

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-287691

(P2007-287691A)

(43) 公開日 平成19年11月1日(2007.11.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12 C	3K107
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	
H05B 33/10 (2006.01)	H05B 33/22 A	
	H05B 33/22 C	
	H05B 33/10	
審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全 20 頁)		

(21) 出願番号	特願2007-106378 (P2007-106378)	(71) 出願人	502032105
(22) 出願日	平成19年4月13日 (2007.4.13)		エルジー エレクトロニクス インコーポ
(31) 優先権主張番号	10-2006-0033463		レイティド
(32) 優先日	平成18年4月13日 (2006.4.13)		大韓民国, ソウル 150-721, ヨン
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		ドンボーク, ヨイドードン, 20
		(74) 代理人	100078282
			弁理士 山本 秀策
		(74) 代理人	100062409
			弁理士 安村 高明
		(74) 代理人	100113413
			弁理士 森下 夏樹
		最終頁に続く	

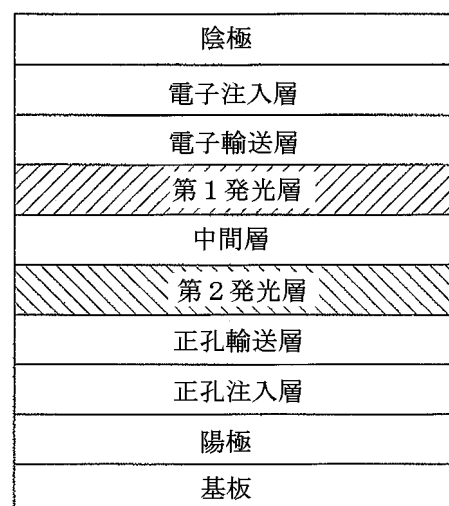
(54) 【発明の名称】 有機EL素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】発光層間の界面を安定化させることによって、色感、寿命及び効率などの素子特性が向上した有機EL素子及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含有する中間層を含む構成とした。本発明は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうちの少なくとも一物質を含有する中間層を含むことを特徴とする、有機EL素子を提供する。本発明はまた、基板上に第1電極を形成する段階と、前記第1電極上に、複数の発光層と、前記発光層の間に正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層を形成する段階と、前記発光層上に、第2電極を形成する段階と、を具備することを特徴とする、有機EL素子製造方法を提供する。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうちの少なくとも一物質を含有する中間層を含むことを特徴とする、有機 E L 素子。

【請求項 2】

前記中間層を含む有機 E L 素子は、白色発光をする白色発光素子であることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 3】

前記中間層を含む有機 E L 素子は、駆動電圧を 2 V 以上とし、ターンオン電圧を 1 V 以上とし、輝度は 30 cd/m^2 以上であることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

10

【請求項 4】

前記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 1 層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第 2 層とで構成され、前記第 1 層と第 2 層は、第 1 層 / 第 2 層の順に積層される、または、第 2 層 / 第 1 層の順に積層されることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 5】

前記第 1 層と第 2 層の厚さの比は、第 1 層 X : 第 2 層 Y = 1 ~ 100 : 1 である、または、第 1 層 X : 第 2 層 Y = 1 : 1 ~ 100 であることを特徴とする、請求項 4 に記載の有機 E L 素子。

20

【請求項 6】

前記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 7】

前記混合物の組成比は、正孔抑制性質を持つ物質 X : 電子抑制性質を持つ物質 Y = 1 ~ 100 : 1 である、または、正孔抑制性質を持つ物質 X : 電子抑制性質を持つ物質 Y = 1 : 1 ~ 100 であることを特徴とする、請求項 6 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 8】

前記中間層の厚さは、0.1 ~ 100 nm であることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

30

【請求項 9】

前記正孔抑制性質を持つ物質は、HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) の絶対値が 5.2 eV 以上であり、前記電子抑制性質を持つ物質は、LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) の絶対値が 3.3 eV 以下であることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 10】

前記正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の 1, 10 - フェナトロリン誘導体である、または、置換または非置換のカルバゾール誘導体であることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

40

【請求項 11】

前記正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の 8 - ハイドロキシキノリンを含む金属錯体であり、前記金属は、アルミニウム (Al)、亜鉛 (Zn)、マグネシウム (Mg)、リチウム (Li) から選ばれることを特徴とする、請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 12】

前記正孔抑制性質を持つ物質は、Balq (aluminum (III) bis (2-methyl-8-quinolinato) 4-phenylphenolate)、BCP (2, 9-Dimethyl-4, 7-diphenyl-1, 10-phenanthroline)、CBP [4, 4'-N, N'-dicarbazole-1, 1

50

8 - biphenyl]、CF - X、CF - Yから選ばれることを特徴とする、請求項1に記載の有機EL素子。

【請求項13】

前記電子抑制性質を持つ物質は、芳香族または脂肪族3級アミンから選ばれることを特徴とする、請求項1に記載の有機EL素子。

【請求項14】

前記電子抑制性質を持つ物質は、NPD(4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl)、mCP(N,N'-dicarbazoyl-3,5-benzene)、MPMP(bis[4-(N,N-diethylamino)-2-methylphenyl](4-methylphenyl)methane)から選ばれることを特徴とする、請求項1に記載の有機EL素子。 10

【請求項15】

前記正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質は、無機化合物であることを特徴とする、請求項1に記載の有機EL素子。

【請求項16】

前記無機化合物は、アルカリ金属化合物、アルカリ土金属化合物、土金属化合物、ランタニド化合物から選ばれることを特徴とする、請求項15に記載の有機EL素子。

【請求項17】

前記無機化合物は、LiF、NaF、KF、RbF、CsF、FrF、MgF₂、CaF₂、SrF₂、BaF₂、LiCl、NaCl、KCl、RbCl、CsCl、FrClのハライド化合物と、Li₂O、Li₂O₂、Na₂O、K₂O、Rb₂O、Cs₂O、Cs₂O₂、LiAlO₂、LiBO₂、LiTaO₃、LiNbO₃、LiWO₄、Li₂CO₃、NaWO₄、KAlO₂、K₂SiO₃、B₂O₅、Al₂O₃、SiO₂の酸化物から選ばれることを特徴とする、請求項15に記載の有機EL素子。 20

