

(19) 日本国特許庁(JP)

再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/065136

発行日 平成25年4月11日(2013.4.11)

(43) 国際公開日 平成23年6月3日(2011.6.3)

(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 B	5C094
H05B 33/10 (2006.01)	H05B 33/10	
G09F 9/30 (2006.01)	H05B 33/22 B	
H01L 27/32 (2006.01)	H05B 33/22 D	
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 29 頁) 最終頁に続く		

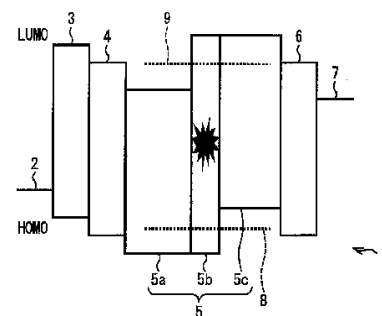
出願番号	特願2011-543162 (P2011-543162)	(71) 出願人	000005049
(21) 国際出願番号	PCT/JP2010/067879		シャープ株式会社
(22) 国際出願日	平成22年10月12日 (2010.10.12)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(31) 優先権主張番号	特願2009-270820 (P2009-270820)	(74) 代理人	110000338
(32) 優先日	平成21年11月27日 (2009.11.27)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	岡本 健
			日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		Fターム(参考)	3K107 AA01 BB01 CC02 CC03 CC04 CC06 CC12 CC21 DD51 DD53 DD58 DD67 DD68 DD69 DD72 DD73 DD75 DD76 EE03 EE10 FF04 FF15 FF19 FF20 5C094 AA10 AA24 BA27 FB01 FB20 HA08
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセンス素子、およびその製造方法、ならびに有機エレクトロルミネッセンス表示装置

(57) 【要約】

有機EL素子(1)は、三層構造の発光層(5)を有しており、第一発光層(5a)は、有機発光材料の最高被占準位よりも深い最高被占準位を有するホスト材料(|HOMO(第一発光層のホスト材料)|>|HOMO(燐光発光材料)|)によって構成されている。また、第二発光層(5c)は、有機発光材料の最低空準位よりも浅い最低空準位を有するホスト材料(|LUMO(第二発光層のホスト材料)|<|LUMO(燐光発光材料)|)によって構成されている。さらに、第三発光層(5b)は、有機発光材料の最高被占準位よりも深い最高被占準位(|HOMO(第三発光層のホスト材料)|>|HOMO(燐光発光材料)|)を有し、かつ有機発光材料の最低空準位よりも浅い最低空準位(|LUMO(第三発光層のホスト材料)|<|LUMO(燐光発光材料)|)を有するホスト材料によって構成されている。これによれば、正孔および電子を確実に第三発光層(5c)にまで伝搬することができるので、正孔および電子が再結合する確率が上がり、有機EL素子(1)の駆動電圧を低下させ、発光効率を向上させることができる。

【図1】



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極および陰極と、

上記陽極および上記陰極の間に形成され、発光層を少なくとも有している有機層とを基板上に備えた有機エレクトロルミネッセンス素子において、

上記発光層は、

上記陽極側に位置し、第一ホスト材料からなる第一発光層と、

上記陰極側に位置し、第二ホスト材料からなる第二発光層と、

上記第一発光層と上記第二発光層との間に位置し、第三ホスト材料からなる第三発光層とを備え、

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料は、それぞれ互いに異なり、なおかつ上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料には、同一の有機発光材料がドーピングされており、

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、上記第三ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位 (HOMO) および最低空準位 (LUMO) は、下記の関係式 (1) および (2) を満たすことを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

(1) | 第一ホスト材料の HOMO | > | 有機発光材料の HOMO | かつ | 有機発光材料の HOMO | < | 第三ホスト材料の HOMO |

(2) | 第二ホスト材料の LUMO | < | 有機発光材料の LUMO | かつ | 有機発光材料の LUMO | > | 第三ホスト材料の LUMO |

【請求項 2】

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位 (HOMO) および最低空準位 (LUMO) は、下記の関係式 (3) および (4) を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

(3) | 第一ホスト材料の LUMO | > | 有機発光材料の LUMO |

(4) | 第二ホスト材料の HOMO | < | 有機発光材料の HOMO |

【請求項 3】

上記第一ホスト材料、第二ホスト材料、および第三ホスト材料は、上記有機発光材料の励起三重項準位よりも高い励起三重項準位を有していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 4】

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料のそれぞれの正孔移動度および電子移動度は、下記の関係式 (5) および (6) を満たすことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

