektionsschicht 911, die Lochtransportschicht 912, die Licht emittierende Schicht 913, die Elektronentransportschicht 914 und die Elektroneninjektionsschicht 915, die in der EL-Schicht 902 enthalten sind, sequenziell durch ein Vakuumverdampfungsverfahren ausgebildet.

[0399] Nachdem der Druck in der Vakuumverdampfungseinrichtung auf 1×10^{-4} Pa verringert worden war, wurden 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)benzol (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdänoxid durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei ein Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid 2:1 betrug, so dass die Lochinjektionsschicht 911 über der ersten Elektrode 901 ausgebildet wurde. Die Dicke wurde auf 10 nm eingestellt. Es sei angemerkt, dass es sich bei der Co-Verdampfung um ein Verdampfungsverfahren handelt,

bei dem eine Vielzahl von unterschiedlichen Substanzen gleichzeitig aus jeweiligen unterschiedlichen Verdampfungsquellen verdampft wird.

[0400] Dann wurde BPAFLP durch Verdampfung in einer Dicke von 30 nm über der Lochinjektionsschicht 911 abgeschieden, so dass die Lochtransportschicht 912 ausgebildet wurde.

[0401] Anschließend wurden über der Lochtransportschicht 912 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (cgDBCzPA) und N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis[3-(9-phenyl-9H-fluoren-9-yl)phenyl]pyren-1,6-diamin (1,6mMemFLPAPrn) durch Co-Verdampfung abgeschieden, wobei ein Gewichtsverhältnis von cgDBCzPA zu 1,6mMemFLPAPrn 1:0,03 betrug, so dass die Licht emittierende Schicht 913 ausgebildet wurde. Es sei angemerkt, dass die Dicke auf 15 nm eingestellt wurde.

[0402] Als Nächstes wurde 7-[4-(10-Phenyl-9-anthryl)phenyl]-7H-dibenzo[c,g]carbazol (cgDBCzPA) in einer Dicke von 20 nm über der Licht emittierenden Schicht 913 ausgebildet, und 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (Abkürzung: NBPhen) wurde durch Verdampfung in einer Dicke von 15 nm darüber abgeschieden, so dass die Elektronentransportschicht 914 ausgebildet wurde.

[0403] Außerdem wurde Lithiumoxid durch Verdampfung in einer Dicke von 0,1 nm über der Elektronentransportschicht 914 abgeschieden, Kupferphthalocyanin (CuPc) wurde dann durch Verdampfung in einer Dicke von 2 nm abgeschieden, und 1,3,5-Tri(dibenzothiophen-4-yl)benzol (Abkürzung: DBT3P-II) und Molybdänoxid wurden durch Co-Verdampfung in einer Dicke von 60 nm abgeschieden, wobei ein Gewichtsverhältnis von DBT3P-II zu Molybdänoxid 2:1 betrug, so dass die Elektroneninjektionsschicht 915 ausgebildet wurde.

[0404] Schließlich wurde Aluminium durch Verdampfung in einer Dicke von 200 nm über der Elektroneninjektionsschicht 915 abgeschieden, so dass die zweite Elektrode 903, die als Kathode dient, ausgebildet wurde. Somit wurde das Licht emittierende Element 9 hergestellt. Es sei angemerkt, dass bei sämtlichen vorstehenden Verdampfungsschritten die Verdampfung durch ein Widerstandserwärmungsverfahren durchgeführt wurde.

[0405] Die Dicke jeder Schicht bei dem Licht emittierenden Element 9 wurde bestimmt, um die minimale Frontleuchtdichte zu erhalten. Dies erhöht relativ die Leuchtdichte, die aus einem Übergangsdipolmoment mit einer Komponente in einer Richtung senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht 913 stammt, und vereinfacht die Messung der Lichtemission.

<<Polarisationsmessung>>

[0406] Als Nächstes werden Messungen beschrieben. Ein Mehrkanalspektrometer (PMA-12, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) wurde als Detektor verwendet. Ein Polarisator, hergestellt von Edmund Optics Inc., wurde auf dem optischen Weg von dem Licht emittierenden Element 9 zu dem Detektor angeordnet, so dass nur eine Komponente parallel zu der Beobachtungsrichtung den Detektor erreichte. Das Licht, das den Polarisator passiert hatte, wurde in PMA-12 (Mehrkanalspektrometer, hergestellt von Hamamatsu Photonics K.K.) erkannt, und ein Emissionsspektrum wurde erhalten. Zu diesem Zeitpunkt wurde das Substrat Winkel für Winkel von 0° bis 80° gedreht, wobei die Vorderseite der Emissionsoberfläche des Substrats auf 0° eingestellt wurde, das Emissionsspektrum bei jedem Winkel wurde gemessen, und die integrierte Intensität des Spektrums wurde dargestellt.

<<Berechnung (Simulation)>>

[0407] Als Nächstes wird eine Berechnung beschrieben. Die Berechnung wurde unter Verwendung eines organischen Bauelementsimulators „setfos“, entwickelt von Cybernet Systems Corporation, durchgeführt. Eine Anpassung wurde durchgeführt, während die übereinander angeordnete Struktur eines Elements, die Filmdicke, der Brechungsindex n und der Extinktionskoeffizient k jeder Schicht, die Emissionsposition und das Emissionsspektrum als Parameter eingestellt wurden und der Grad einer Orientierung eines Übergangsdipolmoments eines Licht emittierenden Moleküls als veränderlicher Parameter (nachstehend beschriebener Parameter a) eingestellt wurde. Es sei angemerkt, dass es angenommen wurde, dass sich die Emissionsposition in der Umgebung der Grenzfläche zwischen der Lochtransportschicht und der Licht emittierenden Schicht befindet. Die Dicke jeder Schicht wurde von dem Wert eines Quarzoszillators (eines Ratenmonitors) in einer Verdampfungseinrichtung zu dem Zeitpunkt zum Herstellen der Proben erhalten, und der Brechungsindex n und der Extinktionskoeffizient k wurden von den Ergebnissen der Analyse eines spektroskopischen

Ellipsometers erhalten. Das Emissionsspektrum wurde durch die Photolumineszenz- (PL-) Messung eines Dünnfilms erhalten.

[0408] Der Grad einer Orientierung eines Übergangsdipolmoments wird als Parameter a definiert. Das heißt, dass der Parameter a den Anteil einer Komponente senkrecht zu einer Licht emittierenden Schicht in dem Übergangsdipolmoment in den gesamten Komponenten senkrecht und parallel zu der Licht emittierenden Schicht zeigt. Das Übergangsdipolmoment enthält nur die Komponente senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht, wenn $a = 1$, wohingegen es nur die Komponente parallel zu der Licht emittierenden Schicht enthält, wenn $a = 0$. Das Übergangsdipolmoment von Molekülen, die isotrop orientiert sind, weist die gleiche Komponente in der x-Richtung, der y-Richtung und der z-Richtung auf, die orthogonal zueinander sind; in diesem Fall, $a = 0,33$.

<<Anpassung der gemessenen Ergebnisse und der Berechnung (des Simulations)>>

[0409] Fig. 29 zeigt die dargestellten Werte einer gemessenen Winkelabhängigkeit und die Berechnungsergebnisse, in denen $a = 0$ (das Übergangsdipolmoment vollständig horizontal ist), $a = 0,16$, $a = 0,33$ (das Übergangsdipolmoment wahllos orientiert ist) und $a = 1$ (das Übergangsdipolmoment vollständig vertikal ist). Die Berechnungsergebnisse, in denen 84 % der Komponente des Übergangsdipolmoments eine Komponente in einer Richtung parallel zu der Licht emittierenden Schicht sind und 16 % davon eine Komponente in einer vertikalen Richtung sind ($a = 0,16$), entsprachen fast den dargestellten Werten einer gemessenen Winkelabhängigkeit. Dies führt zu der Annahme, dass 84 % der Komponente des Übergangsdipolmoments von Emissionsmolekülen, die in der Licht emittierenden Schicht 913 des Licht emittierenden Elements 9 enthalten sind, in einer Richtung parallel zu der Licht emittierenden Schicht 913 sind, d. h., dass der Großteil des Übergangsdipolmoments von der Richtung senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht abweicht.

[0410] Die vorstehenden Ergebnisse zeigen, dass die Emissionsmoleküle in der Licht emittierenden Schicht nicht wahllos, sondern fest orientiert sind. Diese fest orientierten Emissionsmoleküle führen wahrscheinlich eine relativ hohe Emissionseffizienz des Licht emittierenden Elements einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung herbei. Daher ist bei dem Licht emittierenden Element einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in dem Fall, in dem das Übergangsdipolmoment des Licht emittierenden Materials (des Gastmaterials in diesem Beispiel) in eine Komponente parallel zu der Licht emittierenden Schicht und eine Komponente senkrecht zu der Licht emittierenden Schicht geteilt wird, der Anteil der Komponente parallel zu der Licht emittierenden Schicht vorzugsweise höher als oder gleich 80 % und niedriger als oder gleich 100 %.

Erläuterung der Bezugszeichen

[0411] 100: EL-Schicht 101: Elektrode 101a: leitende Schicht 101b: leitende Schicht 102: Elektrode 103: Elektrode 103a: leitende Schicht 103b: leitende Schicht 104: Elektrode 104a: leitende Schicht 104b: leitende Schicht 111: Lochinjektionsschicht 112: Lochtransportschicht 113: Elektronentransportschicht 114: Elektroneninjektionsschicht 115: Ladungserzeugungsschicht 116: Lochinjektionsschicht 117: Lochtransportschicht 118: Elektronentransportschicht 119: Elektroneninjektionsschicht 123B: Licht emittierende Schicht 123G: Licht emittierende Schicht 123R: Licht emittierende Schicht 130: Licht emittierende Schicht 131: Wirtsmaterial 132: Gastmaterial 140: Trennwand 150: Licht emittierendes Element 160: Licht emittierende Schicht 170: Licht emittierende Schicht 170b: Licht emittierende Schicht 180: Beobachtungsrichtung des Detektors 181: Komponente des Übergangsdipolmoments 182: Komponente des Übergangsdipolmoments 183: Komponente des Übergangsdipolmoments 185: Detektor 200: Substrat 220: Substrat 221B: Bereich 221G: Bereich 221R: Bereich 222B: Bereich 222G: Bereich 222R: Bereich 223: lichtundurchlässige Schicht 224B: optisches Element 224G: optisches Element 224R: optisches Element 250: Licht emittierendes Element 252: Licht emittierendes Element 254: Licht emittierendes Element 400: EL-Schicht 401: Elektrode 402: Elektrode 411: Lochinjektionsschicht 412: Lochtransportschicht 413: Elektronentransportschicht 414: Elektroneninjektionsschicht 416: Lochinjektionsschicht 417: Lochtransportschicht 418: Elektronentransportschicht 419: Elektroneninjektionsschicht 420: Licht emittierende Schicht 421: Wirtsmaterial 422: Gastmaterial 430: Licht emittierende Schicht 431: Wirtsmaterial 431_1: organische Verbindung 431_2: organische Verbindung 432: Gastmaterial 441: Licht emittierende Einheit 442: Licht emittierende Einheit 445: Ladungserzeugungsschicht 450: Licht emittierendes Element 452: Licht emittierendes Element 801: Pixelschaltung 802: Pixelabschnitt 804: Treiberschaltungsabschnitt 804a: Abtastleitungstreiberschaltung 804b: Signalleitungstreiberschaltung 806: Schutzschaltung 807: Anschlussabschnitt 852: Transistor 854: Transistor 862: Kondensator 872: Licht emittierendes Element 900: Substrat 901: erste Elektrode 902: EL-Schicht 903: zweite Elektrode 911: Lochinjektionsschicht 912: Lochtransportschicht 913: Licht emittierende Schicht 914: Elektronentransportschicht 915: Elektroneninjektionsschicht 2000: Touchscreen 2001: Touchscreen 2501: Anzeigevorrichtung 2502R:

Pixel 2502t: Transistor 2503c: Kondensator 2503g: Abtastleitungstreiberschaltung 2503t: Transistor 2509: FPC 2510: Substrat 2510a: isolierende Schicht 2510b: flexibles Substrat 2510c: Klebeschicht 2511: Leitung 2519: Anschluss 2521: isolierende Schicht 2528: Trennwand 2550R: Licht emittierendes Element 2560: Dichtungsschicht 2567BM: lichtundurchlässige Schicht 2567p: Antireflexionsschicht 2567R: Farbschicht 2570: Substrat 2570a: isolierende Schicht 2570b: flexibles Substrat 2570c: Klebeschicht 2580R: Licht emittierendes Modul 2590: Substrat 2591: Elektrode 2592: Elektrode 2593: isolierende Schicht 2594: Leitung 2595: Berührungssensor 2597: Klebeschicht 2598: Leitung 2599: Klebeschicht 2601: Impulsspannungsausgeschaltung 2602: Stromerfassungsschaltung 2603: Kondensator 2611: Transistor 2612: Transistor 2613: Transistor 2621: Elektrode 2622: Elektrode 8000: Anzeigemodul 8001: obere Abdeckung 8002: untere Abdeckung 8003: FPC 8004: Berührungssensor 8005: FPC 8006: Anzeigevorrichtung 8009: Rahmen 8010: gedruckte Leiterplatte 8011: Batterie 8501: Beleuchtungsvorrichtung 8502: Beleuchtungsvorrichtung 8503: Beleuchtungsvorrichtung 8504: Beleuchtungsvorrichtung 9000: Gehäuse 9001: Anzeigeabschnitt 9003: Lautsprecher 9005: Bedienungstaste 9006: Verbindungsanschluss 9007: Sensor 9008: Mikrofon 9050: Bedienungsknopf 9051: Informationen 9052: Informationen 9053: Informationen 9054: Informationen 9055: Gelenk 9100: tragbares Informationsendgerät 9101: tragbares Informationsendgerät 9102: tragbares Informationsendgerät 9200: tragbares Informationsendgerät 9201: tragbares Informationsendgerät.