【請求項18】

陽極と陰極との間に複数の発光層を含む積層構造を持つ有機EL素子において、前記複数の発光層の間に、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層が形成されることを特徴とする、有機EL素子。 30

【請求項19】

前記中間層は、前記発光層の間ごとにそれぞれ形成される、または、前記発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ形成されることを特徴とする、請求項18に記載の有機EL素子。

【請求項20】

前記中間層と発光層との間には、緩衝層がさらに形成されることを特徴とする、請求項18に記載の有機EL素子。

【請求項21】

前記緩衝層と隣接した中間層は、前記正孔抑制性質を持つ物質と前記電子抑制性質を持つ物質が無機化合物からなることを特徴とする、請求項18に記載の有機EL素子。 40

【請求項22】

前記陽極と発光層との間には、正孔注入層、正孔輸送層のうち少なくとも一層が形成されることを特徴とする、請求項18に記載の有機EL素子。

【請求項23】

前記陰極と発光層との間には、電子注入層、電子輸送層のうち少なくとも一層が形成されることを特徴とする、請求項18に記載の有機EL素子。

【請求項24】

前記発光層は、燐光物質を含むことを特徴とする、請求項18に記載の有機EL素子。

【請求項25】

前記陽極、陰極のうち少なくとも一つは、透明な物質であることを特徴とする、請求項 50

18に記載の有機EL素子。

【請求項26】

基板上に第1電極を形成する段階と、

前記第1電極上に、複数の発光層と、前記発光層の間に正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層を形成する段階と、

前記発光層上に、第2電極を形成する段階と、

を具備することを特徴とする、有機EL素子製造方法。

【請求項27】

前記中間層を形成する段階において、前記発光層の間ごとにそれぞれ前記中間層を形成する、または、前記発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ前記中間層を形成することを特徴とする、請求項26に記載の有機EL素子製造方法。

10

【請求項28】

前記中間層を形成する段階において、前記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第1層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第2層とで構成され、前記第1層と第2層は、第1層/第2層の順に積層する、または、第2層/第1層の順に積層することを特徴とする、請求項26に記載の有機EL素子製造方法。

【請求項29】

前記中間層を形成する段階において、前記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなることを特徴とする、請求項26に記載の有機EL素子製造方法。

20

【請求項30】

前記第1電極と前記発光層との間には、正孔注入層、正孔輸送層のうち少なくとも一つを形成することを特徴とする、請求項26に記載の有機EL素子製造方法。

【請求項31】

前記第2電極と前記発光層との間には、電子注入層、電子輸送層のうち少なくとも一つを形成することを特徴とする、請求項26に記載の有機EL素子製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機EL素子に係り、特に、白色有機EL素子及びその製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

一般に、有機EL素子は、ITOなどからなる陽極(anode)とAlなどからなる陰極(cathode)との間に有機物層をその機能別に積層して電場を加えることによって光を出す素子で、低い電圧で駆動可能であるほか、電力消耗が比較的少なく且つ軽いだけでなく、柔軟な(flexible)基板上にも素子製作が可能であるという利点を有する。

【0003】

有機EL素子のうち、白色有機EL素子は、1980年代末ごろから研究し始まってきたもので、近年、有機ELディスプレイとバックライトなどに用いられる有機EL光源、有機EL照明などに応用される可能性が高いことから大きく脚光を浴びている。

40

【0004】

白色有機EL素子は、色純度、色安全性、電流及び電圧による色の安定性などの光特性、発光効率、寿命、製造の容易性などの要件を充足するための多様な方式が開発されている。

【0005】

白色有機EL素子の発光方式は、図1Aに示すように、一つの発光層で白色を具現する単層発光方式と、図1Bに示すように、複数の発光層からの各色の垂直組合によって白色を具現する多層発光方式と、図1Cに示すように、青色発光層で具現された青色光が蛍光体に照射されて色に変換するもので、青色及び蛍光体の赤色などの組合によって白色を具

50

現する色変換方式と、図 1 D に示すように、波長を変化させるマイクロキャビティ (M i c r o c a v i t y) 方式と、図 1 E に示すように、それぞれの赤色、緑色、青色有機 E L 素子ユニットを垂直に積層させる積層方式などがある。

【 0 0 0 6 】

なかでも、最も広く用いられる方式は、複数の層から発光が起き、各色の垂直組合によって白色を具現する多層発光方式である。

【 0 0 0 7 】

図 2 は、既存の多層発光方式を持つ白色有機 E L 素子を示す図であり、図 2 に示すように、陽極と陰極との間に第 1 発光層と第 2 発光層が形成されている。

【 0 0 0 8 】

ここで、陽極と陰極との間には、電子注入層、電子輸送層、正孔注入層、正孔輸送層などがさらに形成されても良いが、これらの機能層が発光に参入しない場合には省略しても良い。

【 0 0 0 9 】

このような多層発光方式の白色有機 E L 素子において、所望の白色の色座標を具現し、効率と寿命を増加させるためには、各層間の界面、特に発光層間の界面が安定化することが重要である。

【 0 0 1 0 】

すなわち、発光層における電荷バランス及び電荷分布が所望の白色色感の具現に最も大きく影響する。

【 0 0 1 1 】

特に、熱処理が必要な場合、発光層間の原子及び分子拡散による色感の変化を防止することが素子の特性向上においてより重要な要件とされる。

【 0 0 1 2 】

そこで、白色有機 E L 素子の色感、寿命及び効率などの特性を増加させるために多くの研究が行われてきているが、未だ満足すべき研究成果を収めていない現状にある。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 3 】

本発明は上記の問題点を達成するためのもので、その目的は、発光層間の界面を安定化させることによって、色感、寿命及び効率などの素子特性が向上した有機 E L 素子及びその製造方法を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

本発明に係る有機 E L 素子は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうちの少なくとも一物質を含有する中間層を含むことができる。

【 0 0 1 5 】

ここで、中間層を含む有機 E L 素子は、白色発光をする白色発光素子でありうる。

【 0 0 1 6 】

そして、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 1 層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第 2 層とで構成され、第 1 層と第 2 層は、第 1 層 / 第 2 層の順に積層される、または、第 2 層 / 第 1 層の順に積層されることができ、第 1 層と第 2 層の厚さの比は、第 1 層 X : 第 2 層 Y = 1 ~ 1 0 0 : 1 である、または、第 1 層 X : 第 2 層 Y = 1 : 1 ~ 1 0 0 でありうる。