(5) 第一ホスト材料の正孔移動度 > 第三ホスト材料の正孔移動度

(6) 第二ホスト材料の電子移動度 > 第三ホスト材料の電子移動度

【請求項 5】

上記第一発光層、上記第二発光層、および上記第三発光層のそれぞれの膜厚は、下記の関係式 (7) および (8) を満たすことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

(7) 第一発光層の膜厚 > 第三発光層の膜厚 かつ 第三発光層の膜厚 < 第二発光層の膜厚

(8) 5 < 第三発光層の膜厚 < 42

【請求項 6】

上記第三発光層の膜厚は、下記の関係式 (9) を満たすことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

(9) 10 < 第三発光層の膜厚 < 30

【請求項 7】

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位 (HOMO) および最低空準位 (LUMO) は、下記の関係式 (10) および (11) の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項

10

20

30

40

50

に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

(10) $0 \text{ eV} < (| \text{第一ホスト材料の LUMO} | - | \text{有機発光材料の LUMO} |) \quad 0.5 \text{ eV}$

(11) $0 \text{ eV} < (| \text{有機発光材料の HOMO} | - | \text{第二ホスト材料の HOMO} |) \quad 0.5 \text{ eV}$

【請求項 8】

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位 (HOMO) および最低空準位 (LUMO) は、下記の関係式 (12) および (13) の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

(12) $0.1 \text{ eV} < (| \text{第一ホスト材料の LUMO} | - | \text{有機発光材料の LUMO} |) \quad 0.3 \text{ eV}$

(13) $0.1 \text{ eV} < (| \text{有機発光材料の HOMO} | - | \text{第二ホスト材料の HOMO} |) \quad 0.3 \text{ eV}$

【請求項 9】

上記有機層は、

上記陽極から上記有機層への正孔の注入を促進するドーパントがドーブされた正孔注入層と、

上記陰極から上記有機層への電子の注入を促進するドーパントがドーブされた電子注入層とを有していることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 10】

上記正孔注入層と上記発光層との間には、上記ドーパントおよび上記有機発光材料がドーブされていない領域があることを特徴とする請求項 9 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 11】

上記電子注入層と上記発光層との間には、上記ドーパントおよび上記有機発光材料がドーブされていない領域があることを特徴とする請求項 10 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 12】

上記有機発光材料は、燐光発光材料であることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子を薄膜トランジスタ基板上に形成した表示手段を備えることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス表示装置。

【請求項 14】

陽極および陰極と、

上記陽極および上記陰極の間に形成された発光層を少なくとも有している有機層とを基板上に備えた有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法において、

上記基板上に、上記陽極を形成する陽極形成工程と、

上記陽極上に、当該陽極から正孔が注入される正孔注入層を形成する正孔注入層形成工程と、

上記正孔注入層上に、上記陽極から上記有機層に注入される正孔を輸送する正孔輸送層を形成する正孔輸送層形成工程と、

上記正孔輸送層上に、上記発光層として、第一ホスト材料からなる第一発光層を形成する第一発光層形成工程と、

上記第一発光層上に、上記発光層として、第三ホスト材料からなる第三発光層を形成する第三発光層形成工程と、

上記第三発光層上に、上記発光層として、第二ホスト材料からなる第二発光層を形成す

10

20

30

40

50

る第二発光層形成工程と、

上記第二発光層上に、上記陰極から上記有機層に注入される電子を輸送する電子輸送層を形成する電子輸送層形成工程と、

上記電子輸送層上に、上記陰極から電子が注入される電子注入層を形成する電子注入層形成工程と、

上記電子注入層上に、上記陰極を形成する陰極形成工程とを備え、

上記第一発光層形成工程、上記第二発光層形成工程、および上記第三発光層形成工程において、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料として、それぞれ互いに異なる材料を用い、なおかつ上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料に同一の有機発光材料をドープし、なおかつ下記の関係式(14)および(15)を満たす最高被占準位(HOMO)および最低空準位(LUMO)をそれぞれ有する上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、上記第三ホスト材料、および上記有機発光材料を用いて、上記第一発光層、上記第二発光層、および上記第三発光層を形成することを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法。

(14) | 第一ホスト材料のHOMO | > | 有機発光材料のHOMO | かつ | 有機発光材料のHOMO | < | 第三ホスト材料のHOMO |

(15) | 第二ホスト材料のLUMO | < | 有機発光材料のLUMO | かつ | 有機発光材料のLUMO | > | 第三ホスト材料のLUMO |

【請求項15】

上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位(HOMO)および最低空準位(LUMO)は、下記の関係式(16)および(17)の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴とする請求項14に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法。

