



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 06 981 B4 2006.06.01**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 06 981.6**
 (22) Anmeldetag: **20.02.2002**
 (43) Offenlegungstag: **28.08.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **01.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 51/50 (2006.01)**
H01L 51/56 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Opto Tech Corp., Hsinchu, TW

(74) Vertreter:
LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ, 90409 Nürnberg

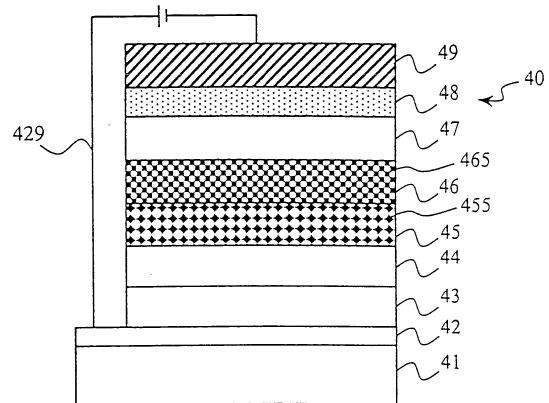
(72) Erfinder:
Lin, Ming-Der, Hsinchu, TW; Lin, San Bao, Jungli, Taoyuan, TW; Chuang, Feng-Ju, Hsinchu, TW

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

US 59 52 037 A
US 58 86 464 A
US 57 03 436 A
US 56 68 438 A
US 47 69 292 A
EP 12 86 569 A1
WO 99/53 742 A1
JP 2000-1 82 768 A

(54) Bezeichnung: **Weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung derselben**

(57) Hauptanspruch: Weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung (40) mit einem Substrat (41), einer Anode (42), die auf dem Substrat (41) ausgebildet ist, mindestens einer Löchertransportschicht (44), die auf der Anode (42) ausgebildet ist, mindestens einer Lumineszenzschicht (45), die auf der Löchertransportschicht (44) ausgebildet und die mit einem ersten Dotierungsmittel (455) dotiert ist, wobei das Volumenverhältnis des ersten Dotierungsmittels (455) zur Lumineszenzschicht (45) im Bereich zwischen 0,04 % und 0,01 % liegt, mindestens einer Elektronentransportschicht (46), die auf der Lumineszenzschicht (45) ausgebildet und die mit einem zweiten Dotierungsmittel (465) dotiert ist, und einer Kathode (49), die auf der Elektronentransportschicht (46) ausgebildet ist, wobei ein Licht eines ersten Frequenzbands durch das erste Dotierungsmittel (455), ein Licht eines zweiten Frequenzbands durch das zweite Dotierungsmittel (465) und ein Licht eines dritten Frequenzbands durch die Lumineszenzschicht (45) emittiert wird, wenn an die Vorrichtung (40) eine Spannung angelegt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine organische Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung (auch als OLED bekannt) und ein Verfahren zur Herstellung derselben und insbesondere eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung, die zum direkten kontinuierlichen Emittieren vollfarbigen Lichtes, das drei verschiedene Frequenzbänder aufweist, geeignet ist, sowie ein Verfahren zur einfachen Herstellung einer solchen organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtung mit hoher Präzision. Die Erfindung kann die Herstellung der organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtung wirksam vereinfachen und die Lumineszenzeffektivität verbessern.

Stand der Technik

[0002] C.W.Tang und S.A. van Slyke (Eastman Kodak Company, Rochester, NY) haben seit 1987 Anstrengungen unternommen, um Hetero-Strukturen durch Verwendung von Aluminiumtrioxyd [a.k.a. tris (8-Quinolyl) Aluminium] durch Vakuumverdampfung herzustellen. Das hat durch die im Vergleich mit anderen Anzeigepaneelen erzielten Vorteile eine große Aufmerksamkeit auf sich gezogen.

[0003] Diese Vorteile bestehen in der Eigenlumineszenz, im großen Sichtwinkel, in der kurzen Ansprechzeit, in der kompakten Größe, im geringen Gewicht, in der reduzierten Dickenabmessung, in der großen Helligkeit, im geringen Leistungsverbrauch, in der einfachen Fabrikation und in der Möglichkeit, Licht in einem vollen Farbbereich zu emittieren. Eine solche organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung wird also zunehmend benötigt, um bislang benutzte Weißlichtquellen wie Fluoreszenzlampen und Glühlampen zu ersetzen, um Energie zu sparen. Die hierfür erforderlichen Technologien wurden von der Industrie weltweit in großem Umfang studiert.

[0004] Die **Fig. 1** zeigt in einer Schnittdarstellung die Struktur einer organischen EL-Vorrichtung, wie sie im US-Patent 4 769 292 von van Slyke et al. (Eastman Kodak Company, Rochester, NY) mit der Bezeichnung „Electroluminescent device with modified thin film luminescent zone“ beschrieben ist. Diese organische EL-Vorrichtung **10** weist aufeinanderfolgend ein transparentes Substrat **11**, eine lichtübertragende Anode **13**, die aus Zinnoxid oder Indiumzinnoxid (ITO) durch Verdampfung gebildet ist, eine organische Löcher-Impf- und Transportzone **15**, eine Lumineszenzzone **17** und eine Kathode **19** auf. Die Lumineszenzzone **17** ist durch einen Dünnschicht gebildet, der aus einem organischen Grundmaterial, das die Löcher- und Elektronenimpfung unterstützt, und einem (nicht dargestellten) Fluoreszenzmaterial besteht, das zur Lichtemission entsprechend der Löcher-Elektronen-Rekombination geeignet ist. Wird an die Vorrichtung **10** eine Spannung angelegt, so impft die Anode **13** Löcher (=positive Ladungsträger) in das Lumineszenzmedium **17** während die Kathode **19** in das Lumineszenzmedium **17** Elektronen impft. Der Bereich des Lumineszenzmediums **17** in der Nachbarschaft der Anode **13** bildet folglich eine Löcherimpf- und -Transportzone **15**. Die injizierten Löcher und Elektronen wandern jeweils zur entgegengesetzt geladenen Elektrode. Das resultiert in einer Löcher-Elektronen-Rekombination im organischen Lumineszenzmedium, was einer Energie entspricht, die als Licht entsprechend dem gewählten Fluoreszenzmaterial freigegeben wird.

[0005] Die oben beschriebene bekannte organische EL-Vorrichtung weist die Vorteile einer hohen Qualität und einer langen Lebensdauer auf. Die verwendete Struktur kann jedoch nur den verschiedenen ausgewählten Fluoreszenzmaterialien entsprechend monochromatisches Licht emittieren, weißes Licht oder kontinuierliches Vollfarblicht kann diese bekannte organische EL-Vorrichtung nicht emittieren.