【 0 0 1 7 】

また、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなることができ、混合物の組成比は、正孔抑制性質を持つ物質 X : 電子抑制性質を持つ物質 Y = 1 ~ 1 0 0 : 1 である、または、正孔抑制性質を持つ物質 X : 電子抑制性質を持つ物質 Y = 1 : 1 ~ 1 0 0 でありうる。

【 0 0 1 8 】

10

20

30

40

50

そして、中間層の厚さは、 $0.1 \sim 100 \text{ nm}$ であることが好ましく、正孔抑制性質を持つ物質は、HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) の絶対値が 5.2 eV 以上であり、電子抑制性質を持つ物質は、LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) の絶対値が 3.3 eV 以下でありうる。

【0019】

ここで、正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の1,10-フェナトロリン誘導体である、または、置換または非置換のカルバゾール誘導体であり、電子抑制性質を持つ物質は、芳香族または脂肪族3級アミンから選ばれることができる。

【0020】

本発明に係る有機EL素子は、陽極と陰極との間に複数の発光層を含む積層構造を持ち、複数の発光層の間に、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層が形成されることができる。

【0021】

ここで、中間層は、発光層の間ごとにそれぞれ形成される、または、発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ形成されることができる。

【0022】

そして、中間層と発光層との間には、緩衝層がさらに形成されることができ、緩衝層と隣接した中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質が無機化合物からなることができる。

【0023】

本発明に係る有機EL素子製造方法は、基板上に第1電極を形成する段階と、第1電極上に、複数の発光層と、発光層の間に正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層を形成する段階と、発光層上に、第2電極を形成する段階と、を具備することができる。

【0024】

中間層を形成する段階において、発光層の間ごとにそれぞれ中間層を形成する、または、発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ中間層を形成することができる。

【0025】

そして、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第1層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第2層とで構成され、第1層と第2層は、第1層/第2層の順に積層する、または、第2層/第1層の順に積層することができ、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなっても良い。

【0026】

上記課題を解決するために、本発明は、以下の項目を提供する。

(項目1)

正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうちの少なくとも一物質を含有する中間層を含むことを特徴とする、有機EL素子。

(項目2)

上記中間層を含む有機EL素子は、白色発光をする白色発光素子であることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目3)

上記中間層を含む有機EL素子は、駆動電圧を 2 V 以上とし、ターンオン電圧を 1 V 以上とし、輝度は 30 cd/m^2 以上であることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目4)

上記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第1層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第2層とで構成され、上記第1層と第2層は、第1層/第2層の順に積層される、または、第2層/第1層の順に積層されることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

10

20

30

40

50

(項目5)

上記第1層と第2層の厚さの比は、第1層X：第2層Y = 1 ~ 100 : 1である、または、第1層X：第2層Y = 1 : 1 ~ 100であることを特徴とする、項目4に記載の有機EL素子。

(項目6)

上記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目7)

上記混合物の組成比は、正孔抑制性質を持つ物質X：電子抑制性質を持つ物質Y = 1 ~ 100 : 1である、または、正孔抑制性質を持つ物質X：電子抑制性質を持つ物質Y = 1 : 1 ~ 100であることを特徴とする、項目6に記載の有機EL素子。

(項目8)

上記中間層の厚さは、0.1 ~ 100 nmであることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目9)

上記正孔抑制性質を持つ物質は、HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) の絶対値が5.2 eV以上であり、上記電子抑制性質を持つ物質は、LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) の絶対値が3.3 eV以下であることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目10)

上記正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の1,10-フェナトロリン誘導体である、または、置換または非置換のカルバゾール誘導体であることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目11)

上記正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の8-ハイドロキシキノリンを含む金属錯体であり、上記金属は、アルミニウム (Al)、亜鉛 (Zn)、マグネシウム (Mg)、リチウム (Li) から選ばれることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目12)

上記正孔抑制性質を持つ物質は、Balq (aluminum(III)bis(2-methyl-8-quinolinato)4-phenylphenolate)、BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline)、CBP [4,4'-N,N'-dicarbazole-1,18-biphenyl]、CF-X、CF-Yから選ばれることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目13)

上記電子抑制性質を持つ物質は、芳香族または脂肪族3級アミンから選ばれることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目14)

上記電子抑制性質を持つ物質は、NPD (4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl)、mCP (N,N'-dicarbazolyl-3,5-benzene)、MPMP (bis[4-(N,N-diethylamino)-2-methylphenyl](4-methylphenyl)methane) から選ばれることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目15)

上記正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質は、無機化合物であることを特徴とする、項目1に記載の有機EL素子。

(項目16)

上記無機化合物は、アルカリ金属化合物、アルカリ土金属化合物、土金属化合物、ラン

タニド化合物から選ばれることを特徴とする、項目 15 に記載の有機 E L 素子。

(項目 17)

上記無機化合物は、 LiF 、 NaF 、 KF 、 RbF 、 CsF 、 FrF 、 MgF_2 、 CaF_2 、 SrF_2 、 BaF_2 、 LiCl 、 NaCl 、 KCl 、 RbCl 、 CsCl 、 FrCl のハライド化合物と、 Li_2O 、 Li_2O_2 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Rb_2O_2 、 Cs_2O 、 Cs_2O_2 、 LiAlO_2 、 LiBO_2 、 LiTaO_3 、 LiNbO_3 、 LiWO_4 、 Li_2CO 、 NaWO_4 、 KAlO_2 、 K_2SiO_3 、 B_2O_5 、 Al_2O_3 、 SiO_2 の酸化物から選ばれることを特徴とする、項目 15 に記載の有機 E L 素子。

(項目 18)

陽極と陰極との間に複数の発光層を含む積層構造を持つ有機 E L 素子において、

上記複数の発光層の間に、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層が形成されることを特徴とする、有機 E L 素子。

(項目 19)

上記中間層は、上記発光層の間ごとにそれぞれ形成される、または、上記発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ形成されることを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 20)

上記中間層と発光層との間には、緩衝層がさらに形成されることを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 21)

上記緩衝層と隣接した中間層は、上記正孔抑制性質を持つ物質と上記電子抑制性質を持つ物質が無機化合物からなることを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 22)