Patentansprüche

1. Licht emittierendes Element, das umfasst:
eine Anode;
eine Kathode; und
eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,
wobei die EL-Schicht eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht beinhaltet,
wobei die Licht emittierende Schicht ein Wirtsmaterial und ein fluoreszierendes Material enthält,
wobei die Elektronentransportschicht ein erstes Material enthält,
wobei das LUMO-Niveau des ersten Materials niedriger als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials ist,
wobei das LUMO-Niveau des fluoreszierenden Materials höher oder gleich dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials ist, und
wobei ein Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von Triplett-Triplett-Annihilation größer als oder gleich 10 % einer gesamten Lichtemission von der EL-Schicht ist.
2. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei die Licht emittierende Schicht blaues Licht emittiert.
3. Elektronisches Gerät, das umfasst:
eine Licht emittierende Vorrichtung, die das Licht emittierende Element nach Anspruch 1 umfasst;
einen Transistor; und
einen Sensor, einen Bedienungsknopf, einen Lautsprecher oder ein Mikrofon.
4. Licht emittierendes Element, das umfasst:
eine Anode;
eine Kathode; und
eine EL-Schicht zwischen der Anode und der Kathode,
wobei die EL-Schicht eine Licht emittierende Schicht und eine Elektronentransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht beinhaltet,
wobei die Licht emittierende Schicht ein Wirtsmaterial und ein fluoreszierendes Material enthält,
wobei die Elektronentransportschicht ein erstes Material enthält,
wobei das LUMO-Niveau des ersten Materials um mehr als oder gleich 0,05 eV niedriger als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials ist,
wobei das erste Material eine Substanz ist, die ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyrimidin-Gerüst umfasst, und
wobei ein Anteil einer verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund von Triplett-Triplett-Annihilation größer als oder gleich 10 % einer gesamten Lichtemission von der EL-Schicht ist.
5. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1 oder 4, wobei der Anteil der verzögerten Fluoreszenzkomponente aufgrund der Triplett-Triplett-Annihilation größer als oder gleich 15 % der gesamten Lichtemission von der EL-Schicht ist.

6. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei das erste Material eine Substanz ist, die ein Gerüst mit einem kondensierten heteroaromatischen Ring, das ein Diazin-Gerüst oder ein Triazin-Gerüst aufweist, umfasst.
7. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1, wobei das erste Material eine Substanz ist, die ein Pyrazin-Gerüst oder ein Pyrimidin-Gerüst umfasst.
8. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1 oder 4, wobei eine Triplett-Anregungsenergie des ersten Materials um mehr als oder gleich 0,2 eV höher als eine Triplett-Anregungsenergie einer Substanz ist, die die höchste Triplett-Anregungsenergie unter Materialien aufweist, die in der Licht emittierenden Schicht enthalten sind.
9. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1 oder 4, das ferner eine Lochtransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht umfasst, wobei die Lochtransportschicht ein zweites Material enthält, und wobei das LUMO-Niveau des zweiten Materials höher als das LUMO-Niveau des Wirtsmaterials ist.
10. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1 oder 4, das ferner eine Lochtransportschicht in Kontakt mit der Licht emittierenden Schicht umfasst,
wobei die Lochtransportschicht ein zweites Material enthält, und
wobei eine Triplett-Anregungsenergie des zweiten Materials um mehr als oder gleich 0,2 eV höher als eine Triplett-Anregungsenergie einer Substanz ist, die die höchste Triplett-Anregungsenergie unter den Materialien aufweist, die in der Licht emittierenden Schicht enthalten sind.
11. Licht emittierendes Element nach Anspruch 1 oder 4, wobei eine Triplett-Anregungsenergie des fluoreszierenden Materials höher als eine Triplett-Anregungsenergie des Wirtsmaterials ist.
12. Licht emittierendes Element nach Anspruch 4, wobei das LUMO-Niveau des fluoreszierenden Materials höher als oder gleich dem LUMO-Niveau des Wirtsmaterials ist.