[0006] Die **Fig. 2** verdeutlicht schematisch ein Banddiagramm der Struktur einer organischen EL-Vorrichtung, wie sie im US-Patent 5 668 438 und im US-Patent 5 886 464 von Shi et al. (Motorola, Inc., Schaumburg, IL) mit der Bezeichnung „Organic electroluminescent device with emission from hole transporting layer“ beschrieben sind. Bei dieser bekannten EL-Struktur ist eine Anode **22** aus Zinnoxid oder aus Indiumzinnoxid (ITO) gebildet. An der Anode **22** ist eine organische Löchertransportschicht **23** ausgebildet. An der Löchertransportschicht **23** ist eine organische Elektronentransportschicht **24** ausgebildet. An der Elektronentransportschicht **24** ist eine Kathode **25** ausgebildet. Die Materialien für die Löchertransportschicht **23** und für die Elektronentransportschicht **24** werden derartig ausgewählt, daß sie der Ungleichung genügen:

$$(E_{C1} - E_{C2}) < (E_{V1} - E_{V2}),$$

wobei E_{C1} und E_{V1} jeweils ein Leitungsbandniveau und ein Valenzbandniveau des für die Löchertransportschicht **23** ausgewählten Materials und E_{C2} und E_{V2} jeweils ein Leitungsbandniveau und ein Valenzbandniveau des für die Elektronentransportschicht **24** ausgewählten Materials bedeuten.

[0007] Die oben angegebene Ungleichung stellt sicher, daß die Energiebarriere für Löcher, die vom Valenz-

band der Löchertransportschicht **23** in das Valenzband der Elektronentransportschicht **24** injiziert werden, größer ist als die Energiebarriere für Elektronen, die vom Leitungsband der Elektronentransportschicht **24** in das Leitungsband der Löchertransportschicht **23** injiziert werden. Das heißt mit anderen Worten, daß die Anzahl der Elektronen, die von der Elektronentransportschicht **24** in die Löchertransportschicht **23** injiziert werden, viel größer ist als die Anzahl Löcher, die von der Löchertransportschicht **23** in die Elektronentransportschicht **24** injiziert werden. Elektronen und Löcher rekombinieren folglich in dem Abschnitt der Löchertransportschicht **23** eng neben der Zwischenschicht zwischen der Elektronentransportschicht **24** und der Löchertransportschicht **13**, wo eine Lichtemission stattfindet. Um das Injizieren von Löchern von der Anode **22** in die Löchertransportschicht **23** zu erleichtern, weist die EL-Struktur eine Löcherimpfeschicht auf, die zwischen der Anode **22** und der Löchertransportschicht **23** vorgesehen ist.

[0008] Die oben beschriebene bekannte organische EL-Vorrichtung weist eine hohe Elektrolumineszenzwirkung für Licht auf, das von der Löchertransportschicht **23** emittiert wird. Die verwendete Struktur kann jedoch entsprechend den verschiedenen ausgewählten Fluoreszenzmaterialien nur monochromatisches Licht emittieren, weißes Licht oder kontinuierlich vollfarbiges Licht zu emittieren ist damit nicht möglich. Seit vielen Jahren wurden verschiedene Verfahren von der Industrie entwickelt und untersucht, um eine organische EL-Vorrichtung zu realisieren, die zur Emission weißen Lichtes oder Vollfarblichtes geeignet ist, einschließlich:

1. Farbumwandlung: Bei diesem Verfahren wird monochromatisches Licht durch ein Farbumwandlungsmaterial durchgeleitet, das aus verschiedenen Farbumwandlungsschichten aufgebaut ist, und anschließend zerlegt und in Licht mit unterschiedlichen Farben umgewandelt z.B. in die drei primären Farben Rot, Blau und Grün, so daß eine organische EL-Vorrichtung erhalten werden kann, die zur Emission weißen Lichtes oder Vollfarblichtes geeignet ist. Dieses Verfahren weist jedoch eine Anzahl Probleme auf. Erstens sind viele der verfügbaren Farbumwandlungsmaterialien bezüglich Farbreinheit und Lumineszenzwirkung nicht zufriedenstellend. Zweitens kann das Hintergrundlicht (wie blaues Licht und UV-Licht) durch die Farbumwandlungsschichten absorbiert werden, was oftmals zu einem schwachen Kontrast und zu einer mangelhaften Bildpunktqualität führt. Und drittens wird die Farbumwandlung durch eine Zwei-Wellenlängen-Annäherung durchgeführt, so daß eine chromatische Aberration eintreten kann.
2. Farbfilter: Hierbei wird weißes Licht als Rücklichtquelle des organischen EL-Materials verwendet. Es ist nützlich, Vollfarblicht zu erzielen, wenn LCD-Farbfilter kombiniert sind. Das Hauptproblem bei diesem Verfahren ist jedoch, wie ein zuverlässiges weißes Licht erhalten werden soll.
3. Drei unabhängige Farben (RBG): Bei diesem Verfahren werden die drei Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) unabhängig dargestellt, um ein Vollfarbdisplay oder eine Weißlichtquelle zu realisieren. Da die drei Farben voneinander unabhängig dargestellt werden, erfordern RBG-Bildpunkte jedoch unterschiedliche Treiberspannungen. Eine solchermaßen ausgebildete organische Vielfarbenlicht emittierende Vorrichtung ist im US-Patent 5 703 436 von Forrest et al. (Princeton University, Princeton, NJ) mit der Bezeichnung „Transparent contacts for organic devices“ beschrieben. Diese bekannte Vorrichtung ist nur mittels eines komplizierten Herstellungsprozesses realisierbar und außerdem weist sie große Abmessungen auf. Außerdem ist bei einer derartigen bekannten Vorrichtung für die RBG-Bildpunkte eine hohe Präzision erforderlich. Die **Fig. 3** zeigt in einer perspektivischen Ansicht den Aufbau einer organischen EL-Vorrichtung, wie sie in US-Patent 5 952 037 von Nagayama et al. (Pioneer Electronic Corporation, Tokyo, JP) mit der Bezeichnung „Organic electroluminescent display panel and method for manufacturing the same“ beschrieben ist. Diese bekannte organische EL-Vorrichtung besteht aus einem Substrat **30**, an dem eine Vielzahl von ersten Anzeigeelektroden **32**, Emissionsabschnitten entsprechend ausgebildet sind, elektrisch isolierenden Rampen **34**, die vom Substrat **30** vorstehen, um mindestens Abschnitte der ersten Anzeigeelektroden **32** freizulegen, organischen Funktionsschichten **36**, von welchen jede mindestens ein organisches Elektrolumineszenzmedium enthält und die an freigelegten Abschnitten der ersten Anzeigeelektroden **32** ausgebildet sind, und zweiten Anzeigeelektroden **38**, die auf den organischen Funktionsschichten **36** ausgebildet sind, wobei jede elektrisch isolierende Rampe **34** einen überstehenden Abschnitt **385** aufweist, der in einer, vorsteht. Hierbei kann der Herstellungsprozeß jedoch schwierig und kompliziert sein. Die verwendeten RBG-Bildpunkte, die von drei verschiedenen organischen EL-Materialien gebildet werden, können verschiedene Lumineszenzwirkungen, Lebensdauern und Treiberbedingungen besitzen. So zeigt beispielsweise rotes Licht eine geringe Reinheit, es kann sich zur Farbe Orange ändern. Das rote Licht hat außerdem eine kurze Lebensdauer und kann umgekehrt die Gesamtleistung der Anzeige beeinträchtigen. Außerdem wird dieses Verfahren durch eine Zwei-Wellenlängen-Annäherung durchgeführt, so daß eine chromatische Aberration eintreten kann.