(16) | 第一ホスト材料のLUMO | > | 有機発光材料のLUMO |

(17) | 第二ホスト材料のHOMO | < | 有機発光材料のHOMO |

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高輝度、高効率および長寿命を実現する有機エレクトロルミネッセンス素子、およびその製造方法、ならびに有機エレクトロルミネッセンス表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、従来主流であったブラウン管を使用した表示装置から、薄型のフラットパネルディスプレイ(FPD)の表示装置のニーズが高まりつつある。FPDには各種のものがあ、例えば、非自発光型の液晶ディスプレイ(LCD)、自発光型のプラズマディスプレイパネル(PDP)、無機エレクトロルミネッセンス(無機EL)ディスプレイ、または有機エレクトロルミネッセンス(有機EL)ディスプレイ等が知られている。

【0003】

中でも、有機ELディスプレイは、表示に使用する素子(有機EL素子)が薄型かつ軽量であり、なおかつ低電圧駆動、高輝度および自発光等の特性を有していることから、その研究開発が盛んに行われている。

【0004】

有機EL素子は、基板上に一对の電極(陽極および陰極)を有しており、当該一对の電極の間に発光層を少なくとも備えた有機層を有している。当該発光層は、ホスト材料に有機発光材料をドープして形成されている。一般的には、発光層と陽極との間に、ホスト材料にアクセプターをドープした正孔注入層等を設け、発光層と陰極との間に、ホスト材料にドナーをドープした電子注入層等を設けている。

【0005】

有機EL素子では、陽極および陰極に電圧を印加することによって、当該陽極から有機層に正孔が注入され、当該陰極から有機層に電子が注入される。両電極から注入された正

10

20

30

40

50

孔および電子は、発光層において再結合することによって励起子を生成する。有機EL素子は、当該励起子が失活する際に放出する光を利用して発光している。

【0006】

発光層には、燐光発光材料、または蛍光発光材料等の有機発光材料を用いるのが一般的である。燐光発光材料を利用した有機EL素子は、発光効率が高く、発光寿命が長いという利点があるため、特に最近では発光層に燐光発光材料を用いた有機EL素子が普及しつつある。また、有機EL素子の低消費電力化を目指して、内部量子収率が最大100%の燐光発光材料を導入した有機EL素子の開発が進んでいる。

【0007】

赤色発光する有機EL素子と、緑色発光する有機EL素子とには、内部量子収率が最大100%の燐光発光材料が導入されている。しかしながら、青色発光する有機EL素子については、内部量子収率が最大100%の燐光発光材料を導入するには至っておらず、内部量子収率が最大25%の蛍光発光材料が用いられている。

【0008】

有機EL素子において、青色発光するには、赤色発光および緑色発光と比較して高エネルギーを必要とする。さらに、当該エネルギーを励起三重項準位(T_1)から得ようとすると、 T_1 、電子、および正孔のすべてを発光層中の燐光発光材料に閉じ込める必要がある。そのため、発光層を構成する材料だけでなく、発光層の周辺材料も含めて、最高被占準位(HOMO準位)と最低空準位(LUMO準位)とのギャップを非常に大きくする必要があり、しかしながら、発光層のHOMO準位とLUMO準位とのギャップを大きくするため、発光層を構成するホスト材料として、分子間で共役し、相互作用を示し、キャリアの移動度が高い材料を用いるのが困難である。それ故、青色燐光発光材料を用いた場合、駆動には高電圧を必要とするが、その割に発光効率は低いという問題がある。

【0009】

青色燐光発光材料を用いた従来の有機EL素子31の具体的な例を図8に示す。図8は、青色燐光発光材料を用いた従来の有機EL素子31を構成する各層のエネルギーダイアグラムを示す図である。本図では、ホスト材料として、正孔注入層33ではNPB(HOMO準位 = 5.5 eV, LUMO準位 = 2.4 eV)を用い、正孔輸送層34ではmCP(HOMO準位 = 5.9 eV, LUMO準位 = 2.4 eV)を用い、電子輸送層36では3TPYMB(HOMO準位 = 6.8 eV, LUMO準位 = 3.3 eV)を用いている。発光層35においては、燐光発光材料としてFir6(HOMO準位 = 6.1 eV, LUMO準位 = 3.1 eV)を用いている。当該Fir6に正孔および電子を閉じ込めるために、発光層35ではホスト材料として、HOMO準位とLUMO準位とのギャップが大きいUGH2(HOMO準位 = 7.2 eV, LUMO準位 = 2.8 eV)を用いている。しかしながら、UGH2がワイドギャップであるため、正孔輸送層34から発光層35に効率良く正孔を伝搬することができない。同様に、電子輸送層36から発光層35に効率良く電子を伝搬することができない。そのため、このように青色燐光発光材料を用いた有機EL素子31では、上述したように、駆動には高電圧を必要とするが、その割に発光効率は低いという問題がある。