Es folgen 26 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

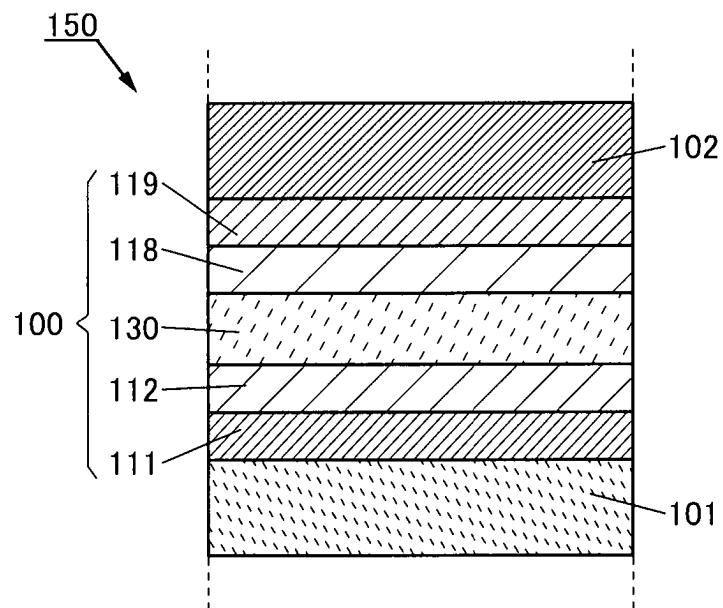


FIG. 1B

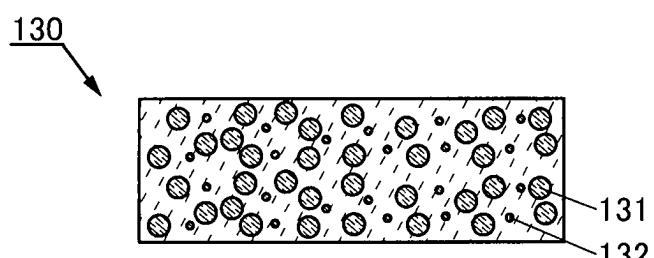


FIG. 1C

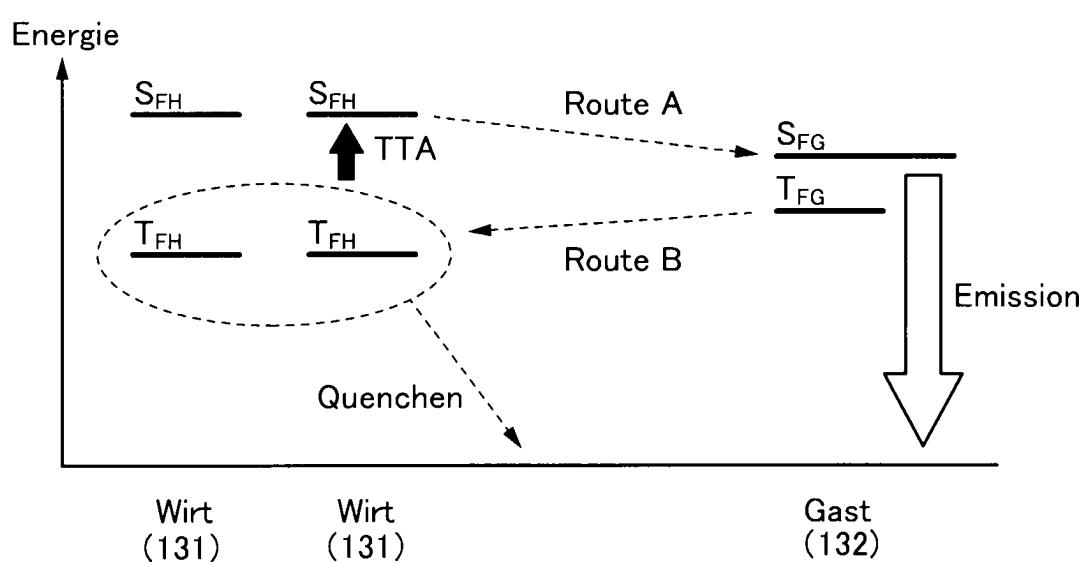


FIG. 2

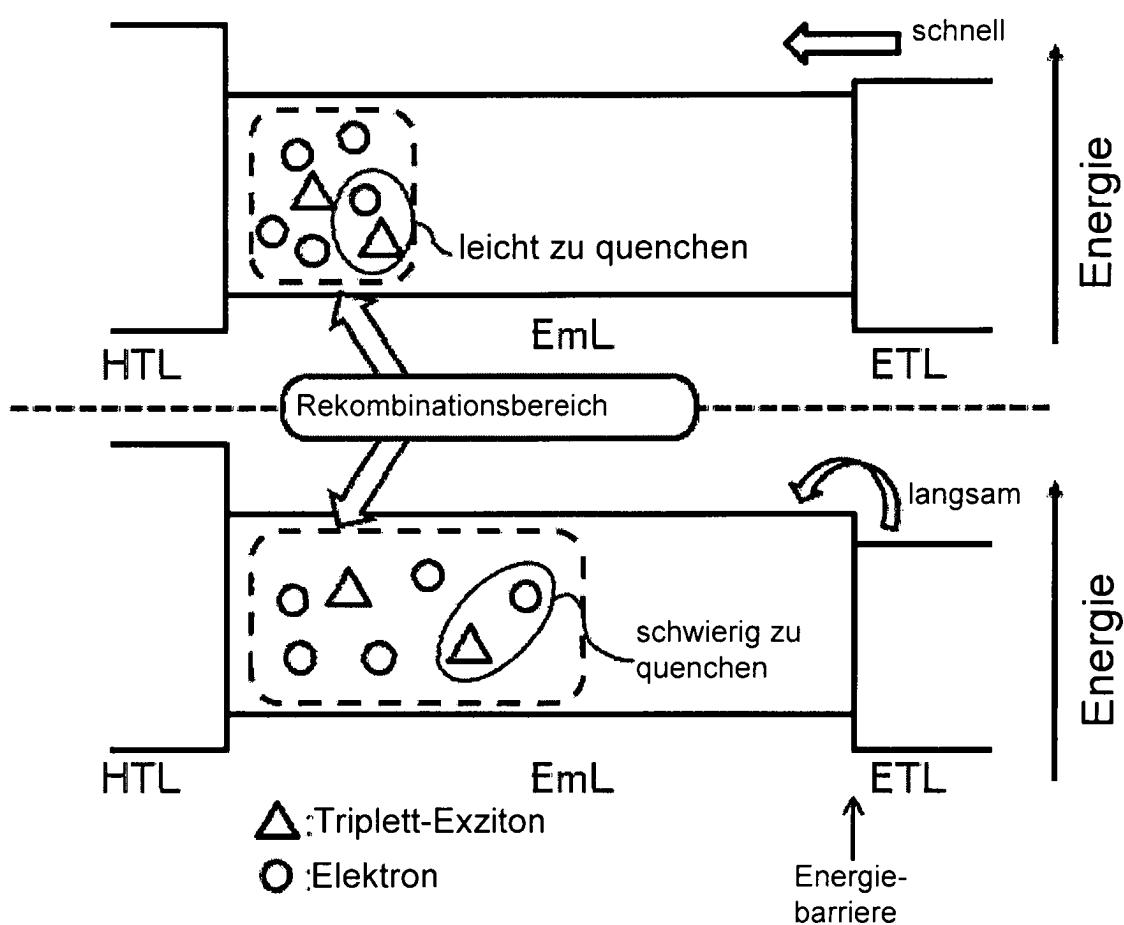


FIG. 3A

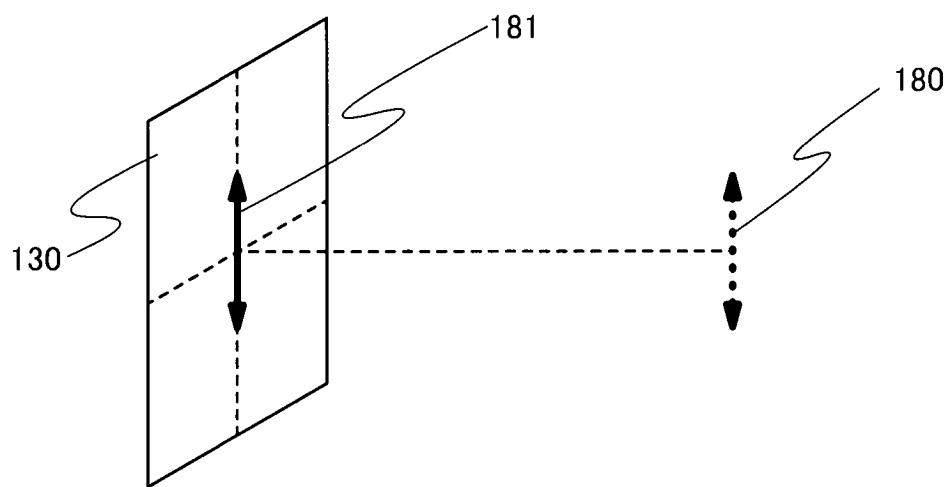


FIG. 3B

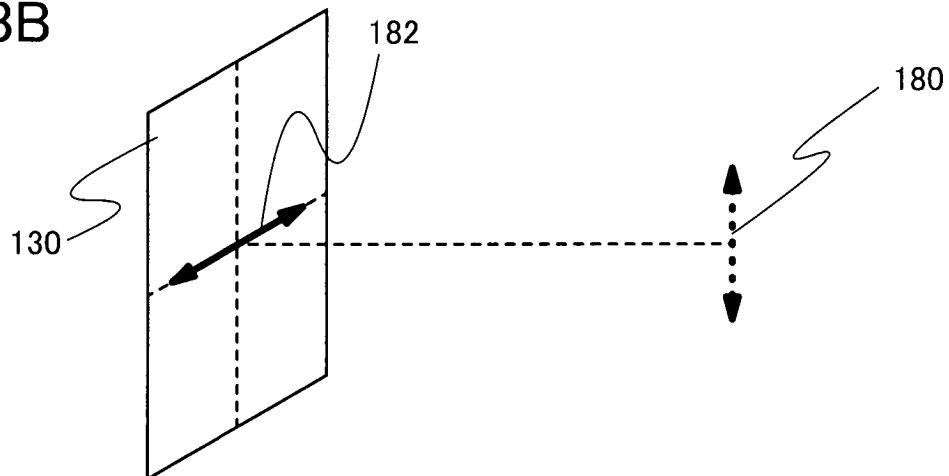


FIG. 3C

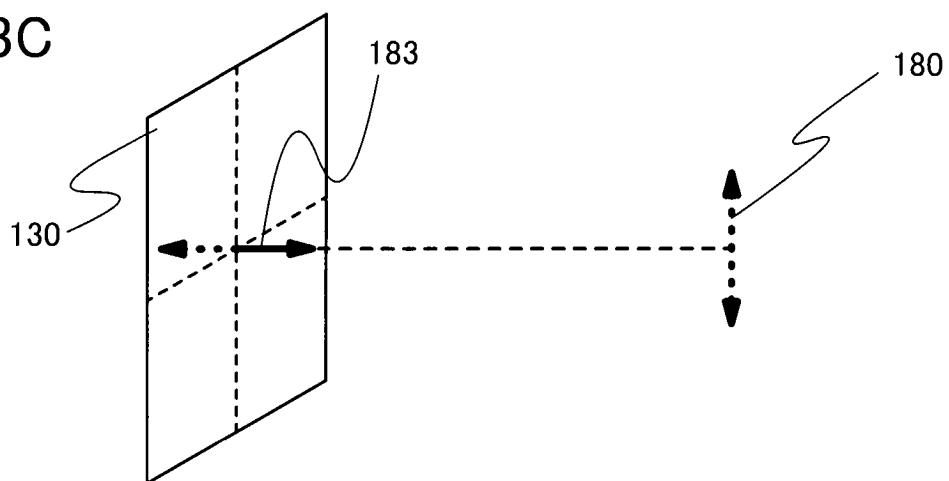


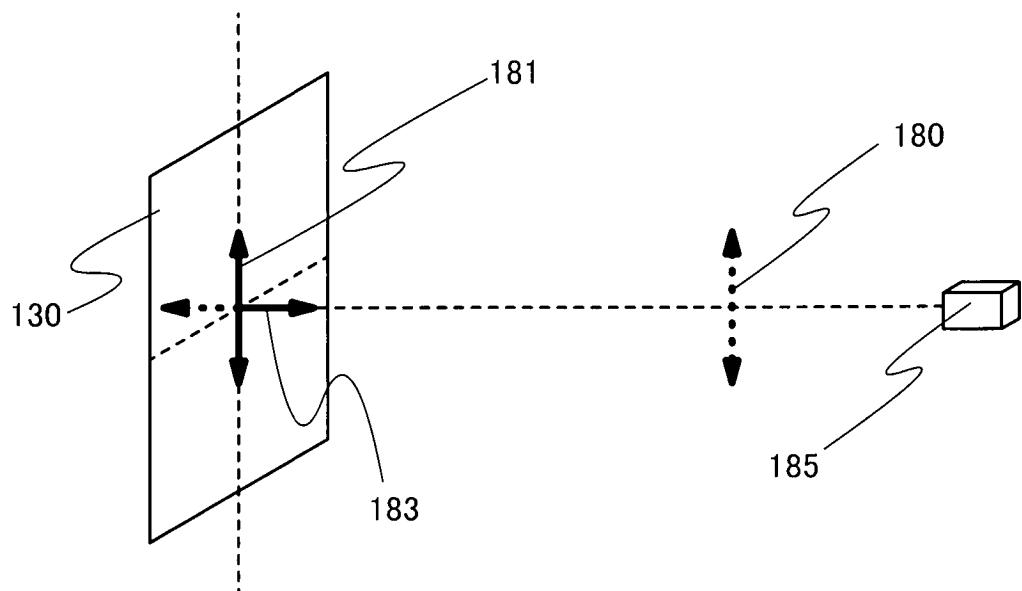
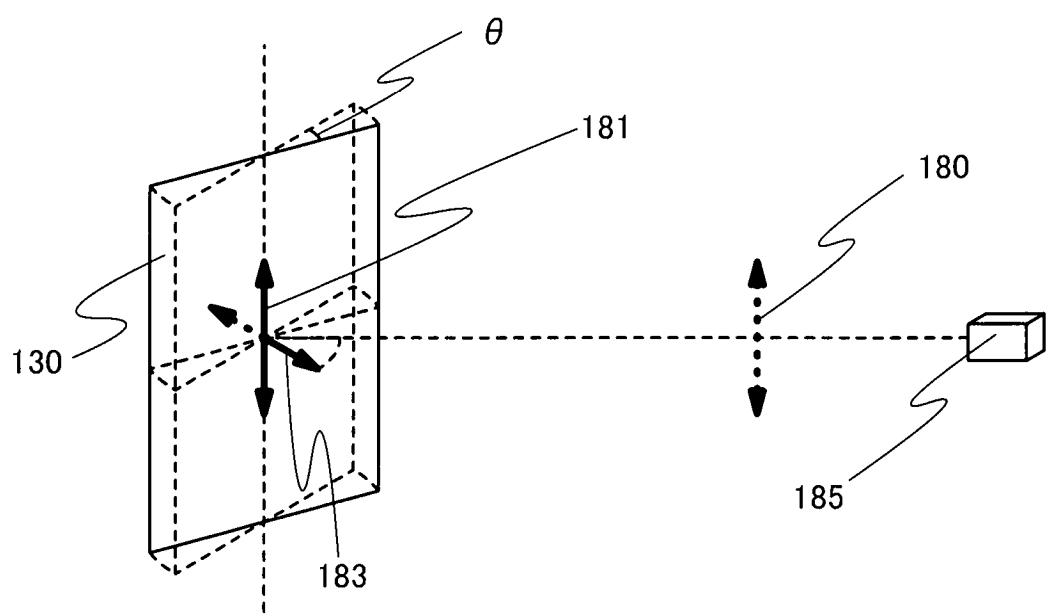
FIG. 4A**FIG. 4B**

FIG. 5

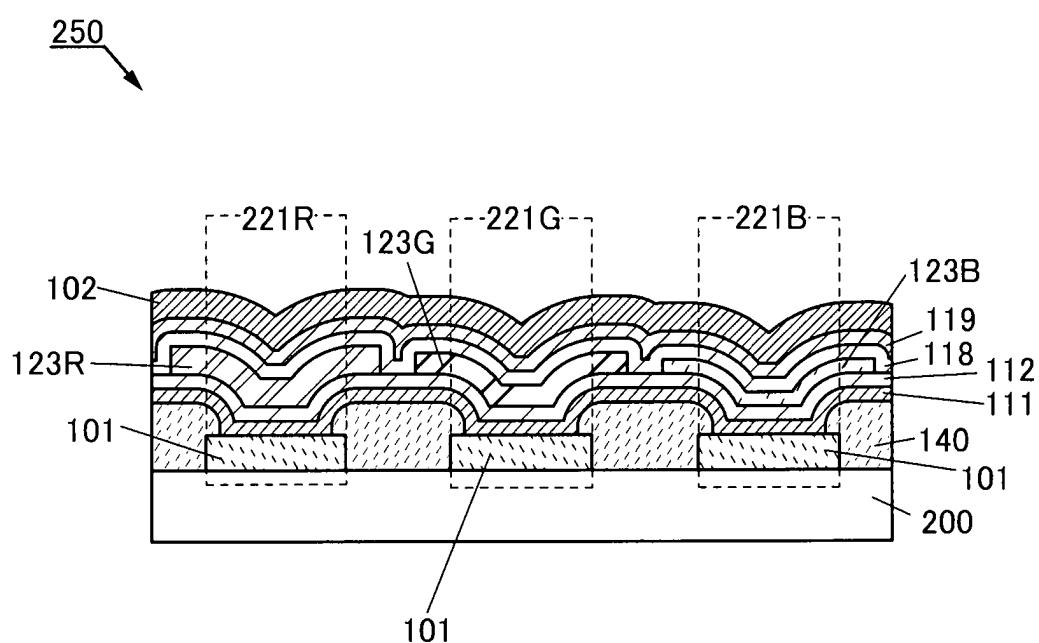


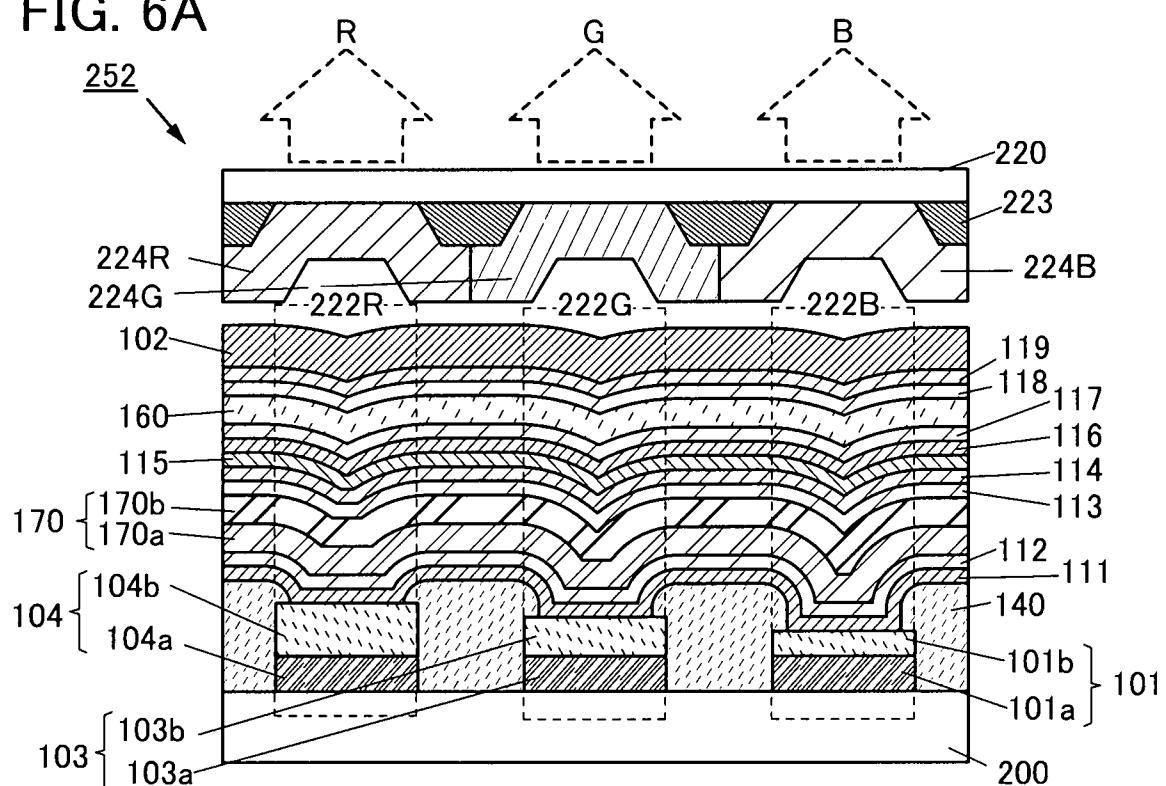
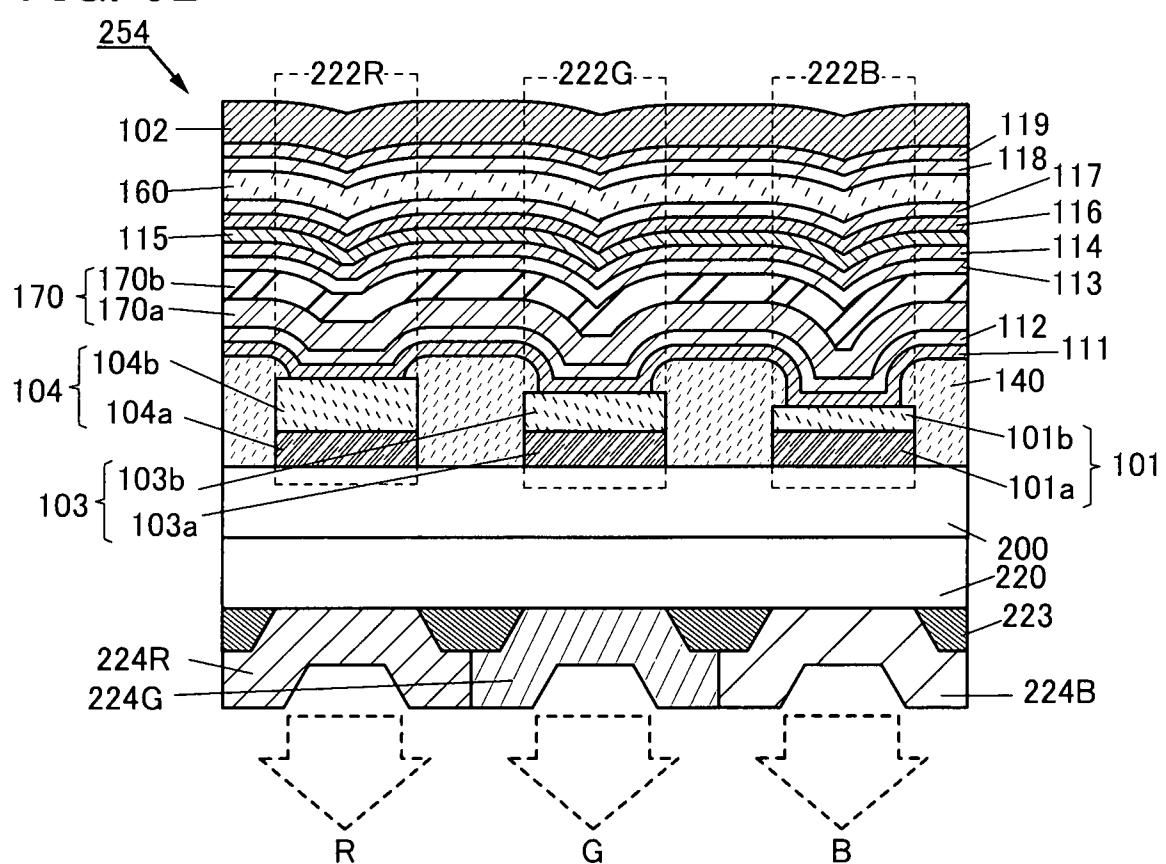
FIG. 6A**FIG. 6B**