[0009] Die vorliegende Erfindung dient deshalb zur Lösung solcher Probleme unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen sowie zur Schaffung eines Verfahrens zur Herstellung einer weißes Licht emittierenden organischen Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung, die dazu geeignet ist, direkt kontinuierlich Vollfarblicht zu

emittieren, das drei unterschiedliche Frequenzbänder enthält, so daß Weißlichtemission realisierbar ist.

Aufgabenstellung

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung zu schaffen, die eine Lumineszenzschicht, eine Elektronentransportschicht und Dotierungsmaterialien beinhaltet, um kontinuierlich Vollfarbenlicht zu realisieren, das drei unterschiedliche Frequenzbänder enthält, wobei die Farbgleichförmigkeit und die Lumineszenzwirksamkeit verbessert sind.

[0011] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung zu schaffen, mit der weißes Licht realisiert wird, das eine verbesserte Vollfarbenanzeigequalität besitzt.

[0012] Noch eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung zu schaffen, die anstelle von drei voneinander unabhängigen Treiberspannungen eine einzige Spannung benötigt, um drei primäre Farben (Rot, Grün und Blau) zu emittieren, so daß der Herstellungsprozeß vereinfacht, die Vorrichtung verkleinert und die Kosten reduziert sind.

[0013] Noch eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung zu schaffen, mit welcher die üblicherweise verwendeten Weißlichtquellen wie Fluoreszenzlampen und Glühlampen ersetzbar sind, um Energie zu sparen.

[0014] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung mittels einer Dotiertechnik zu schaffen, um kontinuierlich Vollfarbenlicht zu realisieren, das drei verschiedene Frequenzbänder für eine bessere Farbgleichförmigkeit und eine erhöhte Lumineszenzwirksamkeit beinhaltet.

[0015] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß mittels einer weißes Licht emittierenden organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtung gelöst, die ein Substrat, eine auf dem Substrat ausgebildete Anode, mindestens eine auf der Anode ausgebildete Löchertransportschicht, mindestens eine auf der Löchertransportschicht ausgebildete Lumineszenzschicht, die mit einem ersten Dotierungsmittel dotiert ist, wobei das Volumenverhältnis des ersten Dotierungsmittels zur Lumineszenzschicht im Bereich zwischen 0,04 % und 0,01 % liegt, mindestens eine auf der Lumineszenzschicht ausgebildete Elektronentransportschicht, die mit einem zweiten Dotierungsmittel dotiert ist, und eine Kathode aufweist, die auf der Elektronentransportschicht ausgebildet ist, wobei ein Licht eines ersten Frequenzbands durch das erste Dotierungsmittel, ein Licht eines zweiten Frequenzbands durch das zweite Dotierungsmittel und ein Licht eines dritten Frequenzbands durch die Lumineszenzschicht emittiert wird, wenn an die Vorrichtung eine Spannung angelegt wird.

[0016] Die Erfindung schlägt außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer weißes Licht emittierenden organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtung vor, das die folgenden Verfahrensschritte aufweist: Zurverfügungstellung eines Substrates, Ausbildung auf dem Substrat aufeinanderfolgend eine Anode, mindestens eine Löchertransportschicht, mindestens eine Lumineszenzschicht, mindestens eine Elektronentransportschicht, und eine Kathode, Dotierung der Lumineszenzschicht mit einem ersten Dotierungsmittel, wobei das Volumenverhältnis des ersten Dotierungsmittels zur Lumineszenzschicht im Bereich zwischen 0,04 % und 0,01 % eingestellt wird, und Dotierung der Elektronentransportschicht mit einem zweiten Dotierungsmittel.

[0017] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit den Zeichnungsfiguren. Es versteht sich jedoch, daß die obige allgemeine Beschreibung und die nachfolgende detaillierte Beschreibung nur exemplarisch und erläuternd sind, ohne die Erfindung zu beschränken. Die Zeichnungen bilden einen Teil der Anmeldung und dienen gemeinsam mit der Beschreibung zur allgemeinen Erklärung der Prinzipien der Erfindung. Gleiche Einzelheiten sind jeweils mit denselben Bezugsnummern bezeichnet.

[0018] Einzelheiten, Merkmale und Vorteile einer bevorzugten Ausbildung der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben.

[0019] Es zeigen:

[0020] [Fig. 1](#) eine Schnittdarstellung einer bekannten Struktur einer organischen EL-Vorrichtung,

[0021] [Fig. 2](#) ein schematisches Banddiagramm zur Verdeutlichung der Struktur einer anderen bekannten organischen EL-Vorrichtung,

[0022] [Fig. 3](#) eine dreidimensionale Darstellung einer Struktur noch einer anderen bekannten organischen EL-Vorrichtung,

[0023] [Fig. 4](#) eine Schnittdarstellung der Struktur einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausbildung einer organischen EL-Vorrichtung,

[0024] [Fig. 5](#) ein schematisches Banddiagramm der Struktur einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen organischen EL-Vorrichtung, und

[0025] [Fig. 6](#) eine Diagrammdarstellung der experimentellen Ergebnisse der Beziehung zwischen der Lumineszenzintensität und der Wellenlänge einer erfindungsgemäßen organischen EL-Vorrichtung.