【0010】

そこで、青色燐光発光材料を用いた有機EL素子の発光効率を向上させるために工夫がなされている。例えば、非特許文献1には、発光層を二層設けた有機EL素子が開示されている。具体的には、一対の電極の間に正孔注入層、第一発光層、第二発光層、および電子注入層を順に形成した有機層を備えた有機EL素子が開示されている。本文献では、ホスト材料として正孔注入層ではDTASi(HOMO準位 = 5.6 eV, LUMO準位 = 2.2 eV)を用い、電子注入層ではBphen(HOMO準位 = 6.4 eV, LUMO準位 = 3.0 eV)を用いている。また、第一発光層では4CzPBP(HOMO準位 = 6.0 eV, LUMO準位 = 2.5 eV)をホスト材料として用い、第二発光層ではPPT(HOMO準位 = 6.6 eV, LUMO準位 = 2.9 eV)をホスト材料として用いている。第一発光層および第二発光層には、青色燐光発光材料としてFIRpic(HOM

10

20

30

40

50

O準位 = 5 . 8 e V , L U M O準位 = 2 . 9 e V) がドーブされている。

【 0 0 1 1 】

この構成によれば、第一発光層および第二発光層におけるH O M O準位とL U M O準位とのギャップが小さい有機E L素子が得られる。したがって、発光層において正孔および電子の移動度が向上するホスト材料を用いても良い。これは、有機蒸着膜では、正孔および電子の輸送はホッピング伝導によって行われているためである（非特許文献2）。電子が分子間をホッピングして伝導するためには、中性状態とラジカルアニオン状態との電子状態間における波動関数の重なりが大きいことが必要である。一方、正孔においては、分子間をホッピングして伝導するためには中性状態とラジカルカチオン状態との電子状態間における波動関数の重なりが大きい必要がある。つまり、中性状態およびラジカルアニオン状態、または中性状態およびラジカルカチオン状態のスタッキング（ - 相互作用）が強いほど、正孔および電子の移動度が高い。また、スタッキングが強いと、H O M O準位およびL U M O準位のギャップが小さくなる。したがって、本構成を用いれば、1 0 0 0 c d / m²における有機E L素子の駆動電圧が4 . 6 Vと低く、発光効率が2 2 c d / Aと高い有機E L素子が得られる。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【 0 0 1 2 】

【非特許文献1】A p p l i e d P h y s i c s L e t t e r s 9 4 , 0 8 3 5 0 6 , 2 0 0 9

20

【非特許文献2】時任静士、安達千波矢、村田英幸共著「有機E Lディスプレイ」株式会社オーム社、2 0 0 4 年 8 月

【非特許文献3】渡辺正、中林誠一郎著「電子移動の化学 電気化学入門」日本化学会編、朝倉書店、2 0 0 5 年 9 月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 3 】

上記した非特許文献1に開示されている有機E L素子では、電子注入層から第二発光層へ電子が伝搬されると、発光ドーパント（F i r p i c）に電子が伝搬される。しかしながら、本文献に開示されている有機E L素子では、発光ドーパントから第一発光層に電子が伝搬されやすい構成になっている。したがって、この構成によれば、第一発光層および第二発光層の界面において正孔および電子が再結合せず、再結合をする確率が低下してしまう。すなわち、内部量子収率が低下してしまう。

30

【 0 0 1 4 】

また、上記非特許文献1に開示されている有機E L素子では、第一発光層および第二発光層の燐光発光材料として、スカイブルーに発光するF i r p i cを用いている。当該F i r p i cのH O M O準位とL U M O準位とのギャップは小さいため、低駆動電圧であり、高発光効率の有機E L素子が得られる。したがって、深い青色に発光する燐光発光材料を用いる場合には、このような燐光発光材料のH O M O準位とL U M O準位とのギャップは大きいため、H O M O準位とL U M O準位とのギャップが大きいホスト材料が必要となる。したがって、駆動には高電圧を必要とするが、その割には発光効率が低くなってしまいうという問題は依然残されたままである。

40

【 0 0 1 5 】

そこで、本発明は上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、低電圧で駆動することができ、なおかつ発光効率が高い有機E L素子、およ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 6 】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子は、上記課題を解決するために、陽極および陰極と、上記陽極および上記陰極の間に形成され、発光層を少なくとも有している