FIG. 7A

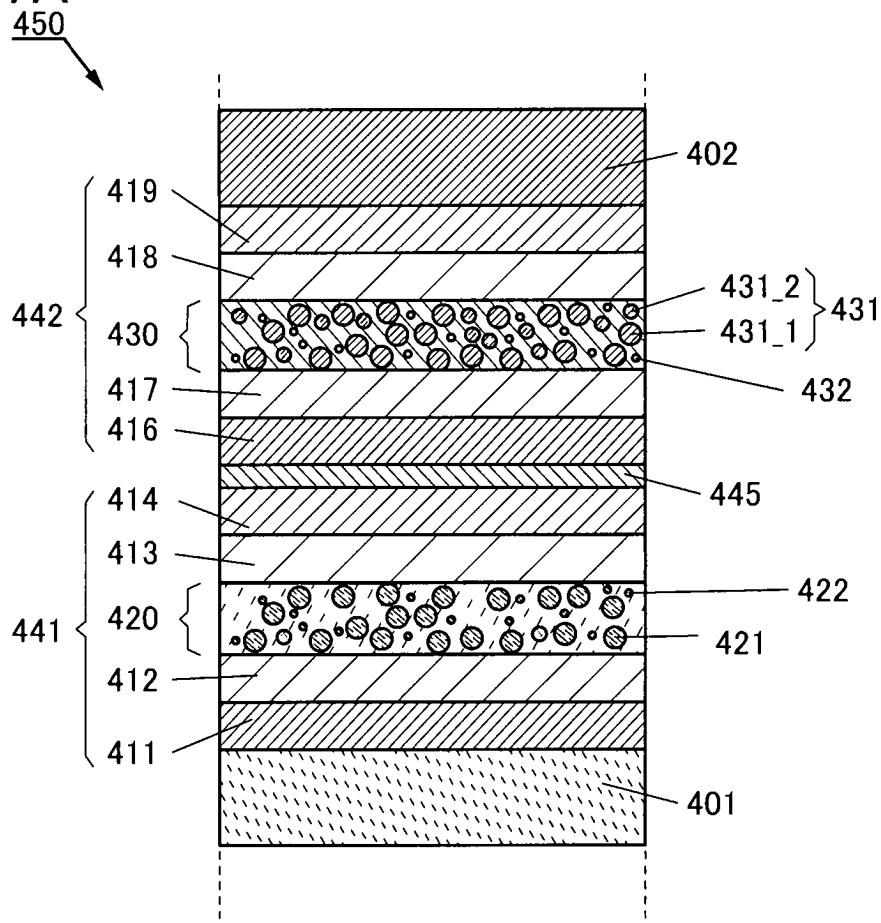


FIG. 7B

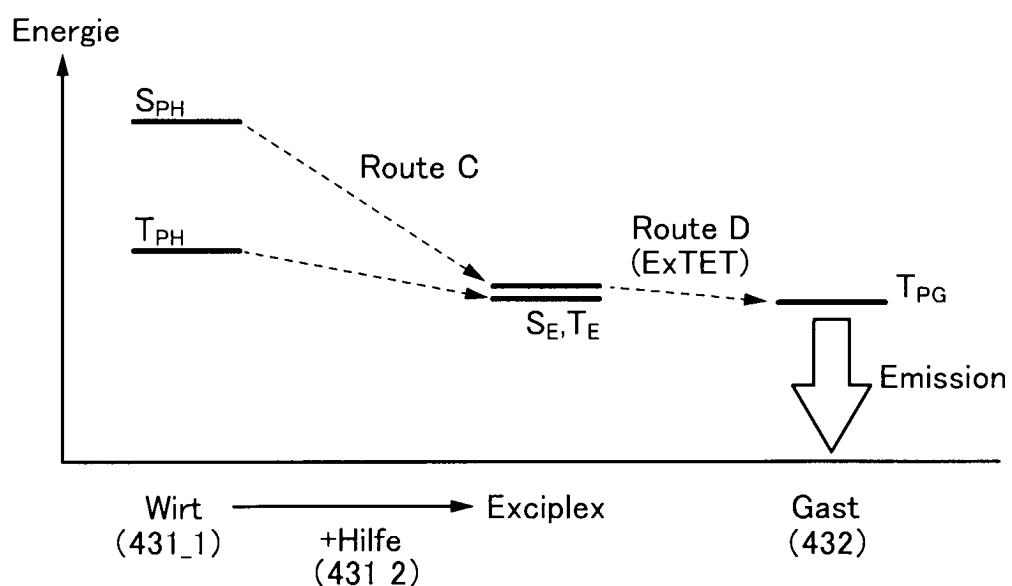


FIG. 8A

452

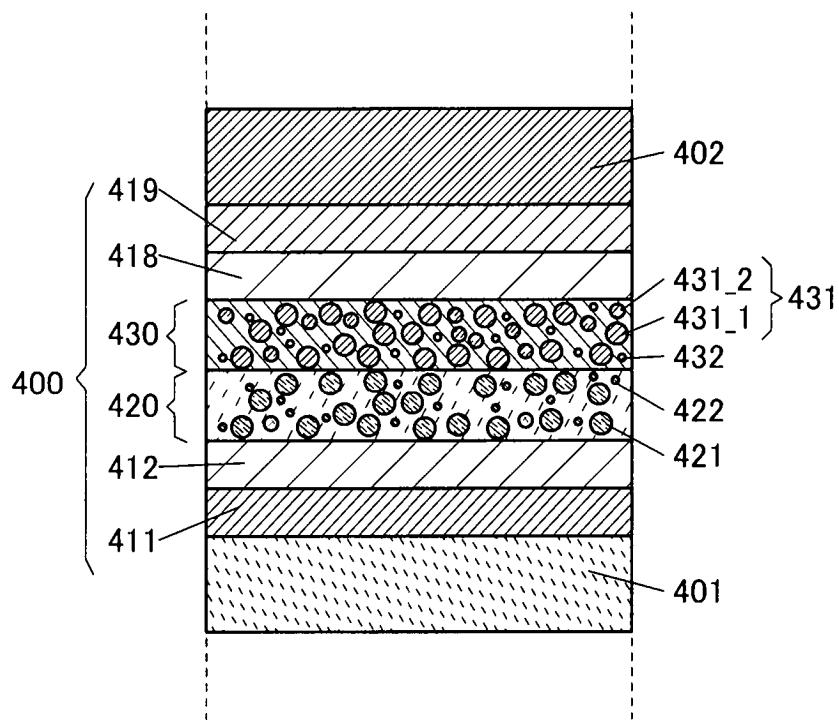
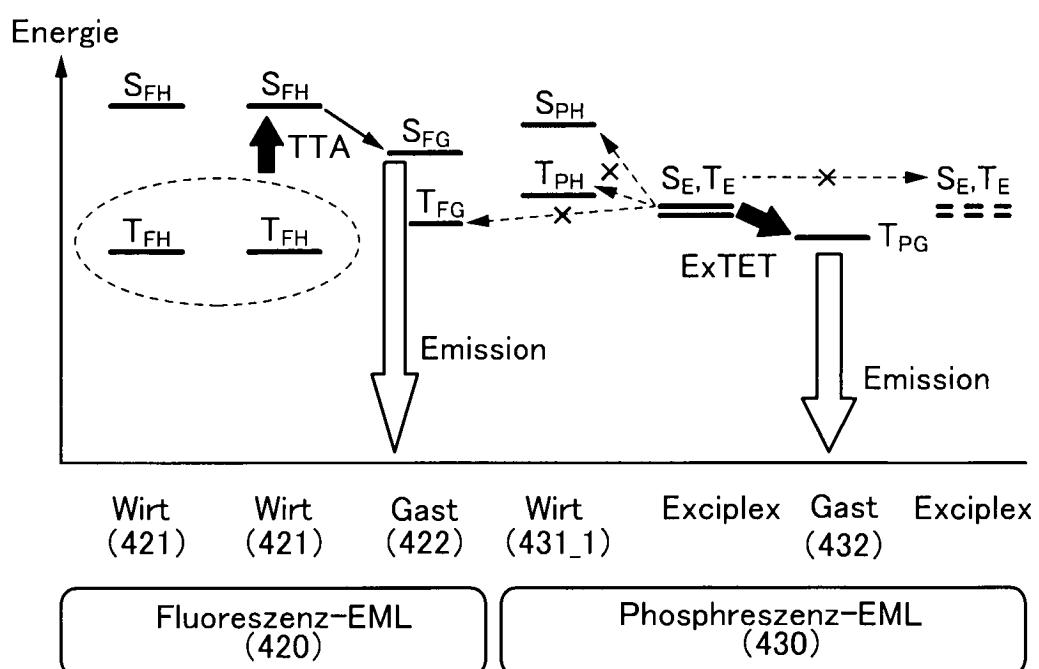
**FIG. 8B**