上記陽極と発光層との間には、正孔注入層、正孔輸送層のうち少なくとも一層が形成されることを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 23)

上記陰極と発光層との間には、電子注入層、電子輸送層のうち少なくとも一層が形成されることを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 24)

上記発光層は、燐光物質を含むことを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 25)

上記陽極、陰極のうち少なくとも一つは、透明な物質であることを特徴とする、項目 18 に記載の有機 E L 素子。

(項目 26)

基板上に第 1 電極を形成する段階と、

上記第 1 電極上に、複数の発光層と、上記発光層の間に正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含む中間層を形成する段階と、

上記発光層上に、第 2 電極を形成する段階と、
を具備することを特徴とする、有機 E L 素子製造方法。

(項目 27)

上記中間層を形成する段階において、上記発光層の間ごとにそれぞれ上記中間層を形成する、または、上記発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ上記中間層を形成することを特徴とする、項目 26 に記載の有機 E L 素子製造方法。

(項目 28)

上記中間層を形成する段階において、上記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 1 層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第 2 層とで構成され、上記第 1 層と第 2 層は、第 1 層 / 第 2 層の順に積層する、または、第 2 層 / 第 1 層の順に積層することを特徴とする、項目 26 に記載の有機 E L 素子製造方法。

(項目 29)

上記中間層を形成する段階において、上記中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑

10

20

30

40

50

制性質を持つ物質とが混合された混合物からなることを特徴とする、項目 26 に記載の有機 EL 素子製造方法。

(項目 30)

上記第 1 電極と上記発光層との間には、正孔注入層、正孔輸送層のうち少なくとも一つを形成することを特徴とする、項目 26 に記載の有機 EL 素子製造方法。

(項目 31)

上記第 2 電極と上記発光層との間には、電子注入層、電子輸送層のうち少なくとも一つを形成することを特徴とする、項目 26 に記載の有機 EL 素子製造方法。

【発明の効果】

【0027】

本発明に係る有機 EL 素子及びその製造方法によれば、正孔抑制物質と電子輸送物質のうちの少なくとも一物質を含む中間層を発光層の間に挿入するため、素子の寿命、色感及び効率を大きく向上させることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、添付図面を参照しつつ、本発明の好適な実施例について詳細に説明する。

【0029】

一般に、有機 EL 素子は、陰極と陽極から注入された電子と正孔が、発光層内で再結合 (recombination) して励起子 (exciton) を形成することによって、特定の波長の光を発生する。

【0030】

効率的な有機 EL 素子の構造は、陽極と発光層との間に正孔輸送層を挿入し、陰極と発光層間に電子輸送層を挿入した構造である。

【0031】

この構造は、再結合による発光領域が発光層内に制限されるので効率が高い。

【0032】

また、最適の発光効率を得るためには、発光層に注入されたキャリア (Carrier) が発光層の中心で励起するように正孔と電子をバランスさせることも重要である。

【0033】

このためには、正孔輸送層と電子輸送層の輸送能力を考慮して積層された各層の厚さを調節すると良く、これによって最適の光効率が得られる。

【0034】

一般に、有機 EL 素子は、順方向電圧が印加されると、陽極である ITO 電極では正孔が発光層に注入され、陰極では電子が発光層に注入され、発光層で正孔と電子が再結合して光を出す。

【0035】

したがって、有機 EL 素子の内部量子効率は、外部電極から注入された電荷数に対して素子内部で発生した光子数の割合で示され、内部量子効率 (η_{int}) $\eta_{int} = \gamma \eta_r \eta_f$ となる。

【0036】

ここで、 γ は、電子と正孔注入のバランスに関する因子であり、 η_r は電子 - 正孔再結合による 1 重項励起子の生成効率であり、 η_f は 1 重項励起子の発光量子効率である。

【0037】

燐光または蛍光有機 EL 素子において最大の効率を得るためには、電子と正孔注入がバランスしなければならず、このようなバランス因子、すなわち、 γ は、充電バランス因子 (charge balance factor) とも呼ばれる。

【0038】

一般の有機 EL 素子では大部分の場合、電子 (electron) よりも正孔 (hole) の数が過度に発光層に注入される。

【0039】

10

20

30

40

50

この場合には効率が落ちるが、これを防ぐために発光層内に注入される正孔を抑制すると、大部分の場合、I - Vカーブ (c u r v e) で電圧 (v o l t a g e) が上昇してしまう。

【 0 0 4 0 】

一般に、緑色ドパント (G r e e n d o p a n t) である場合、H O M O の絶対値は約 5 . 2 e V であり、赤色ドパント (R e d d o p a n t) である場合、H O M O の絶対値は約 5 e V であり、青色 (B l u e) ドパントである場合、H O M O の絶対値は約 5 . 1 e V 以上である。

【 0 0 4 1 】

したがって、正孔抑制物質 (h o l e b l o c k i n g m a t e r i a l) は、H O M O の絶対値が約 5 . 2 e V 以上の物質が用いられ、正孔 (h o l e) 及び発光層内で形成された励起子 (e x c i t o n) を遮断 (b l o c k i n g) する役割を担う。

【 0 0 4 2 】

本発明は、白色有機 E L 素子 (W O L E D) を具現するための技術のうち、最も広く用いられる方式とする。

【 0 0 4 3 】

すなわち、本発明は複数の層で発光が起き、各色の垂直組合によって白色を具現する多層発光方式とし、発光層間にキャリア移動抑制性質を持つ中間層を挿入することによって、効率、寿命及び色感などの特性を向上させることができる。

【 0 0 4 4 】

本発明による白色有機 E L 素子は、陽極と陰極との間に複数の発光層を含む積層構造を持つ。

【 0 0 4 5 】

そして、複数の発光層間には中間層が形成され、該中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくともいずれか一物質を含む。

【 0 0 4 6 】

ここで、中間層は、発光層の間ごとにそれぞれ形成される、または、発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ形成される。

【 0 0 4 7 】

また、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 1 層と、電子抑制性質を持つ物質からなる第 2 層とで構成され、第 1 層と第 2 層は、第 1 層 / 第 2 層の順に積層される、または、第 2 層 / 第 1 層の順に積層される。