[0026] Die vorliegende Erfindung schafft eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung, die dazu geeignet ist, direkt kontinuierlich Vollfarbenlicht zu emittieren, das drei verschiedene Frequenzbänder enthält. Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels erläutert.

Ausführungsbeispiel

[0027] Die [Fig. 4](#) zeigt in einer Schnittdarstellung die Struktur einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen organischen EL-Vorrichtung **40**. Die weißes Licht emittierende organische EL-Vorrichtung **40** weist ein transparentes Substrat **41** aus Kunststoff oder Glas, eine Anode **42** aus transparenten leitfähigen Metallen, Legierungen, Verbindungen wie Indiumzinnoxid (ITO), Au, CuI, SnO₂, ZnO, die auf dem Substrat **41** durch Verdampfung oder Kathodenzerstäubung ausgebildet ist, eine auf der Anode **42** durch Verdampfung gebildete Löcherimpfschicht **43** aus Löcherimpfmaterialien wie Kupfer, Phthalozhyanin (CuPc), eine Löchertransportschicht **44**, gebildet aus Materialien wie N,N'-bis-(1-Naphthal)-N,N'-Diphenyl-1,1'-Biphenyl-4-4'-Diamine (NPB), TPD, Spiro-NPB, Spiro-TAD und m-MTDATA, auf der Lochimpfschicht **43**, eine Lumineszenzschicht **45** aus Materialien wie 1,4-bis(2,2-Diphenylvinyl) Biphenyl(DPVBi), Balq, PVK und Zn(ODZ)₂ auf der Löchertransportschicht **44**, wobei die Lumineszenzschicht **45** mit einem ersten Dotierungsmittel aus lumineszierendem Medium oder phosphoreszierendem Medium dotiert ist, eine Elektronentransportschicht **46** aus Materialien wie Tris(8-Quinolinol)Aluminium, TAZ, PBD, Zn(ODZ)₂ auf der Lumineszenzschicht **45**, wobei die Elektronentransportschicht **46** mit einem zweiten Dotierungsmittel **465** aus lumineszierendem Medium oder phosphoreszierendem Medium dotiert ist, eine Deckschicht (zweite Elektronentransportschicht) **47** aus Materialien wie Tri(8-Quinolinol)Aluminium, TAZ, PBD und Zn(ODZ)₂ auf der Elektronentransportschicht **46**, eine Elektronenimpfschicht **48** und eine Kathode **49** aus leitfähigen Metallen, Legierungen, Verbindungen wie LiF, Mg/Ag, Al/Li, Al/Li₂O, Ca und Al auf der zweiten Elektronentransportschicht **47** auf.

[0028] Bei dem ersten und dem zweiten Dotierungsmittel kann es sich um lumineszierendes Medium wie 4-Dicyanomethlene-2-Methyl-6-[2-(2,3,6,7-Tetra-Hydro-1H,5H-Benzo[*ij*]qui Nolzine-8-yl)vinyl]-4H-Pyran (DCM₂), DCM₁, Coumarin 545T, Perylen oder phosphorisierende Medium wie PtOEOEP handeln.

[0029] Die [Fig. 5](#) zeigt ein schematisches Banddiagramm zur Verdeutlichung der Struktur einer bevorzugten Ausbildung der erfindungsgemäßen organischen EL-Vorrichtung. In dieser Figur bezeichnet E_{xc} den Energiespalt zwischen dem Vakuumniveau und dem Leitungsband des Materials, auch als Elektronenaffinität bekannt, während E_{xv} den Energiespalt zwischen dem Vakuumniveau und dem Valenzband des Materials, auch als Ionisationspotenzial bekannt, bezeichnet.

[0030] Wie aus dem Banddiagramm ersichtlich ist, werden Elektronen viel leichter geimpft, da die Elektronenaffinität größer und die Leitungsbanddiskontinuität an der Zwischenschicht zwischen zwei Materialien kleiner wird. Deshalb werden Elektronen leichter von E_{M2} der Elektronenimpfschicht **48** durch die Elektronentransportschicht **46** in die Lumineszenzschicht **45** transportiert, wenn eine externe Spannung einer Spannungsquelle angelegt wird. Da die Leitungsbanddiskontinuität an der Zwischenlage zwischen der Valenzbandenergie E_{5c} der Lumineszenzschicht **45** und der Leitungsbandenergie E_{4c} der Löchertransportschicht **44** viel größer ist als die oben erwähnte Leitungsbanddiskontinuität an der Zwischenlage zwischen der Valenzbandenergie E_{5c} der Lumineszenzschicht **45** und der Leitungsbandenergie E_{6c} der Elektronentransportschicht **46** ergibt sich eine verringerte Möglichkeit für Elektronen, von der Lumineszenzschicht **45** in die Löchertransportschicht **44** einzutreten. Daraus resultiert, daß viele der injizierten Elektronen sich in der Lumineszenzschicht **45** und der Elek-

tronentransportschicht **46** sammeln.

[0031] Andererseits treten von der Anode **42** injizierte Löcher durch die Löcherimpfschicht **43** und die Löchertransportschicht **44** infolge des abnehmenden Valenzbandes (E_{M1} , E_{3V} , E_{4V} , E_{5V}) in die Lumineszenzschicht **45** ein. Mittlerweile rekombinieren injizierte Löcher und Elektronen in der Lumineszenzschicht **45** und werden in einen angeregten Zustand hochgehoben. Wenn das Energieniveau vom angeregten Zustand in den Grundzustand zurückkehrt, wird der Energieanteil als blaues Licht freigegeben, das vom DPVBi-Material emittiert wird und ein Teil der Energie wird als rotes Licht freigegeben, das vom ersten Dotierungsmittel (DCM₂) **455** emittiert wird. Der Energiespalt zwischen E_{55C} und E_{55V} des ersten Dotierungsmittel ist schmaler als der Energiespalt zwischen E_{5C} und E_{5V} des DPVBi-Materials.

[0032] Da die Beweglichkeit von Löchern in der Löchertransportschicht **44** viel größer ist als die Beweglichkeit von Elektronen in der Elektronentransportschicht **46** kann außerdem ein bestimmter Betrag von Löchern in die Elektronentransportschicht **46** geimpft werden. Diese Löcher und Elektronen rekombinieren in der Elektronentransportschicht **46** und werden auf einen angeregten Zustand angehoben. Kehrt das Energieniveau von dem angeregten Zustand zum Grundzustand zurück, so wird Energie als grünes Licht freigegeben, das vom zweiten Dotierungsmittel (C₆) **465** emittiert wird. Es wird festgestellt, daß der Energiespalt zwischen E_{65C} und E_{65V} der Energiespalt für das zweite Dotierungsmittel ist. Die organische EL-Vorrichtung **40** kann folglich durch die Verwendung einer Spannung anstelle von drei Treiberspannungen drei Primärfarben (RGB) emittieren, so daß weißes Licht, kontinuierlich Vollfarbenlicht, das drei verschiedene Frequenzbänder enthält, emittiert wird.