FIG. 9A

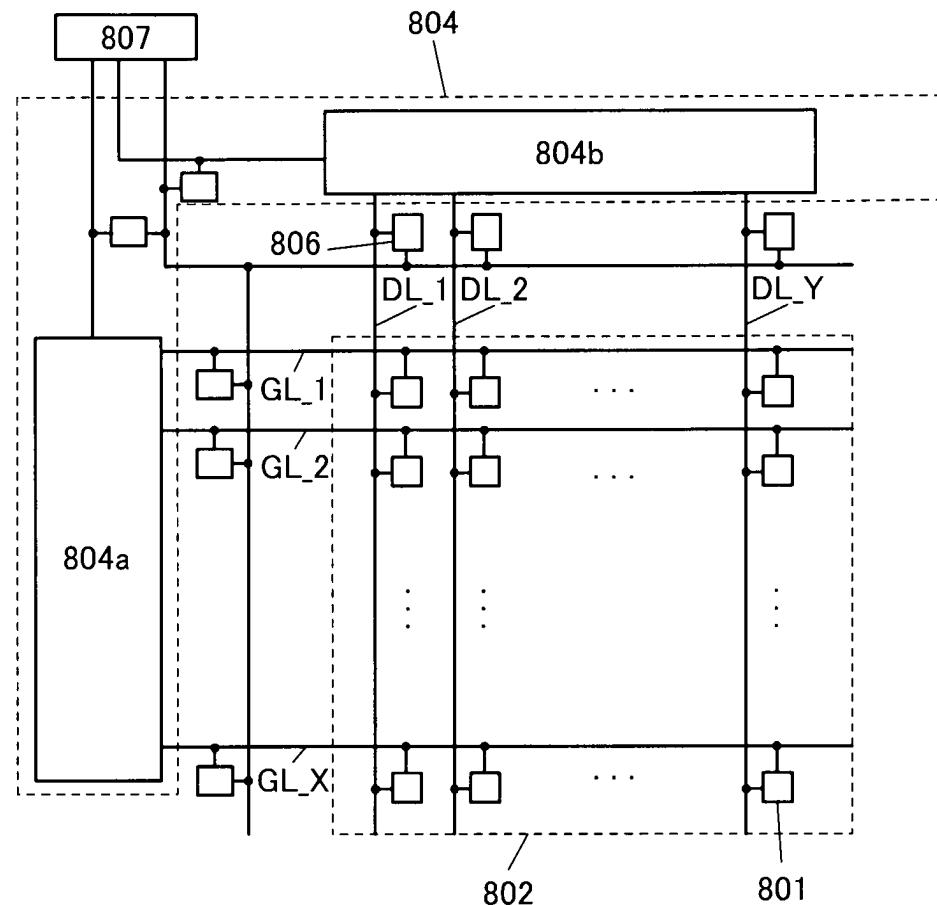


FIG. 9B

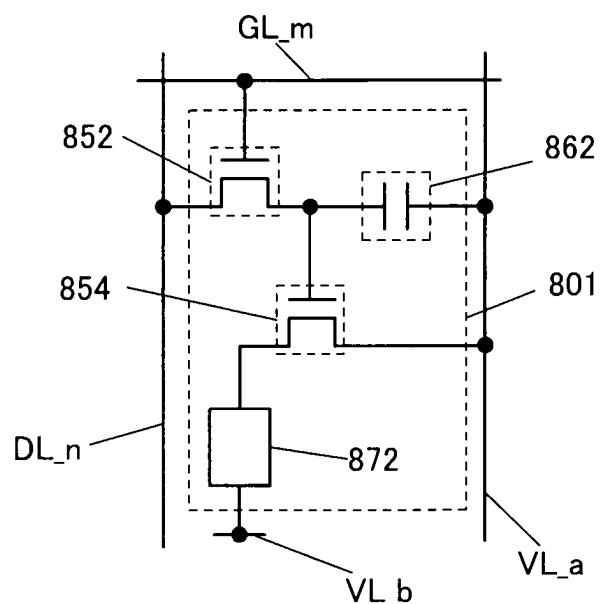


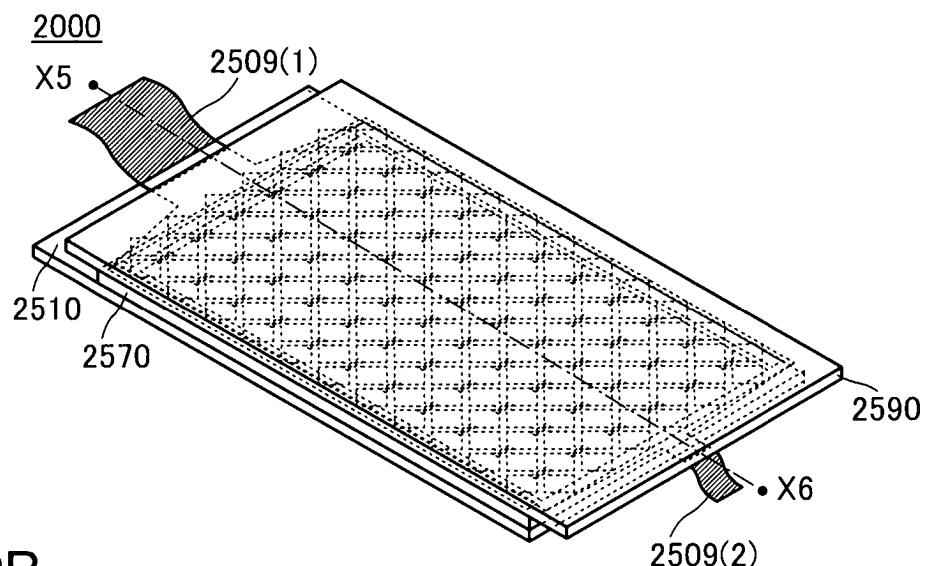
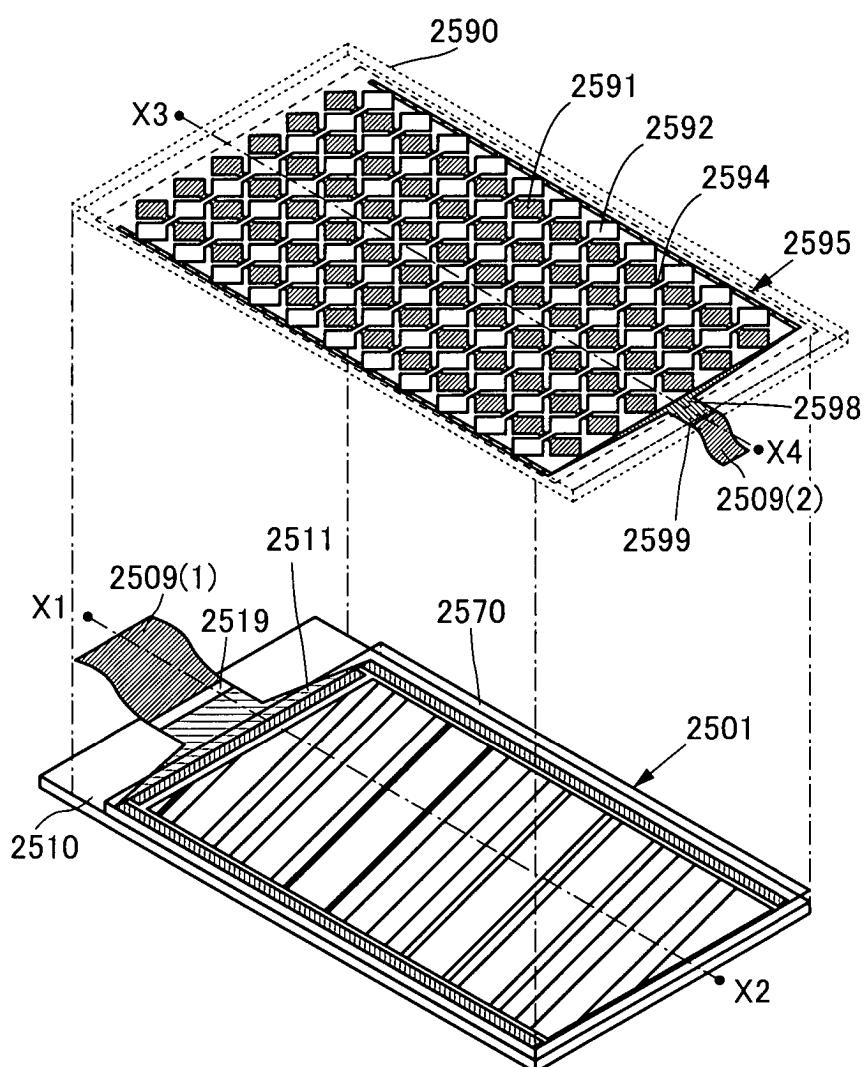
FIG. 10A**FIG. 10B**

FIG. 11A

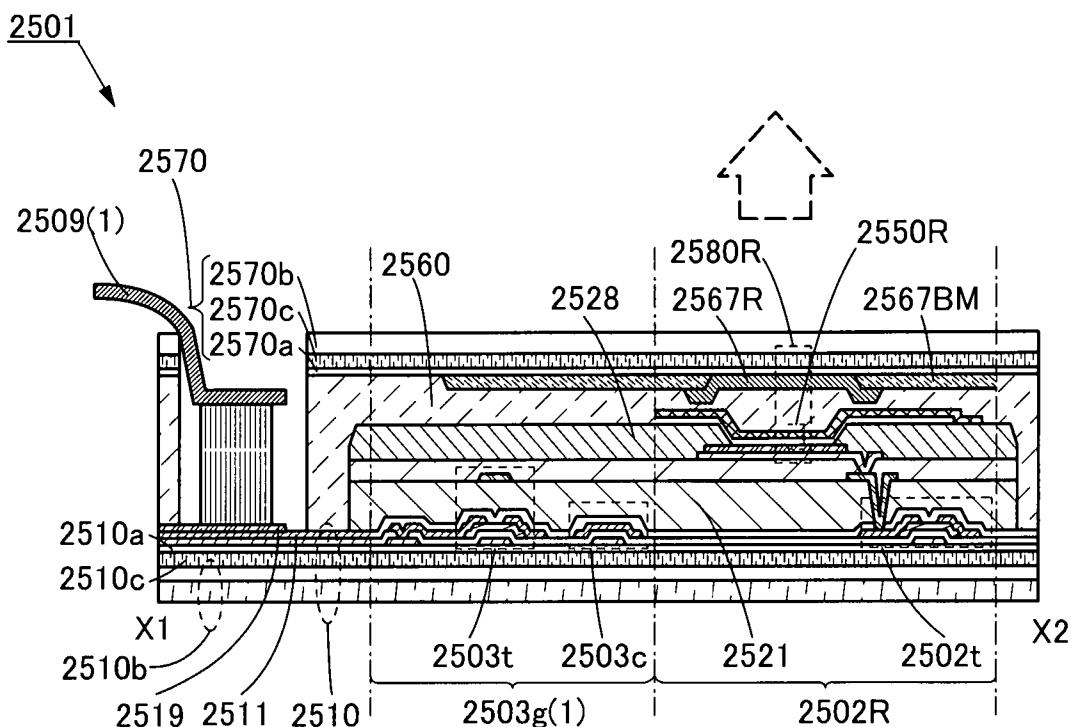


FIG. 11B

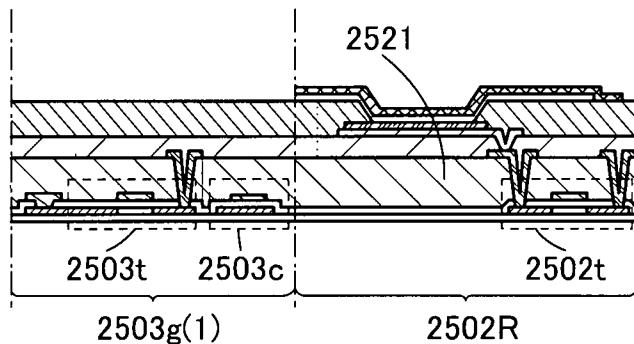


FIG. 11C

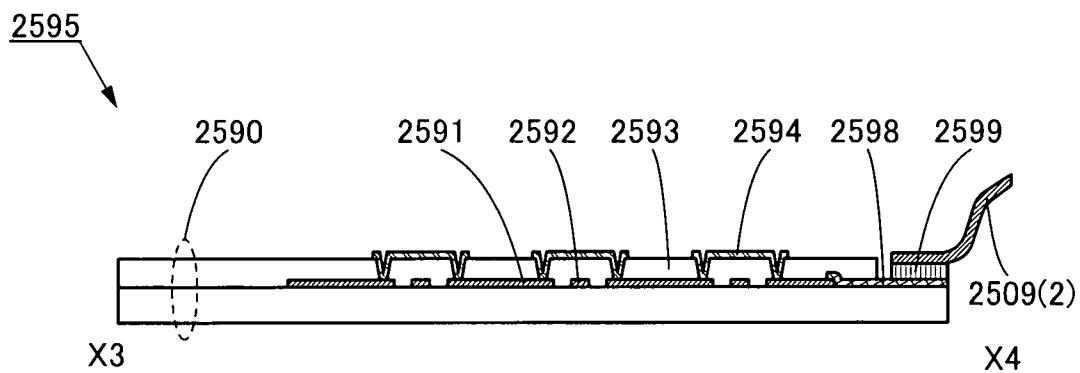


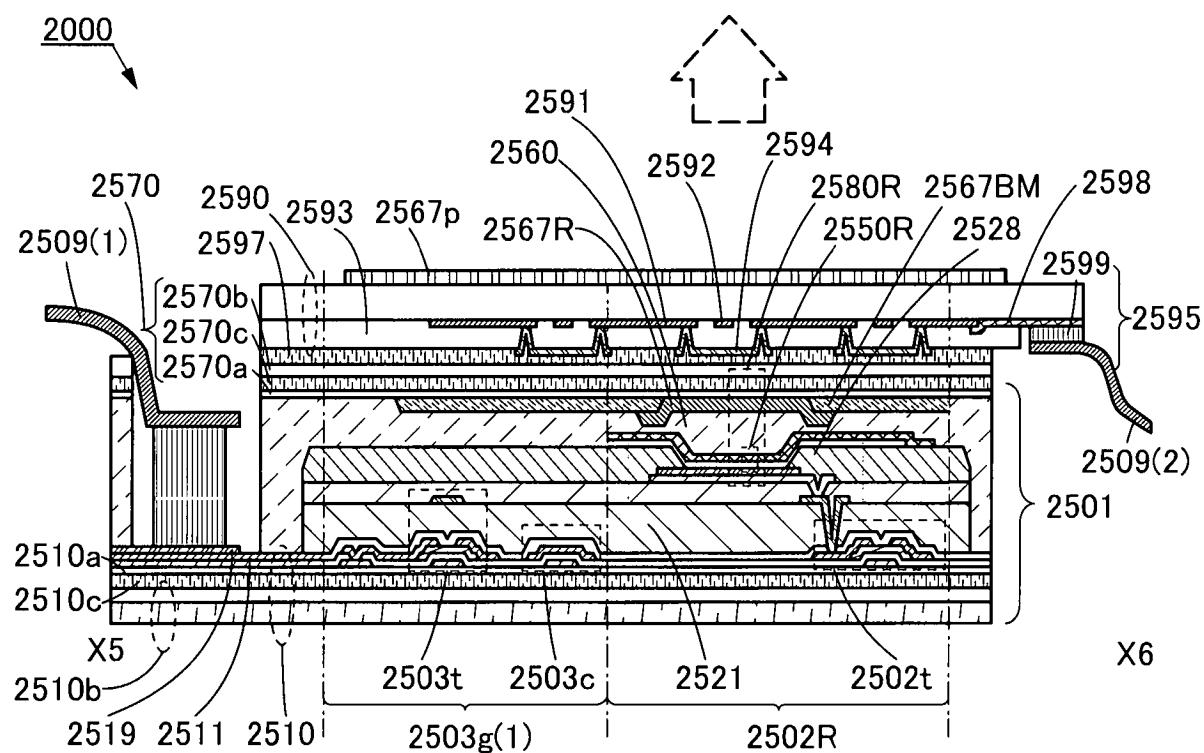
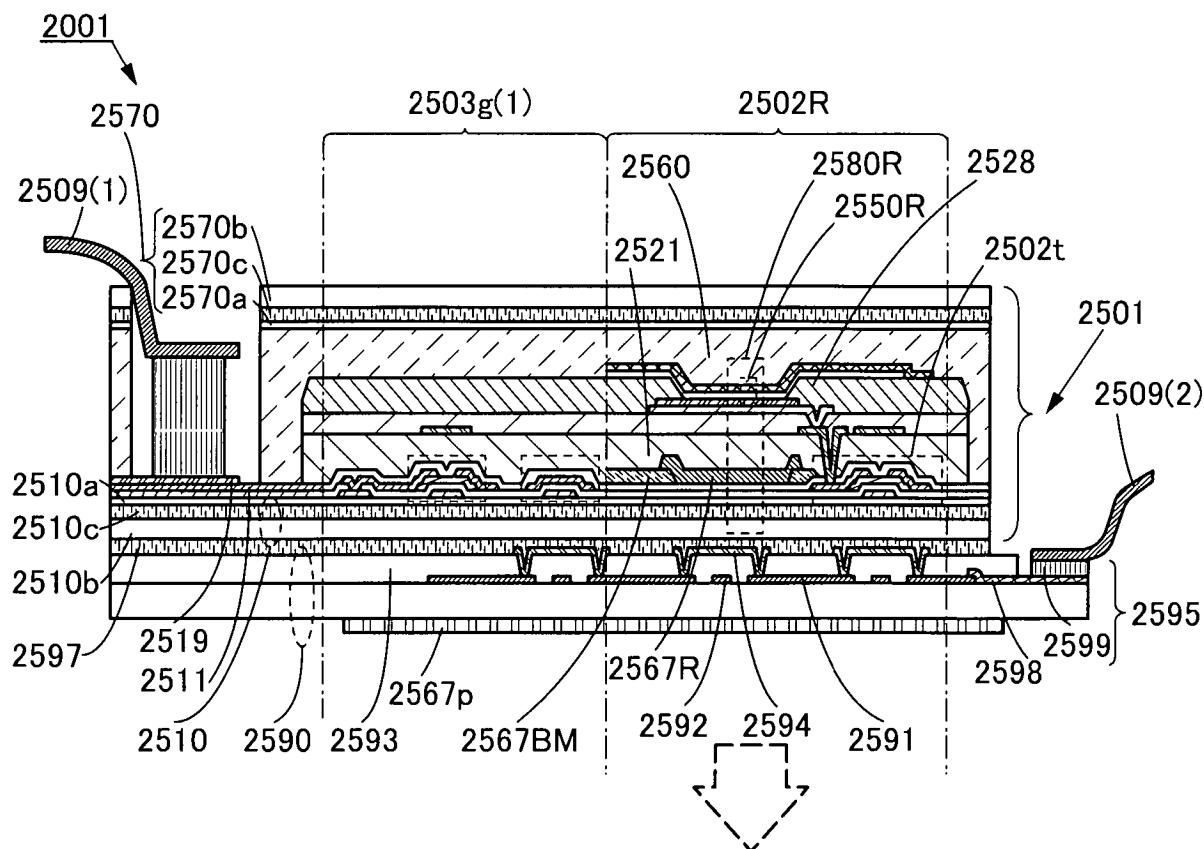
FIG. 12A**FIG. 12B**