【 0 0 4 8 】

このとき、積層された第 1 層と第 2 層の厚さ比は、第 1 層 X : 第 2 層 Y = 1 ~ 1 0 0 : 1 である、または、第 1 層 X : 第 2 層 Y = 1 : 1 ~ 1 0 0 である。

【 0 0 4 9 】

場合によって、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなっても良い。

【 0 0 5 0 】

この場合、混合物の組成比は、正孔抑制性質を持つ物質 X : 電子抑制性質を持つ物質 Y = 1 ~ 1 0 0 : 1 である、または、正孔抑制性質を持つ物質 X : 電子抑制性質を持つ物質 Y = 1 : 1 ~ 1 0 0 である。

【 0 0 5 1 】

そして、中間層の厚さは略 0 . 1 ~ 1 0 0 n m であることが好ましい。

【 0 0 5 2 】

一方、中間層において、抑制性質を持つ物質は、H O M O (H i g h e s t O c c u p i e d M o l e c u l a r O r b i t a l) の絶対値が 5 . 2 e V 以上であり、電子抑制性質を持つ物質は、L U M O (L o w e s t U n o c c u p i e d M o l e c u l a r O r b i t a l) の絶対値が 3 . 3 e V 以下であることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の1,10-フェナトロリン(1,10-phenanthroline)誘導体である、または、置換または非置換のカルバゾール誘導体である。また、正孔抑制性質を持つ物質は、置換または非置換の8-ヒドロキシキノリン(8-hydroxyquinoline)を含む金属錯体であっても良い。

【0054】

ここで、金属錯体の金属は、アルミニウム(Al)、亜鉛(Zn)、マグネシウム(Mg)、リチウム(Li)などから選ばれると良い。

【0055】

また、正孔抑制性質を持つ物質は、Balq(aluminum(III)bis(2-methyl-8-quinolinato)4-phenylphenolate) 10
、BCP(2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline)、CBP[4,4'-N,N'-dicarbazole-1,18-biphenyl]、CF-X、CF-Yなどから選ばれると良い。

【0056】

そして、電子抑制性質を持つ物質は、芳香族または脂肪族3級アミンから選ばれると良い。

【0057】

すなわち、電子抑制性質を持つ物質は、NPD(4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl)、mCP(N,N'-dicarbazolyl-3,5-benzene)、MPMP(bis[4-(N,N-diethylamino)-2-methylphenyl](4-methylphenyl)methane) 20
などから選ばれると良い。

【0058】

また、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質は、無機化合物であっても良い。

【0059】

ここで、無機化合物は、アルカリ金属化合物、アルカリ土金属化合物、土金属化合物、ランタニド化合物などから選ばれることができる。

【0060】

すなわち、無機化合物は、LiF、NaF、KF、RbF、CsF、FrF、MgF₂ 30
、CaF₂、SrF₂、BaF₂、LiCl、NaCl、KCl、RbCl、CsCl、FrClなどのハライド化合物と、Li₂O、Li₂O₂、Na₂O、K₂O、Rb₂O、Rb₂O₂、Cs₂O、Cs₂O₂、LiAlO₂、LiBO₂、LiTaO₃、LiNbO₃、LiWO₄、Li₂CO₃、NaWO₄、KAlO₂、K₂SiO₃、B₂O₅、Al₂O₃、SiO₂などの酸化物から選ばれることができる。

【0061】

本発明は、中間層と発光層との間に緩衝層をさらに含んで形成しても良い。

【0062】

ここで、緩衝層と隣接した中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質が無機化合物からなることができる。 40

【0063】

また、本発明は、陽極と発光層との間に、正孔注入層、正孔輸送層のうちの少なくとも一層が形成されても良く、陰極と発光層との間に電子注入層、電子輸送層のうちの少なくとも一層が形成されても良い。

【0064】

そして、発光層は、燐光物質を含んでも良く、陽極、陰極のうちの少なくとも一つは透明な物質にしても良い。

【0065】

このように構成される本発明による有機EL素子は、次のように製作される。

【0066】

まず、基板上に第 1 電極を形成し、第 1 電極上に複数の発光層を形成する。

【0067】

ここで、発光層の形成時に、発光層の間には、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質を含む中間層を形成する。

【0068】

続いて、発光層上に第 2 電極を形成することによって、白色有機 EL 素子の製作を完了する。

【0069】

ここで、中間層の形成時に、発光層の間ごとにそれぞれ中間層を形成する、または、発光層の間のうちいずれか一箇所にのみ中間層を形成する。

10

【0070】

そして、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 1 層を形成し、第 1 層上に、電子抑制性質を持つ物質からなる第 2 層を積層して形成する、または、電子抑制性質を持つ物質からなる第 2 層を形成し、第 2 層上に、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 1 層を積層して形成する。

【0071】

また、中間層は、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなっても良い。

【0072】

場合によって、第 1 電極と発光層との間に、正孔注入層、正孔輸送層のうち少なくとも一つをさらに形成しても良く、第 2 電極と発光層との間に電子注入層、電子輸送層のうち少なくとも一つをさらに形成しても良い。

20

【0073】

図 3 乃至図 6 は、本発明第 1 乃至第 4 実施例による有機 EL 素子を示す構造断面図である。

【0074】

本発明の第 1 実施例は、図 3 に示すように、基板上に、陽極、正孔注入層、正孔輸送層、第 2 発光層、中間層、第 1 発光層、電子輸送層、電子注入層、及び陰極が順次形成された構造とする。

【0075】

30

本発明の第 1 実施例は、第 1 発光層と第 2 発光層との間に中間層が形成されている。

【0076】

ここで、中間層には、上述したように、正孔抑制物質と電子抑制物質のうち少なくとも一物質が含まれている。

【0077】

したがって、中間層は、第 1 及び第 2 発光層のキャリア移動を抑えることによって、素子の効率、寿命及び色感などの特性を向上させることができる。

【0078】

本発明の第 2 実施例は、図 4 に示すように、2 つの中間層が積層された構造とした。

【0079】

40

すなわち、正孔抑制性質を持つ物質からなる第 2 中間層は、第 2 発光層上に形成され、電子抑制性質を持つ物質からなる第 1 中間層は、第 2 中間層上に形成される。

【0080】

場合によって、第 2 中間層は第 1 中間層上に形成されても良い。

【0081】

本発明の第 3 実施例は、図 5 に示すように、正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質とが混合された混合物からなる混合中間層が、第 1 発光層と第 2 発光層との間に形成される。

【0082】

本発明の第 4 実施例は、図 6 に示すように、中間層と発光層との間に緩衝層をさらに形

50

成する構造とした。

【 0 0 8 3 】

本発明の第 4 実施例では、中間層が無機化合物からなる。

【 0 0 8 4 】

すなわち、中間層における正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質が無機化合物からなる場合である。

【 0 0 8 5 】

このように、中間層と発光層との間に緩衝層を置くと、キャリア移動抑制効果をより高めることができる。

【 0 0 8 6 】

上記のように様々な構造で製作される本発明による有機 E L 素子の特性について述べる。

【 0 0 8 7 】

例 1 .