[0033] Die vorliegende Erfindung kann beispielsweise wie folgt ausgeführt werden. Die Verfahrensschritte und Versuchsergebnisse sind wie folgt:

1. Auf einem transparenten Substrat **41** aus Glas wird durch Verdampfung oder durch Kathodenzerstäubung eine Anode **42** aus Indiumzinnoxid (ITO) aufgebracht. Die Dicke des ITO-Filmes beträgt ca. 150 nm.
2. Nach der Durchführung eines bekannten Reinigungsschrittes, z.B. fünf Minuten in Isopropylalkohol, fünf Minuten in deionisiertem Wasser und fünf Minuten in Isopropylalkohol in einem Ultraschallvibrationsgerät, wird der verbleibende Isopropylalkohol vom Substrat durch Stickstoff oder durch ein anderes Reinigungsgas entfernt. Anschließend wird eine UV- und/oder Ozon-Behandlung des Musters durchgeführt.
3. Auf der Anode **42** wird durch Vakuumverdampfung in einem Hochvakuum bei 5×10^{-6} Torr ein Löcherimpfmaterial wie CuPc angebracht. Die solchermaßen gebildete Löcherimpfschicht **43** weist eine Dicke von 12 nm auf. Danach wird auf der Löcherimpfschicht **43** eine Löchertransportschicht (NPB) **44** gebildet, die eine Dicke von 50 nm besitzt.
4. Die Lumineszenzschicht **45** auf der Löchertransportschicht (NPB) **44** wird mit einem ersten Dotierungsmittel (DCM₂) **455** dotiert. Die Lumineszenzschicht **45** weist eine Dicke im Bereich zwischen 2 nm und 15 nm auf. Das Volumenverhältnis von erstem Dotierungsmittel (DCM₂) **455** zur Lumineszenzschicht **45** liegt im Bereich zwischen 0,04 % und 0,01 %.
5. Auf der Lumineszenzschicht **45** wird eine Elektronentransportschicht (Alq₃) **46** ausgebildet, die eine Dicke von ca. 5 nm besitzt und die mit einem zweiten Dotierungsmittel (C₆) **465** dotiert wird. Das Volumenverhältnis von zweitem Dotierungsmittel (C₆) **465** zur Elektronentransportschicht (Alq₃) **46** liegt im Bereich zwischen 0,05 % und 0,2 %.
6. Eine zweite Elektronentransportschicht (Alq₃) **47** wird mit einer Dicke von 20 nm auf der Elektronentransportschicht (Alq₃) **46** ausgebildet. Die zweite Elektronentransportschicht (Alq₃) **47** kann als Deckschicht dienen. Die Niederschlagrate während der oben beschriebenen Verfahrensschritte liegt im Bereich zwischen 0,1 nm/sec und 0,5 nm/sec.
7. Elektronenimpfmaterial wie LiF wird auf der zweiten Elektronentransportschicht **47** niedergeschlagen, um eine Elektronenimpfschicht **48** mit einer Dicke von ca. 0,5 nm und eine Kathode (A1) **49** mit einer Dicke um 20 nm zu bilden.

[0034] Mit den oben beschriebenen Verfahrensschritten kann eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung realisiert werden, die kontinuierlich Vollfarbenlicht mit drei unterschiedlichen Frequenzbändern mit verbesserter Farbgleichförmigkeit abgibt und eine verbesserte Lumineszenzwirk-samkeit besitzt.

[0035] **Fig. 6** zeigt den Funktionszusammenhang zwischen der Lumineszenzintensität und der Wellenlänge einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Wie aus dieser Figur ersichtlich ist, weist die Lumineszenzintensität bei den Wellenlängen der drei Primärfarben, d.h. 560 nm für das rote Licht, 515 nm für das grüne Licht und 450 nm für das blaue Licht Intensitätsspitzen auf. Das bedeutet, daß weißes Licht und eine Vollfarbenanzeige realisierbar sind.

[0036] Den experimentellen Ergebnissen der erfindungsgemäßen organischen EL-Vorrichtung entsprechend wurde außerdem gefunden, daß das Lumineszenzintensitätsprofil der drei Primärfarben (RBG) streng abhängig ist vom Volumenverhältnis des ersten Dotierungsmittels (DCM₂) **455** zur Lumineszenzschicht **45**. Die Experimentresultate zeigen, daß die Lumineszenzintensität des blauen Lichtes und des grünen Lichtes stark abfällt, wenn das Volumenverhältnis größer wird. Das Volumenverhältnis beträgt vorzugsweise 0,025 %, wenn weißes Licht gefordert wird. Außerdem hängt die Reinheit des weißen Lichtes gemeinsam mit der Lumineszenzwirksamkeit von der Dicke von DPVBi ab. Die Experimentergebnisse demonstrieren, daß die Dicke von DPVBi proportional ist zur Blaulichtintensität aber umgekehrt proportional zur Grünlichtintensität. Die Dicke von DPVBi beträgt vorzugsweise 9 nm, wenn weißes Licht gefordert wird.

[0037] Die nachfolgende Tabelle I verdeutlicht schließlich einen Vergleich. Darin ist die Farbtonempfindlichkeit bei einer Dicke der DPVBi von 9 nm, bei einem Volumenverhältnis von 0,025 % und einer Weißlichtintensität von 100 cd/m² und 1000 cd/m² angegeben.

Tabelle I

Volumenverhältnis (%)	DPVBi-Dicke 14 (nm)	Intensität	
		100 cd/m ²	1000 cd/m ²
0,025	9	X=0.30 Y=0.37	X=0.30 Y=0.36

[0038] Aus der Tabelle I ist ersichtlich, daß die erhaltene Farbtonempfindlichkeit (X=0.30, Y=0.36) beträgt, die nahezu gleich ist der idealen Farbtonempfindlichkeit für weißes Licht, wie sie durch „Commission Internationale de l'Eclairage 1931" festgelegt worden ist. Das bedeutet, daß die erfindungsgemäße Ausführung ein perfektes weißes Licht erfolgreich realisiert.