FIG. 13A

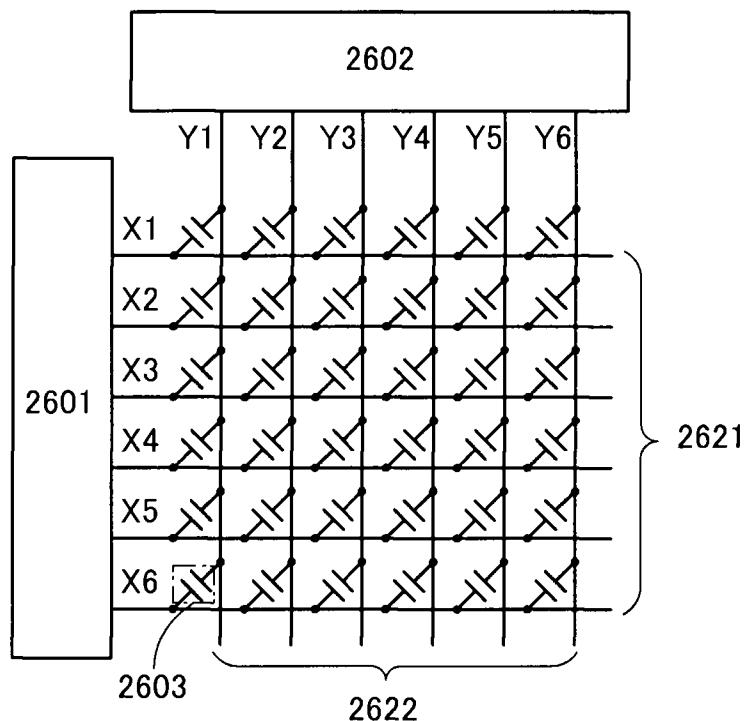


FIG. 13B

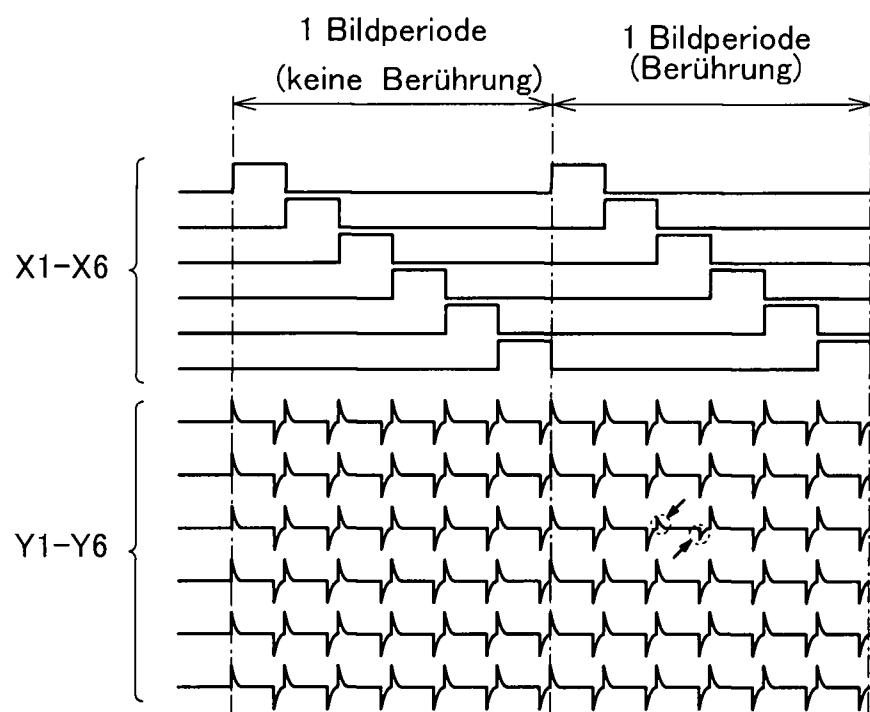


FIG. 14

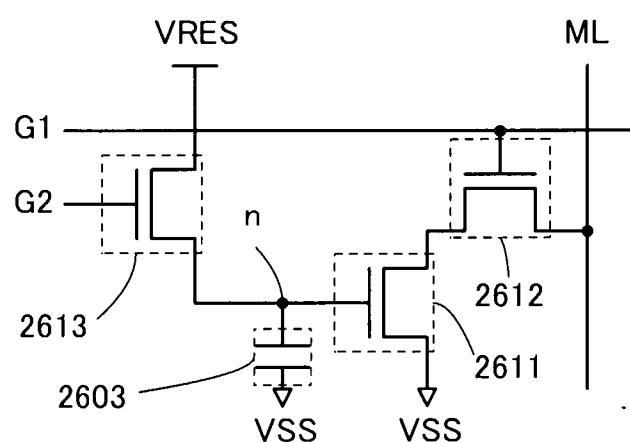


FIG. 15

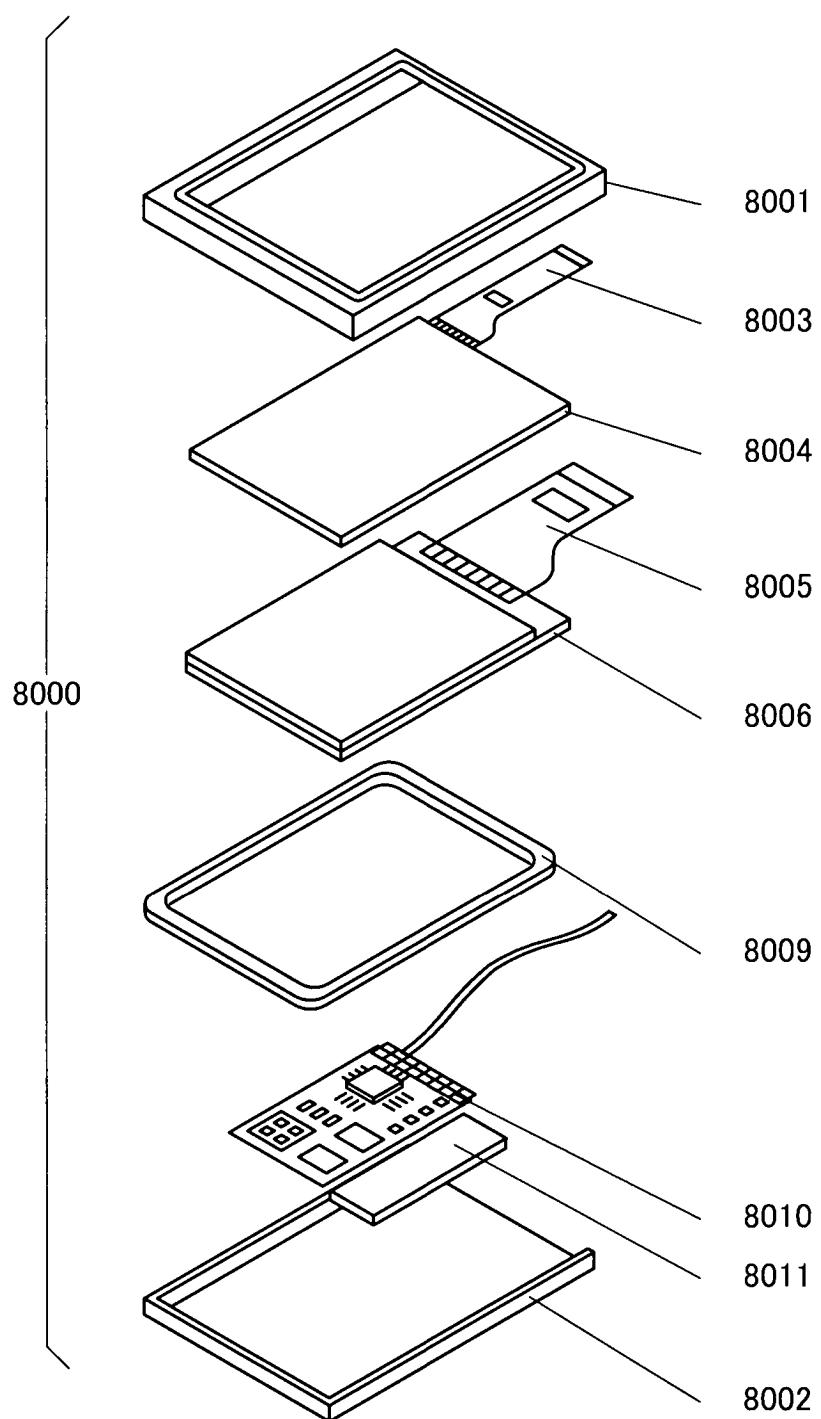


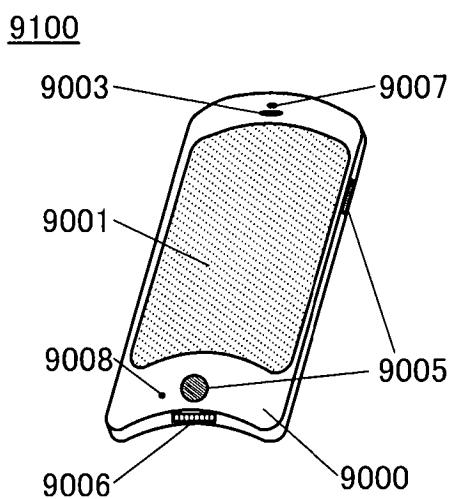
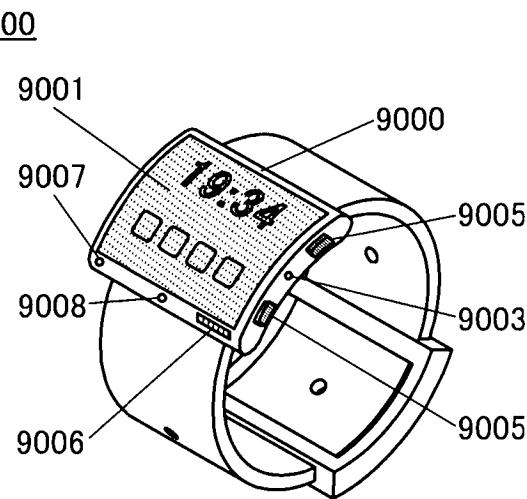
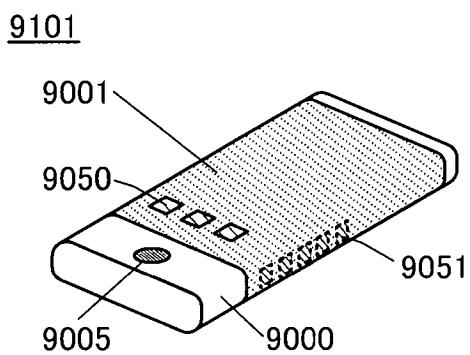
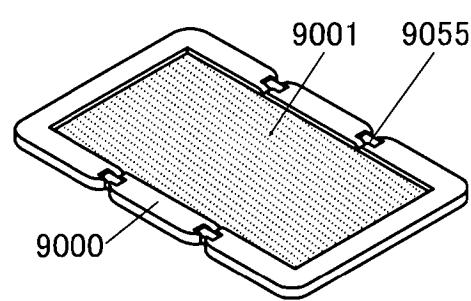
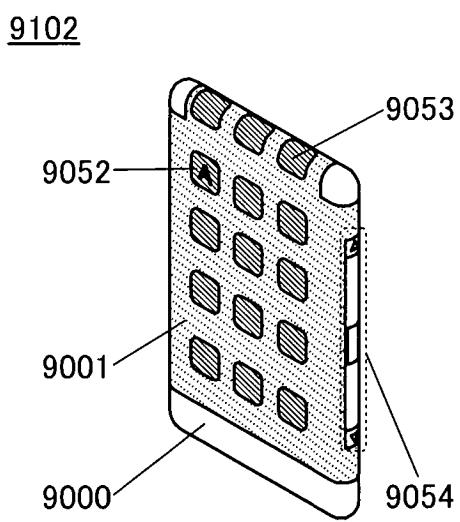
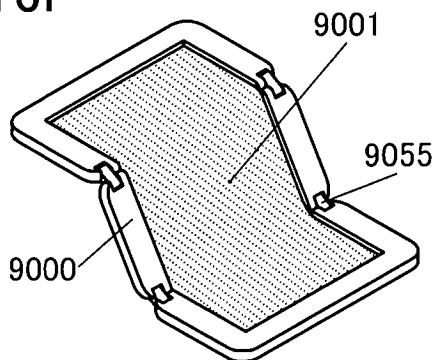
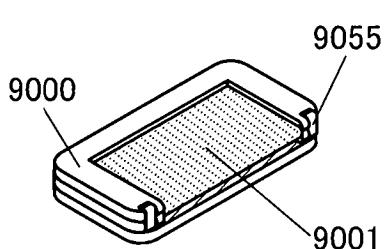
FIG. 16A**FIG. 16D****FIG. 16B****FIG. 16E****FIG. 16C****FIG. 16F****FIG. 16G**