【 0 0 8 8 】

【表 1】

【表 1】

構造	Volt (V)	MA/cm ²	Cd/A	Cd/m ²	CIE _x	CIE _y
Blue/Red	6.1	10	5.7	570	0.314	0.273
Blue/BAIq/Red	6.3	10	7.2	724	0.310	0.275

上記の表 1 は、下記のように 2 つの発光層 (E M L) を用いて具現した白色有機 E L 素子の I V L 特性を表したものである。

【 0 0 8 9 】

【数 1】

ITO / CuPC / NPD / DPVBi / Alq3+dcjtb / Alq3 / LiF / Al
1500 100 600 150 200(0.7%) 350 5 1000

ここで、2 つの発光層、すなわち、青色発光層は D P V B i を使用し、赤色発光層は A l q 3 に D C J T B を 0 . 7 % ドーピング (d o p i n g) した物質を使用することによって、白色発光を具現した。

【 0 0 9 0 】

赤色発光層の厚さは、約 2 0 0 と固定し、青色発光層の厚さは変化させながら素子の効率及び色座標などを観察した。

【 0 0 9 1 】

その結果、青色発光層の厚さが約 1 5 0 において最も高い効率である 5 . 7 C d / A (a t 1 0 m A / c m ²) が得られ、このときの白色に対する色座標は、 $x = 0 . 3 1 4$ 、 $y = 0 . 2 7 3$ であった。

【 0 0 9 2 】

また、青色発光層の厚さを約 1 5 0 とし、赤色発光層の厚さを約 2 0 0 とした白色有機 E L 素子で、発光層間に B A l q からなる中間層を約 2 5 の厚さに形成して製作した。

【 0 0 9 3 】

【数 2】

ITO / CuPC / NPD / DPVBi / BA1q / Alq3+dcjtb / Alq3 / LiF / Al
1500 100 600 150 25 200(0.7%) 350 5 1000

上記素子構造では約 2 6 % の効率増加が得られた。

【 0 0 9 4 】

そして、電流密度 10 mA/cm^2 で約 7.2 Cd/A が得られ、色座標は $x = 0.310$ 、 $y = 0.275$ であった。

【0095】

図7は、上記表1のIVL特性を表す素子の寿命を示すグラフである。

【0096】

図7に示すように、BA1q中間層を持つ構造が、効率面では向上したが、寿命が減少したことがわかる。

【0097】

例2.

【0098】

【表2】

【表2】

構造	Volt(V)	mA/cm ²	Cd/A	Cd/m ²	CIE _x	CIE _y
(a)Blue/BA1q/Red	6.4	10	7.3	724	0.309	0.275
(b)Blue/NPD/BA1q/Red	6.7	10	6.2	622	0.321	0.279
(c)Blue/NPD+BA1q/Red	6.2	10	7.1	712	0.304	0.282

10

上記表2では、青色発光層をDPVBiとし、赤色発光層を、Alq3にDCJTBを0.7%ドーピング(doping)した物質とした。

【0099】

そして、これらの2発光層の間に中間層を挿入して製造した白色有機EL素子のIVL特性分析結果を表した。

20

【0100】

ここで、本発明の白色有機EL素子は、青色発光層を約200の厚さに形成し、赤色発光層を約150に形成することによって、中間層使用時に変化する色座標を補正した。

【0101】

そして、中間層は、BA1q単独層、NPD/BA1qの積層構造、そしてNPDとBA1qとの混合物層を約50の厚さとしてそれぞれ使用した。

(a)Blue/BA1q/Red

30

(b)Blue/NPD/BA1q/Red

(c)Blue/NPD+BA1q/Red。

【0102】

中間層としてBA1q単独層を使用した構造では、上記の例1と略同様に、約 7.3 Cd/A ($\text{at } 10 \text{ mA/cm}^2$) の効率を示し、電圧は約 6.4 V 、色座標は $x = 0.309$ 、 $y = 0.275$ だった。

【0103】

そして、中間層としてNPD/BA1qの積層構造を使用した構造では、効率がBA1q単独層の構造よりも相対的に低い約 6.2 Cd/A ($\text{at } 10 \text{ mA/cm}^2$) だったし、電圧は約 6.7 V だった。

40

【0104】

次いで、中間層としてNPDとBA1qとの混合物を使用した構造では、効率と電圧とも、BA1q単独層を適用した素子構造における値と類似な値を取り、約 7.1 Cd/A の効率と約 6.2 V の電圧を示した。

【0105】

図8は、上記表2のIVL特性を表す素子の寿命を示すグラフである。

【0106】

寿命においては、図8に示すように、BA1q単独層を使用した構造では、輝度が約80%減少するまでの寿命が50時間程度であり、NPD/BA1q積層構造を使用した場合、約80時間程度で約60%増加したし、NPDとBA1qの混合物層を中間層とした

50

構造では、約 100 時間程度で約 100 % 増加した。

【0107】

例 3 .