[0039] Die oben angegebenen Ergebnisse werden bei einer Betriebsspannung von 2,5 V erhalten. Wenn die Betriebsspannung auf 9 V erhöht wird, beträgt die Intensität 8800 cd/m² und die maximale Wirksamkeit beträgt 5 lm/W.

[0040] Gemäß den obigen Erläuterungen schafft die vorliegende Erfindung eine weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung mittels einer Vorspannung anstelle von drei voneinander unabhängigen Treiberspannungen, um drei Primärfarben (Rot, Grün und Blau) zu emittieren, wobei der Herstellungsprozeß vereinfacht, die Größe der Vorrichtung reduziert und die Kosten erniedrigt sind. Die vorliegende Erfindung ist also fortschrittlich, vorteilhaft und industriell anwendbar.

[0041] Die Erfindung wurde oben in Verbindung mit bevorzugten Ausbildungen beschrieben, wobei die enthaltenen Prinzipien jedoch für eine Vielzahl anderer Ausbildungen geeignet ist, wie sie für einen Fachmann naheliegend sind. Die Erfindung ist deshalb nur durch den Umfang der nachfolgenden Ansprüche bestimmt.

Patentansprüche

1. Weißes Licht emittierende organische Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung (**40**) mit einem Substrat (**41**), einer Anode (**42**), die auf dem Substrat (**41**) ausgebildet ist, mindestens einer Löchertransportschicht (**44**), die auf der Anode (**42**) ausgebildet ist, mindestens einer Lumineszenzschicht (**45**), die auf der Löchertransportschicht (**44**) ausgebildet und die mit einem ersten Dotierungsmittel (**455**) dotiert ist, wobei das Volumenverhältnis des ersten Dotierungsmittels (**455**) zur Lumineszenzschicht (**45**) im Bereich zwischen 0,04 % und 0,01 % liegt, mindestens einer Elektronentransportschicht (**46**), die auf der Lumineszenzschicht (**45**) ausgebildet und die mit einem zweiten Dotierungsmittel (**465**) dotiert ist, und einer Kathode (**49**), die auf der Elektronentransportschicht (**46**) ausgebildet ist, wobei ein Licht eines ersten Frequenzbands durch das erste Dotierungsmittel (**455**), ein Licht eines zweiten Frequenzbands durch das zweite Dotierungsmittel (**465**) und ein Licht eines dritten Frequenzbands durch die Lumineszenzschicht (**45**) emittiert wird, wenn an die Vorrichtung (**40**) eine Spannung angelegt wird.

2. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumenverhältnis des

ersten Dotierungsmittels **(455)** zur Lumineszenzschicht **(45)** vorzugsweise 0,025 % beträgt.

3. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lumineszenzschicht **(45)** im Bereich zwischen 2 nm und 15 nm liegt.

4. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht des den Frequenzbands rotes Licht, das Licht des zweiten Frequenzbands grünes Licht und das Licht des dritten Frequenzbands blaues Licht ist.

5. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Dotierungsmittel **(455)** aus lumineszierendem Medium, phosphoreszierendem Medium oder einer Kombination dieser Medien zusammengesetzt ist.

6. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das lumineszierende Medium aus DCM₂, DCM₁, DCJTb, Coumarin 545T, Perylen oder einer Kombination derselben zusammengesetzt ist.

7. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Dotierungsmittel **(465)** aus lumineszierendem Medium, phosphoreszierendem Medium oder einer Kombination dieser Medien zusammengesetzt ist.

8. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das lumineszierende Medium aus C₆ zusammengesetzt ist.

9. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumenverhältnis des zweiten Dotierungsmittels **(465)** zur Elektronentransportschicht **(46)** im Bereich zwischen 0,05 % und 0,2 % liegt.

10. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lumineszenzschicht **(45)** aus DPVBi, Balq, PVK, Zn(ODZ)₂ oder einer Kombination derselben zusammengesetzt ist.

11. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Anode **(42)** und der Löchertransportschicht **(44)** eine Löcherimpfschicht **(43)** eingefügt ist.

12. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Elektronentransportschicht **(46)** und der Kathode **(49)** eine zweite Elektronentransportschicht **(47)** eingefügt ist, die als Deckschicht **(47)** vorgesehen ist.

13. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Elektronentransportschicht **(46)** und der Kathode **(49)** eine Elektronenimpfschicht **(48)** eingefügt ist.

14. Organische EL-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein transparentes Substrat **(41)** vorgesehen ist, das aus Kunststoff oder aus Glas besteht, auf dem die Anode **(42)** vorgesehen ist.

15. Verfahren zur Herstellung einer weißes Licht emittierenden organischen Elektrolumineszenz(EL)-Vorrichtung, das die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

Zurverfügungstellung eines Substrates **(41)**,

Ausbildung auf dem Substrat **(41)** aufeinanderfolgend eine Anode **(42)**, mindestens eine Löchertransportschicht **(44)**, mindestens eine Lumineszenzschicht **(45)**, mindestens eine Elektronentransportschicht **(46)**, und eine Kathode **(49)**,

Dotierung der Lumineszenzschicht **(45)** mit einem ersten Dotierungsmittel **(455)**, wobei das Volumenverhältnis des ersten Dotierungsmittels **(455)** zur Lumineszenzschicht **(45)** im Bereich zwischen 0,04 % und 0,01 % eingestellt wird, und

Dotierung der Elektronentransportschicht **(46)** mit einem zweiten Dotierungsmittel **(465)**, wobei durch das erste Dotierungsmittel **(455)** ein Licht eines ersten Frequenzbands emittiert wird, durch das zweite Dotierungsmittel **(465)** ein Licht eines zweiten Frequenzbands emittiert wird, und durch die Lumineszenzschicht **(45)** ein Licht eines dritten Frequenzbands emittiert wird, wenn an die Vorrichtung **(40)** eine Spannung angelegt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lumineszenzschicht **(45)** zur Emission

von blauem Licht aus DPVBi gebildet wird, daß das erste Dotierungsmittel (**455**) zur Emission von rotem Licht aus DCM₂ gebildet wird, und daß das zweite Dotierungsmittel (**465**) zur Emission von grünem Licht aus C₆ gebildet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Lumineszenzintensität des grünen Lichtes und des blauen Lichtes über das Verhältnis von DCM₂ zu DPVBi eingestellt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lumineszenzintensität des Lichtes des zweiten Frequenzbands und des Lichtes des dritten Frequenzbands über die Dicke der Lumineszenzschicht (**45**) eingestellt wird, wobei die Lumineszenzintensität des Lichtes des zweiten Frequenzbands schwächer und die Lumineszenzintensität des Lichtes des dritten Frequenzbands stärker wird, wenn die Dicke der Lumineszenzschicht (**45**) erhöht wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