FIG. 17

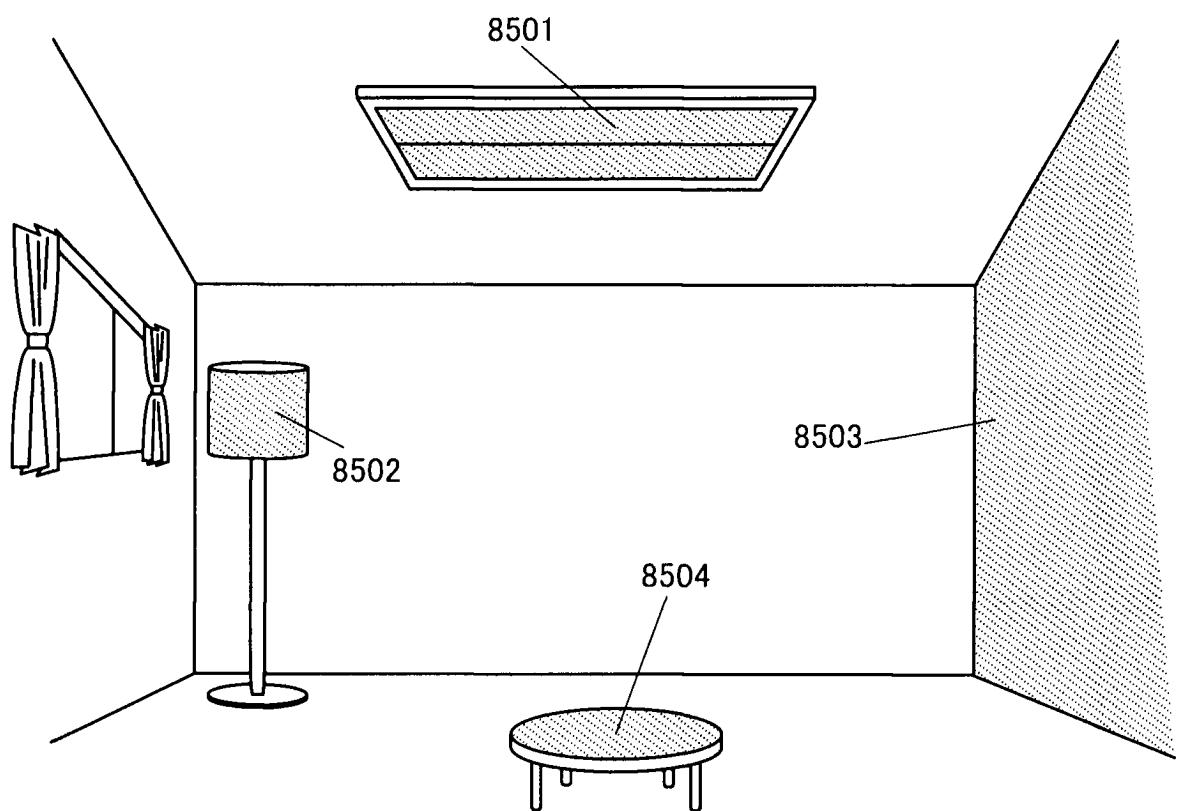


FIG. 18

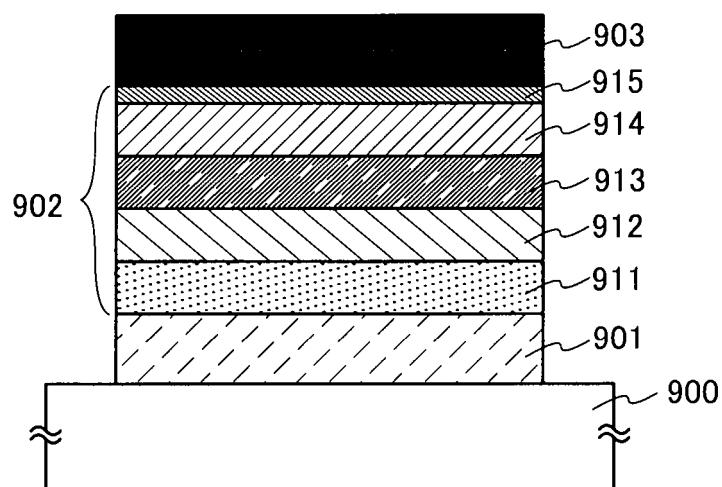


FIG. 19

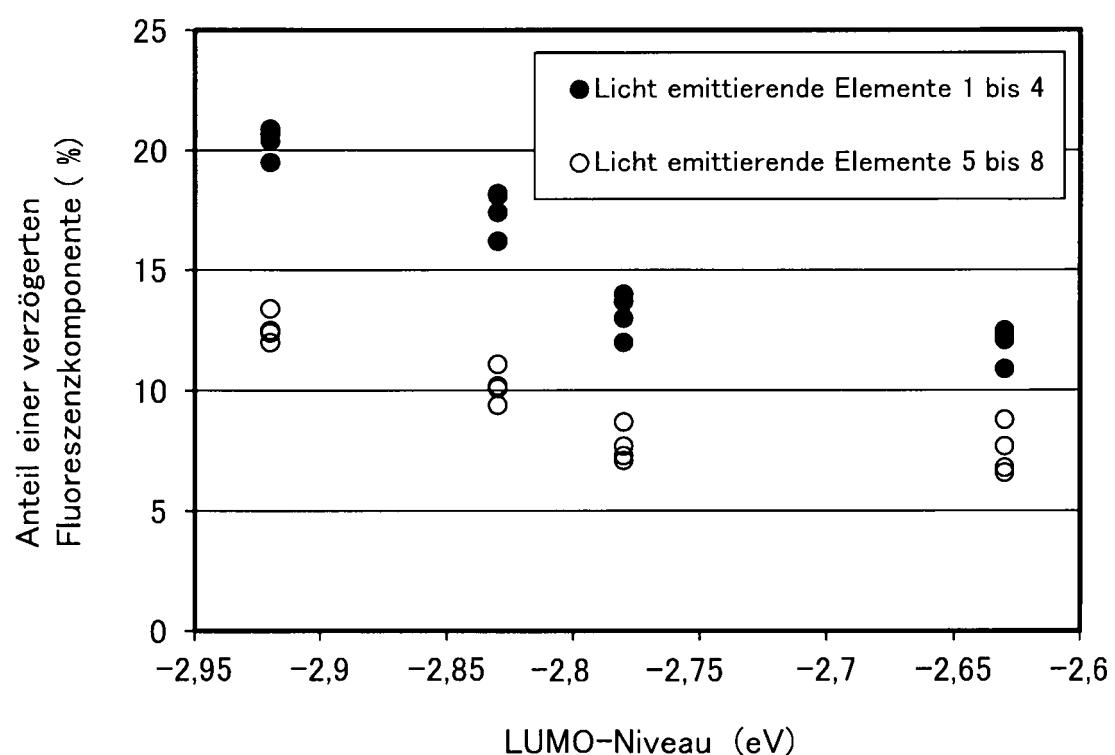


FIG. 20

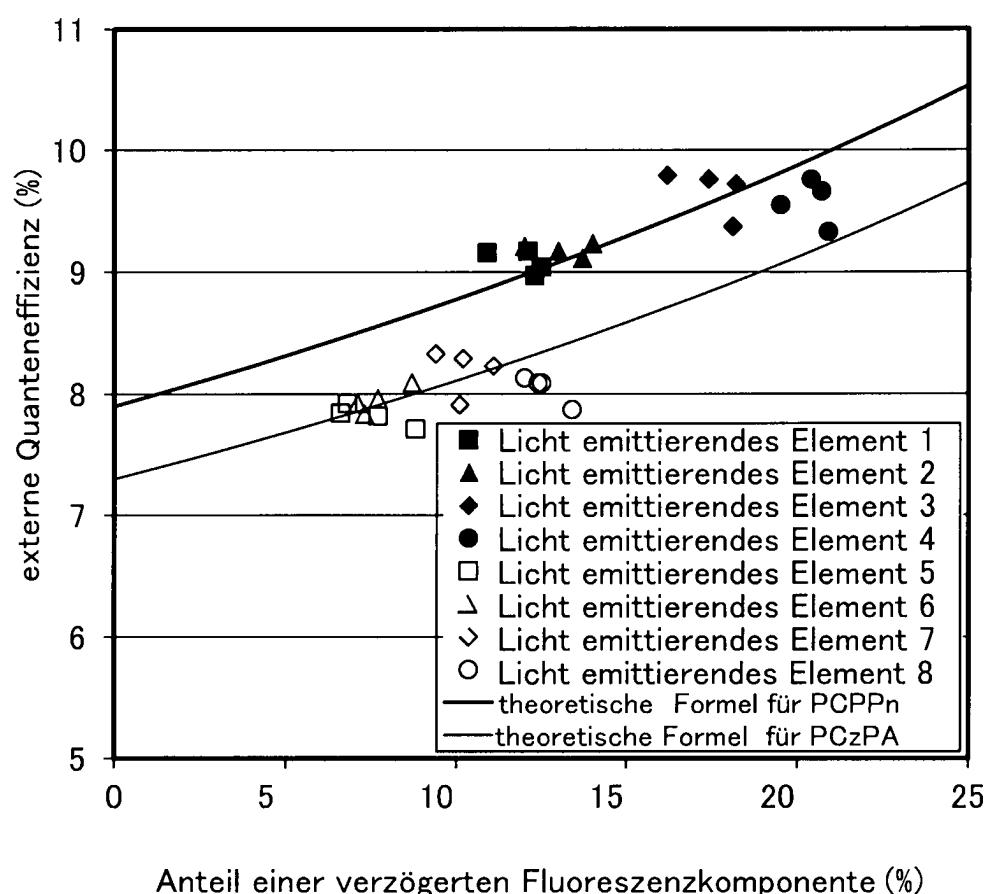


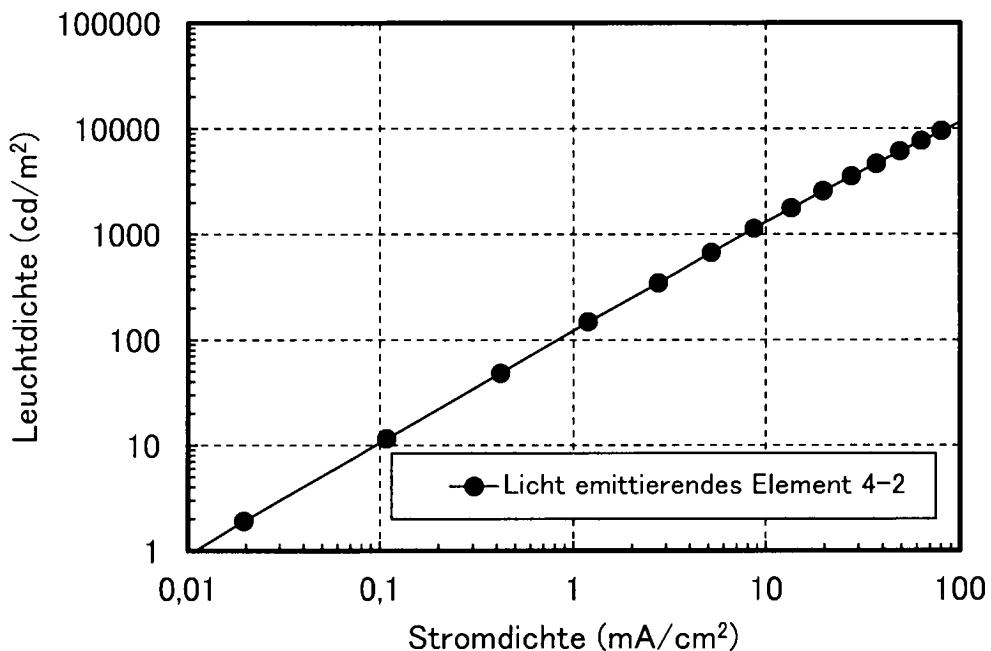
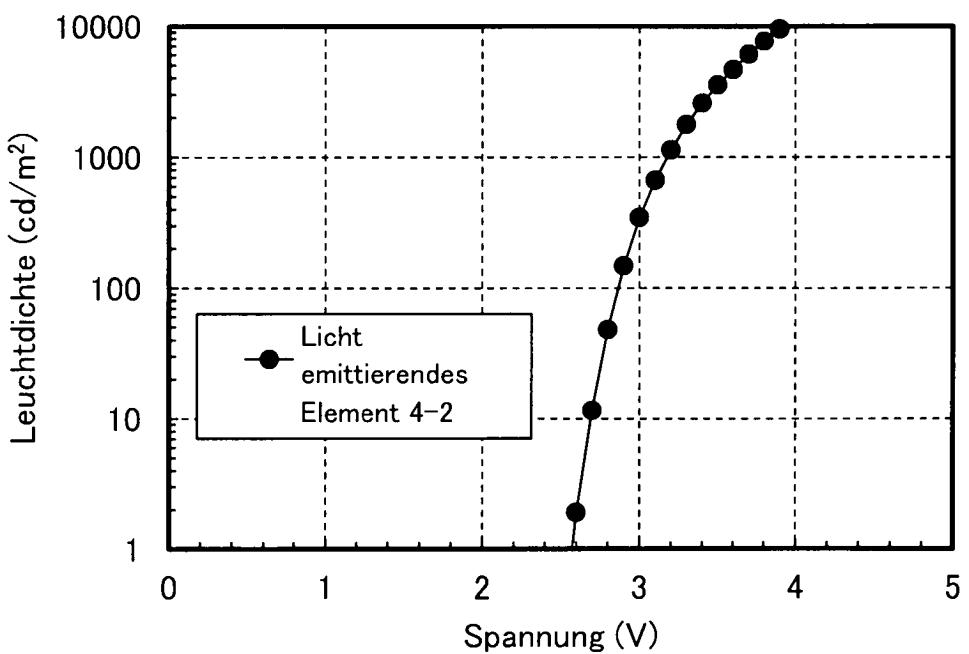
FIG. 21**FIG. 22**