【0108】

【表 3】

【表 3】

構造	Volt (V)	mA/cm ²	Cd/A	Cd/m ²	CIE _x	CIE _y
(a) BA1q+NPD(10:0)	6.3	10	7.2	724	0.304	0.281
(b) BA1q+NPD(9:1)	6.3	10	7.2	717	0.302	0.280
(c) BA1q+NPD(8:2)	6.2	10	7.1	712	0.304	0.282
(d) BA1q+NPD(7:3)	6.3	10	7.0	703	0.299	0.282

10

上記表 3 では、青色発光層として DPVB_i を使用し、赤色発光層として Alq₃ に DCJT_B を約 0.7 % ドーピングした物質を使用した。

【0109】

そして、これらの 2 発光層の間に NPD と BA1q の混合物からなる中間層を挿入して製造した白色有機 EL 素子の I-V-L 特性分析結果を表した。

【0110】

ここで、青色発光層は、約 200 厚とし、赤色発光層は約 150 厚とした。

【0111】

また、中間層に含まれる NPD の混合比率を増加させながらその結果を調べた。

20

【0112】

表 3 からわかるように、NPD の比率が増加するにつれて素子の効率が次第に減少し、逆に、素子の寿命は NPD の混合比率が増加するにつれて増加した。

【0113】

図 9 は、上記表 3 の I-V-L 特性を表す素子の寿命を示すグラフである。

【0114】

図 9 に示すように、中間層に NPD が混合されていないか、約 10 % 以下の混合率で NPD が混合された中間層を持つ構造に比べて、NPD が 30 % 以上混合された中間層を持つ構造において寿命が約 50 % 程度向上したことがわかる。

30

【0115】

このように、正孔と電子の移動度を調節すべく、多層型白色有機 EL 素子の 2 つの発光層間に、中間層として正孔抑制層と電子抑制層とを混合した層を導入した素子構造では、中間層を使用しない素子構造と比較した時、相対的に高い効率を示し（略 26 % 増加）、同時に素子の寿命も約 35 % 程度増加したことがわかる。

【0116】

また、本発明は、駆動電圧を約 2 V 以上とし、ターンオン電圧を約 1 V 以上とし、輝度は約 30 cd/m² 以上であることが好ましい。

【0117】

以上説明した内容に基づいて当業者なら本発明の技術思想を逸脱しない範囲で多様な変更及び修正が可能であることは明らかである。

40

【0118】

したがって、本発明の技術的範囲は、実施例に記載された内容に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定められるべきである。

【0119】

本発明の課題は、有機 EL 素子を提供することである。

【0120】

正孔抑制性質を持つ物質と電子抑制性質を持つ物質のうち少なくとも一物質を含有する中間層を含む構成とした。

【0121】

50

以上のように、本発明の好ましい実施形態を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、この実施形態に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってのみその範囲が解釈されるべきであることが理解される。当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態の記載から、本発明の記載および技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができることが理解される。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 2 2 】

【図 1 A】一般の白色有機 E L 素子の発光方式を示す構造断面図である。

【図 1 B】一般の白色有機 E L 素子の発光方式を示す構造断面図である。

【図 1 C】一般の白色有機 E L 素子の発光方式を示す構造断面図である。

【図 1 D】一般の白色有機 E L 素子の発光方式を示す構造断面図である。

【図 1 E】一般の白色有機 E L 素子の発光方式を示す構造断面図である。

【図 2】既存の多層発光方式を持つ白色有機 E L 素子を示す構造断面図である。

【図 3】本発明の第 1 乃至第 4 実施例による白色有機 E L 素子を示す構造断面図である。

【図 4】本発明の第 1 乃至第 4 実施例による白色有機 E L 素子を示す構造断面図である。

【図 5】本発明の第 1 乃至第 4 実施例による白色有機 E L 素子を示す構造断面図である。

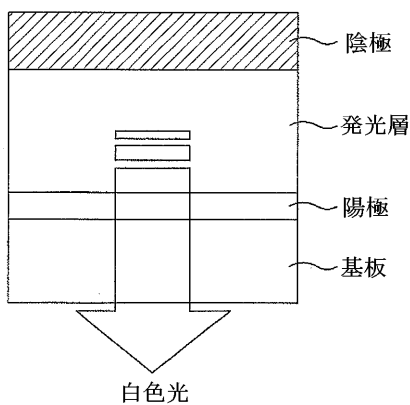
【図 6】本発明の第 1 乃至第 4 実施例による白色有機 E L 素子を示す構造断面図である。

【図 7】中間層を持つ素子と中間層のない素子との寿命を比較したグラフである。

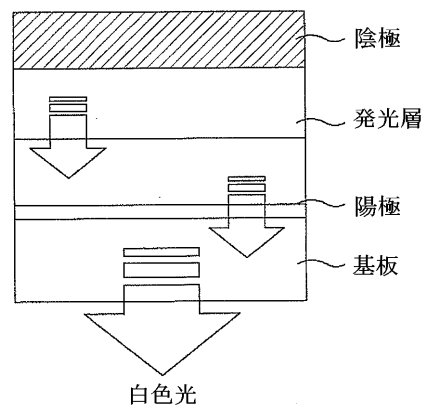
【図 8】単一層の中間層、二重層の中間層、混合層の中間層を持つ素子の寿命を比較したグラフである。