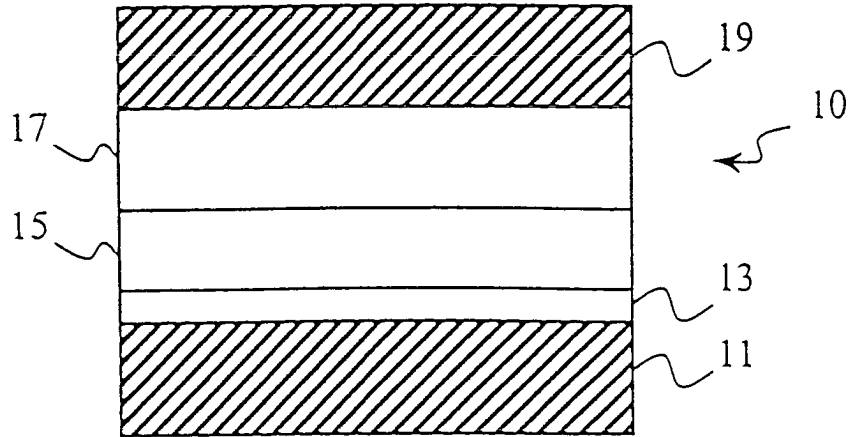


FIG. 1

Stand der Technik

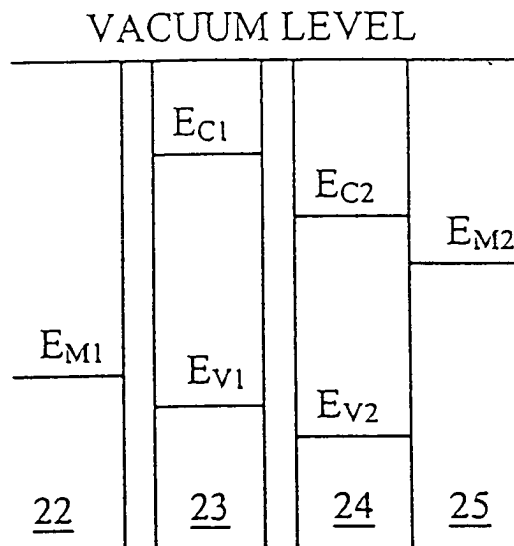


FIG. 2

Stand der Technik

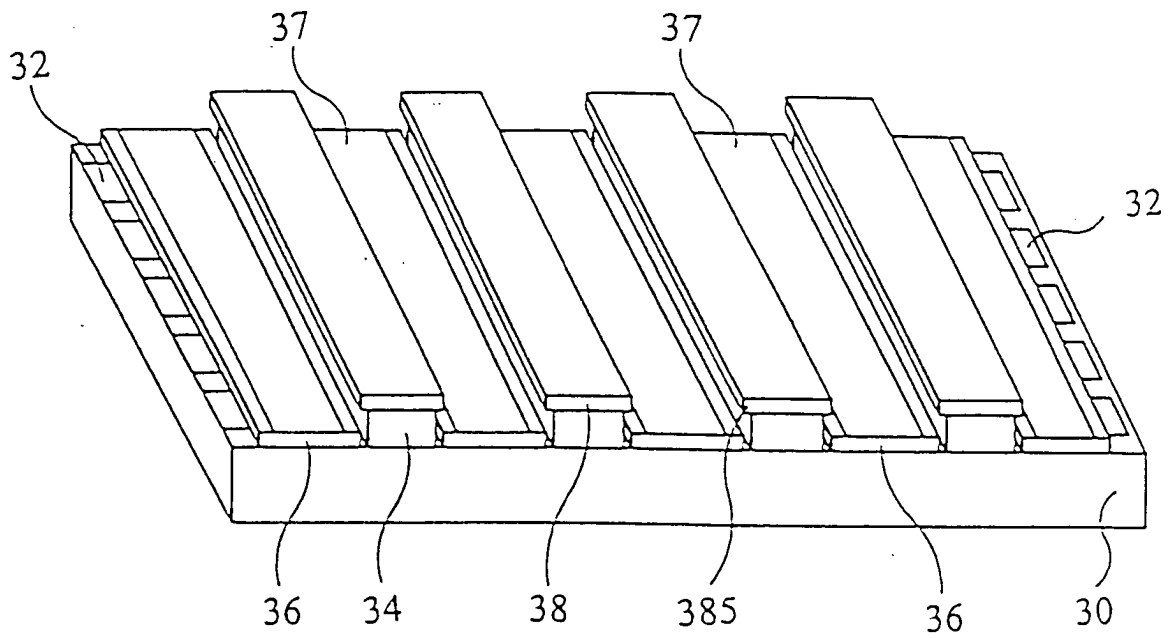