FIG. 23

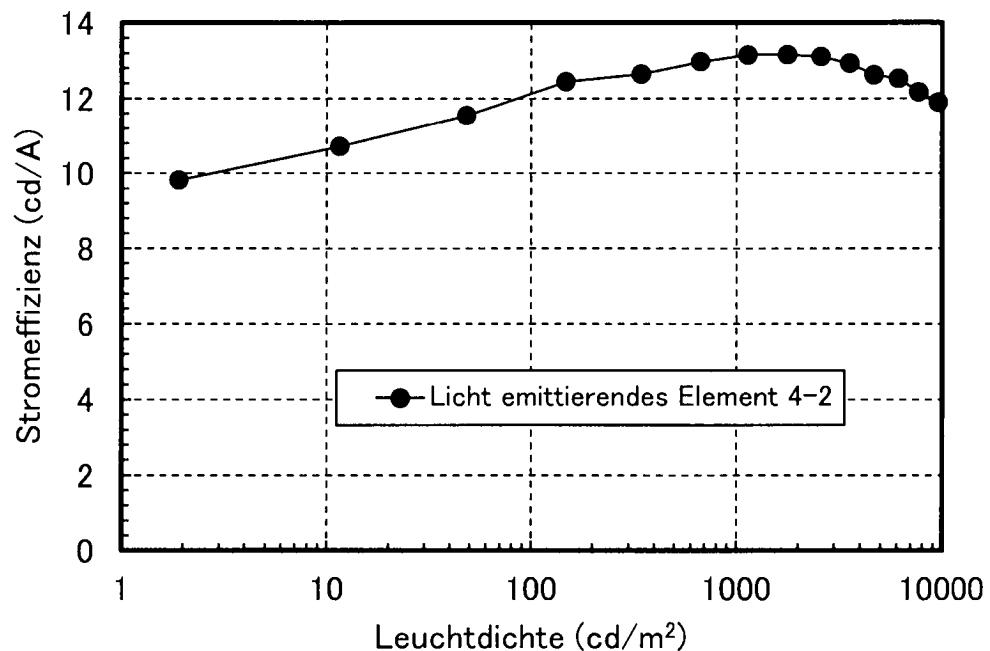


FIG. 24

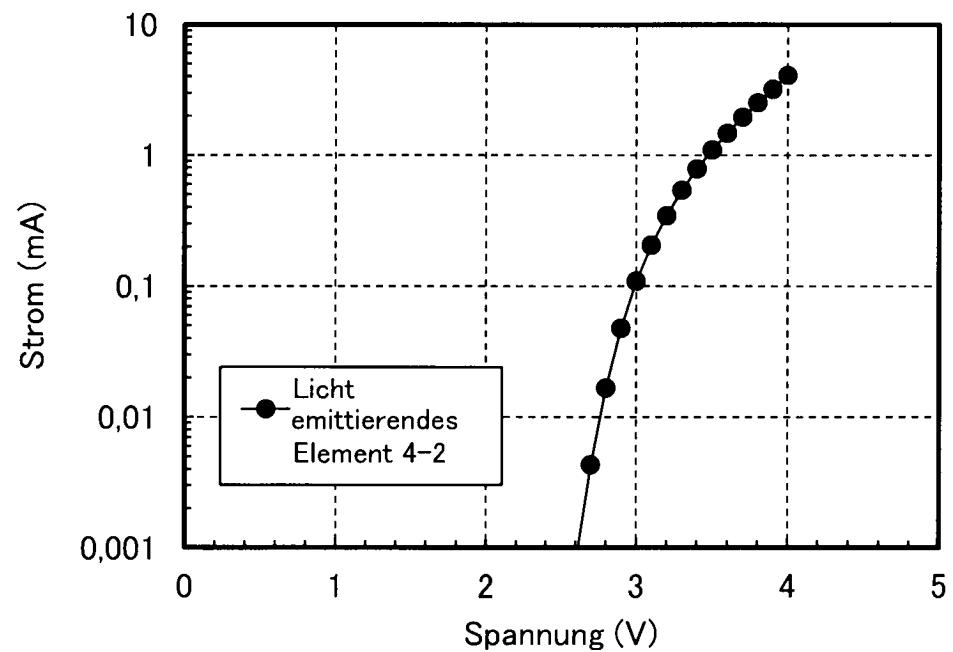


FIG. 25

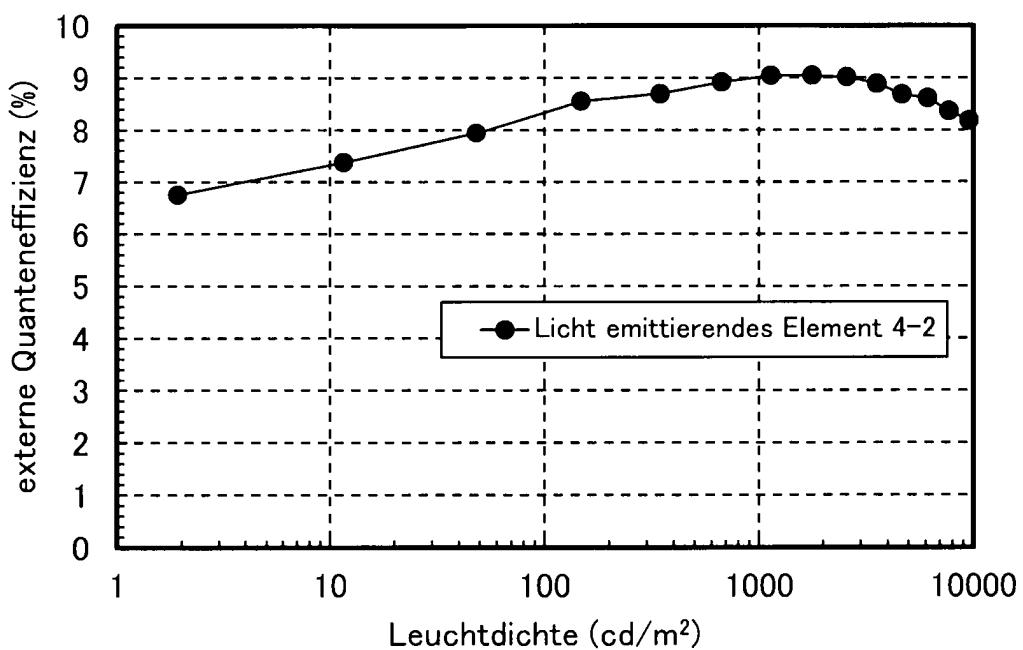


FIG. 26

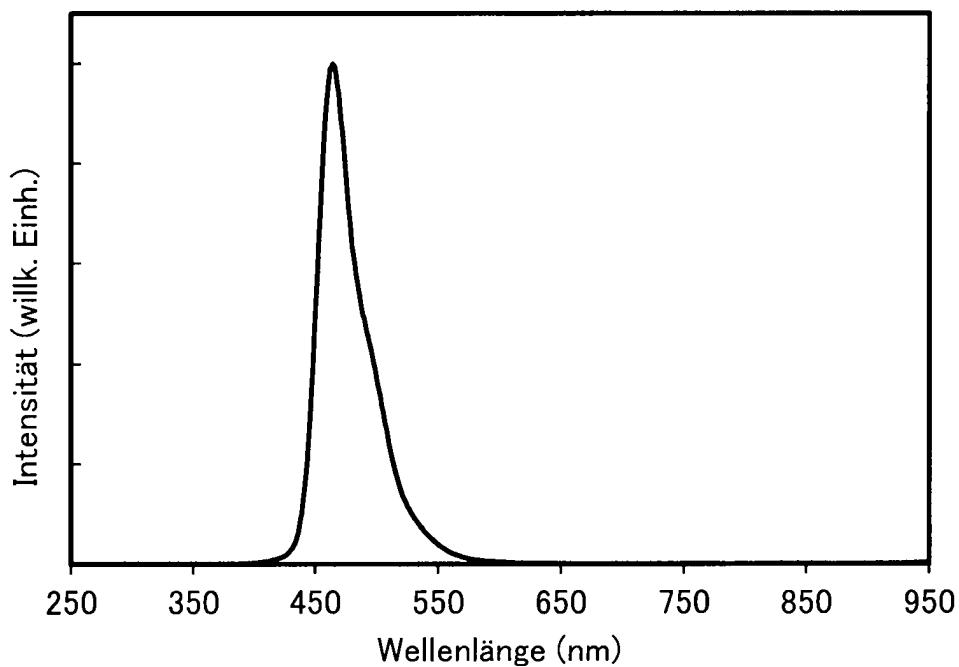


FIG. 27

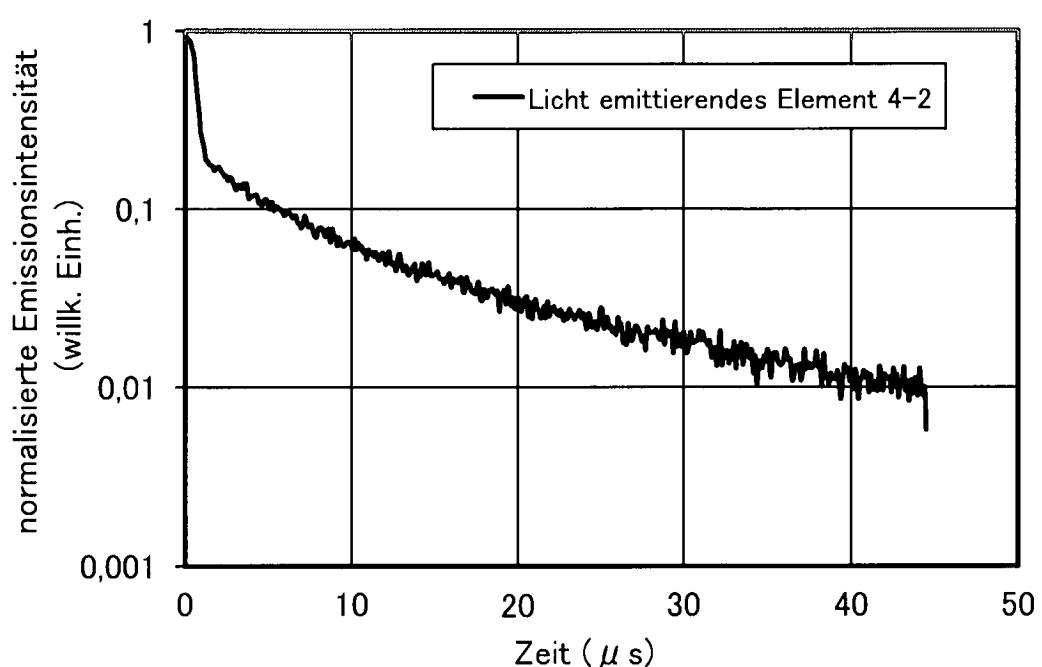


FIG. 28

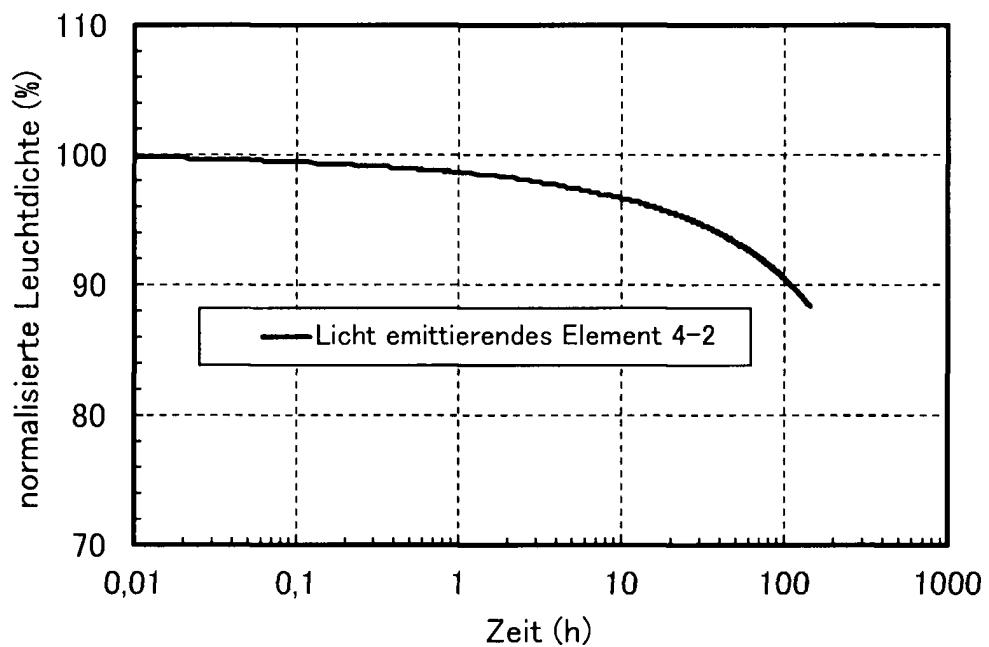


FIG. 29