【図 9】混合層の中間層の混合比率による素子の寿命を比較したグラフである。

【図 1 A】



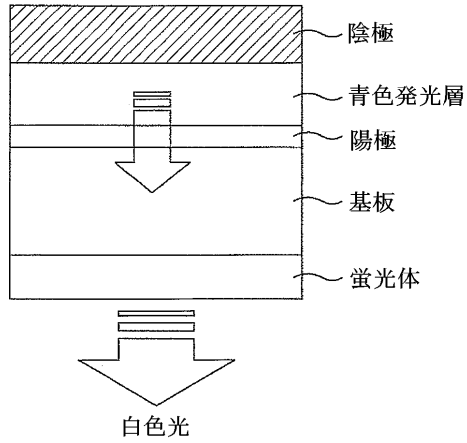
【図 1 B】



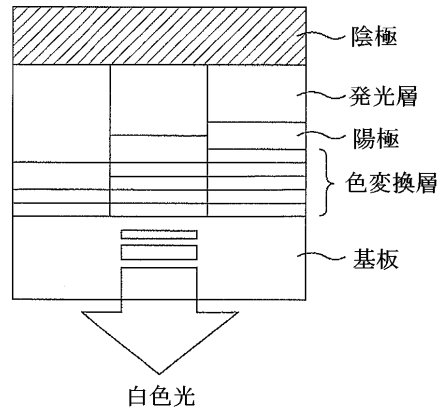
10

20

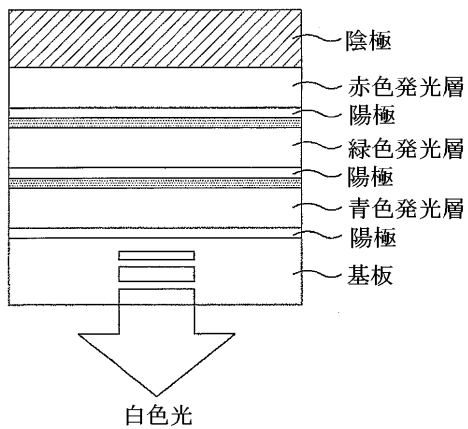
【図 1 C】



【図 1 D】



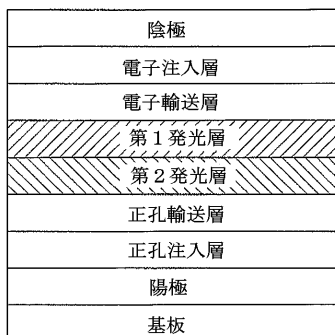
【図 1 E】



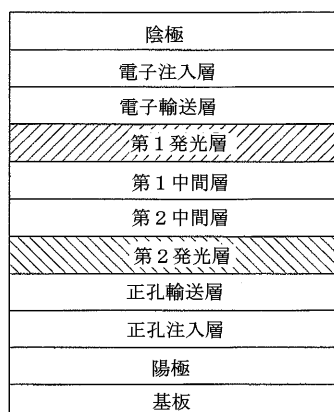
【図 3】



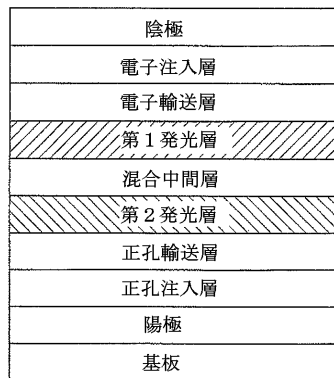
【図 2】



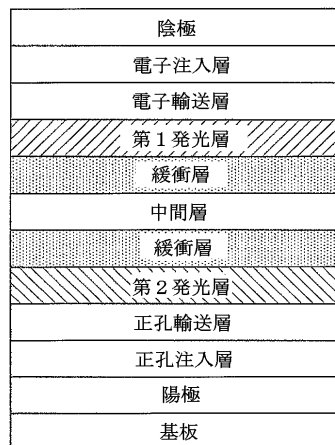
【図 4】



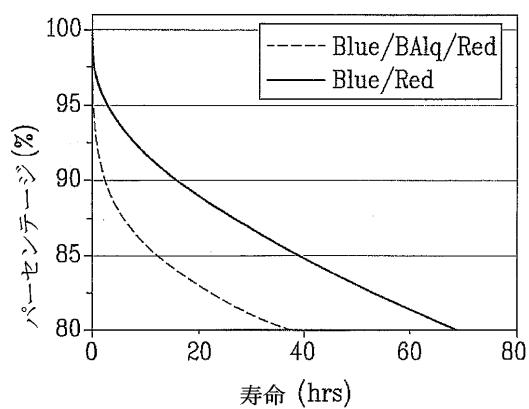
【図 5】



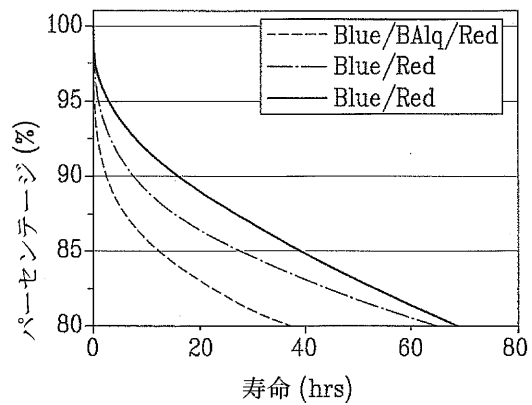
【図 6】



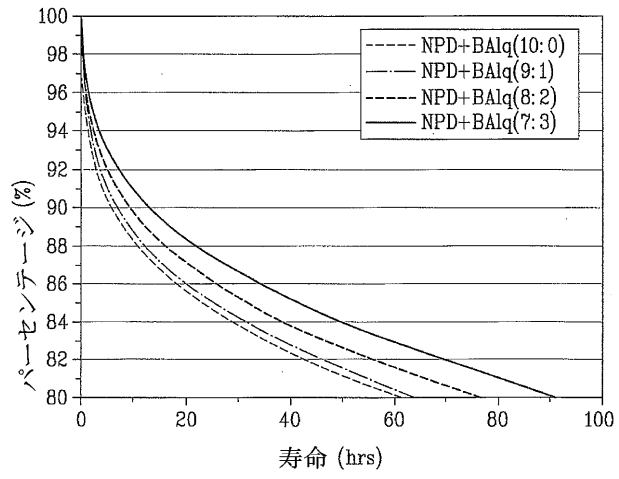
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 パク サン テ
大韓民国, 463-705 キョンギ-ド, ソンナム-シ, ブンダン-ク, グミ-ドン,
ムジゲメウル エルジー アpartment, 209-1103
- (72)発明者 キム ミュン ソプ
大韓民国, 137-784 ソウル, ソチョ-ク, ウミョン-ドン, コロン アpartment
ント, 101-407
- (72)発明者 リー チェ マン
大韓民国, 134-703 ソウル, カンドン-ク, アムサ 2-ドン, ソンサ ヒュン
ダイ アpartment, 112-1406
- (72)発明者 チャ ユン ソ
大韓民国, 427-741 キョンギ-ド, クワチョン-シ, チュンアン-ドン, ジュゴ
ン アpartment, 1010-302
- (72)発明者 ピ スン ホン
大韓民国, 158-838 ソウル, ヤンチョン-ク, シンウォル 2-ドン, ナンバー
506-1, ウォーダン アpartment, 101-701
- (72)発明者 リ キュン ホン
大韓民国, 135-961 ソウル, カンナム-ク, ポイ-ドン, ナンバー165-12
, 302
- (72)発明者 スン チャン ジェ
大韓民国, 120-050 ソウル, ソデムン-ク, ネンチョン-ドン, ドンブ センタ
ービル, 101-306

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB03 CC04 CC07 CC09 CC21 DD52 DD58
DD67 DD78 DD84 FF04 FF15 FF19 GG00