FIG. 3

Stand der Technik

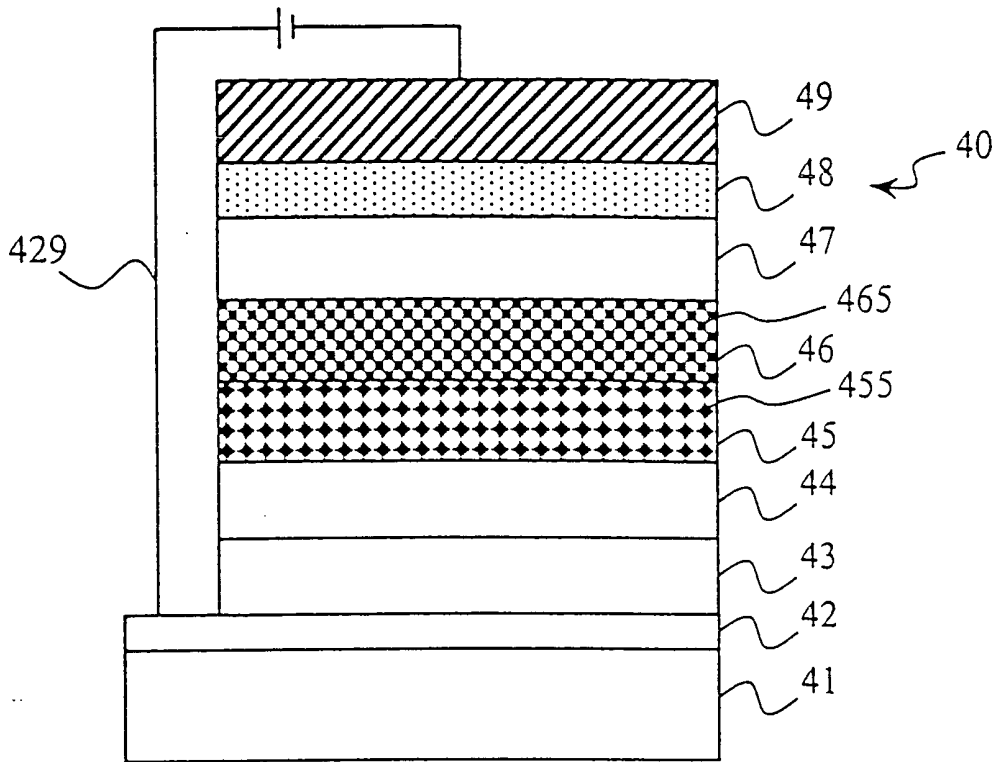


FIG. 4

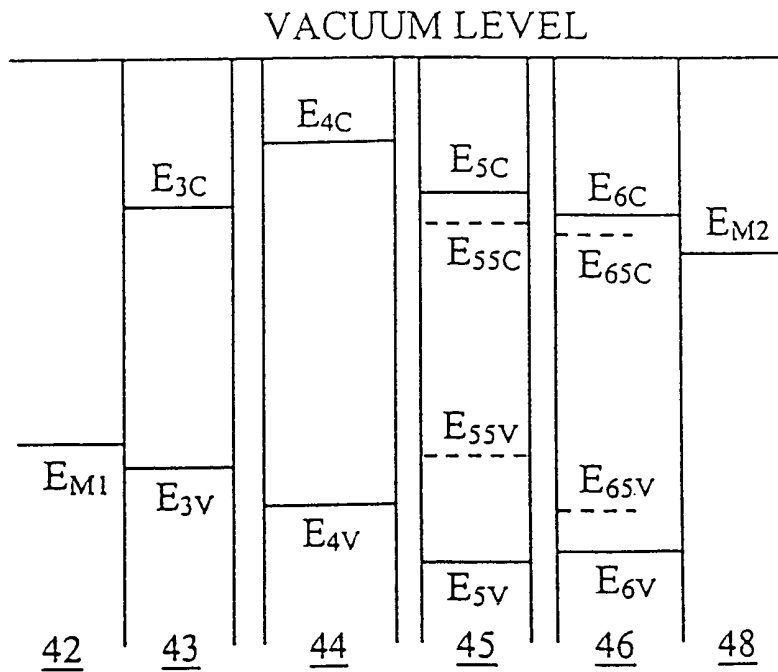


FIG. 5

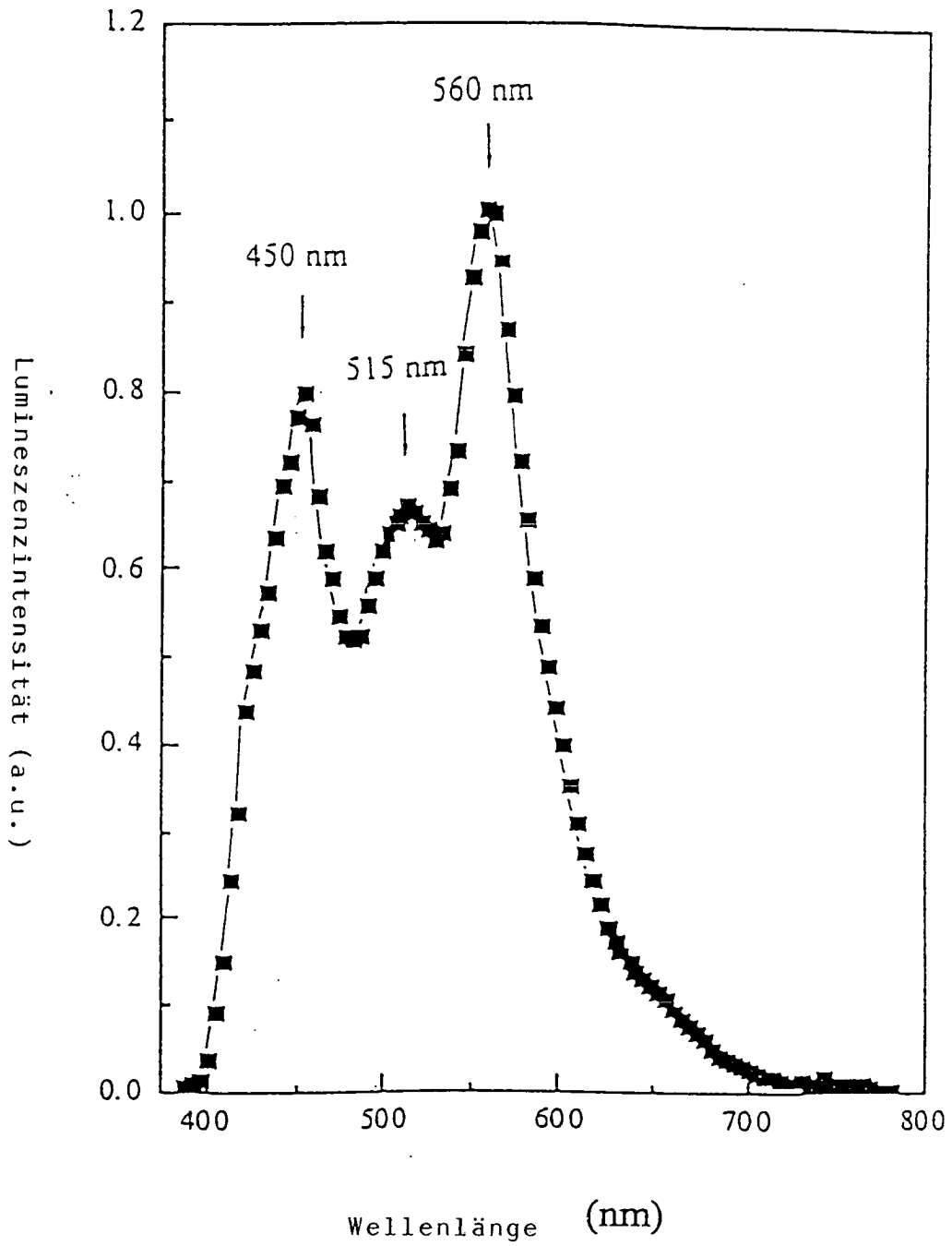


FIG. 6