50

有機層とを基板上に備えた有機エレクトロルミネッセンス素子において、上記発光層は、上記陽極側に位置し、第一ホスト材料からなる第一発光層と、上記陰極側に位置し、第二ホスト材料からなる第二発光層と、上記第一発光層と上記第二発光層との間に位置し、第三ホスト材料からなる第三発光層とを備え、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料は、それぞれ互いに異なり、なおかつ上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料には、同一の有機発光材料がドープされており、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、上記第三ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位（HOMO）および最低空準位（LUMO）は、下記の関係式（１）および（２）を満たすことを特徴としている。

（１）| 第一ホスト材料のHOMO | > | 有機発光材料のHOMO | かつ | 有機発光材料のHOMO | < | 第三ホスト材料のHOMO |

（２）| 第二ホスト材料のLUMO | < | 有機発光材料のLUMO | かつ | 有機発光材料のLUMO | > | 第三ホスト材料のLUMO |

上記構成によれば、第一発光層を構成するホスト材料には、有機発光材料の最高被占準位よりも深い最高被占準位を有する材料を用いている。一方、第二発光層を構成するホスト材料には、有機発光材料の最低空準位よりも浅い最低空準位を有する材料を用いている。これによれば、有機発光材料の最高被占準位は、第一発光層のホスト材料の最高被占準位よりも浅いため、第一発光層に伝搬された正孔は、最終的に第三発光層において有機発光材料に完全に伝搬される。同様に、有機発光材料の最低空準位は、第二発光層のホスト材料の最低空準位よりも深いため、第二発光層に伝搬された電子は、最終的に第三発光層において有機発光材料に完全に伝搬される。これによって、第三発光層において、有機発光材料に伝搬された正孔と電子とが再結合することによって発光する。

【００１７】

なお、第三発光層を構成するホスト材料としては、最高被占準位と最低空準位とのギャップが大きい材料を使用する。これによれば、第一発光層から伝搬された正孔が、第二発光層に移動するのを抑制することができる。同様に、第二発光層から伝搬された電子が、第一発光層に移動するのを抑制することができる。さらに、最高被占準位と最低空準位とのギャップが大きいので、発光層における正孔および電子の移動度は低い。したがって、第三発光層に伝搬された正孔および電子を、第三発光層内に閉じ込めることができ、なおかつ正孔および電子の移動性が低下していることから、正孔および電子の再結合の確率を上げることができる。

【００１８】

以上より、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子（有機EL素子）では、正孔および電子を効率良く、なおかつ確実に第三発光層にまで伝搬することができる。さらに、正孔および電子が再結合する確率を上げることができるので、有機EL素子の駆動電圧を低下することができる。また、発光層において正孔および電子が再結合する確率が上がるので、内部量子収率は向上し、発光効率を向上させることができる。

【００１９】

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス表示装置においては、上記の課題を解決するために、上述した有機エレクトロルミネッセンス素子を薄膜トランジスタ基板上に形成した表示手段を備えていることを特徴としている。

【００２０】

上記構成によれば、低駆動電圧であり、発光効率が高い有機EL素子を備えているため、高輝度、高効率かつ長寿命の表示装置を提供できる。

【００２１】

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法は、上記課題を解決するために、陽極および陰極と、上記陽極および上記陰極の間に形成された発光層を少なくとも有している有機層とを基板上に備えた有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法において、上記基板上に、上記陽極を形成する陽極形成工程と、上記陽極上に、当該陽極から正孔が注入される正孔注入層を形成する正孔注入層形成工程と、上記正孔注入層上

10

20

30

40

50

に、上記陽極から上記有機層に注入される正孔を輸送する正孔輸送層を形成する正孔輸送層形成工程と、上記正孔輸送層上に、上記発光層として、第一ホスト材料からなる第一発光層を形成する第一発光層形成工程と、上記第一発光層上に、上記発光層として、第三ホスト材料からなる第三発光層を形成する第三発光層形成工程と、上記第三発光層上に、上記発光層として、第二ホスト材料からなる第二発光層を形成する第二発光層形成工程と、

上記第二発光層上に、上記陰極から上記有機層に注入される電子を輸送する電子輸送層を形成する電子輸送層形成工程と、上記電子輸送層上に、上記陰極から電子が注入される電子注入層を形成する電子注入層形成工程と、上記電子注入層上に、上記陰極を形成する陰極形成工程とを備え、上記第一発光層形成工程、上記第二発光層形成工程、および上記第三発光層形成工程において、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料として、それぞれ互いに異なる材料を用い、なおかつ上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料に同一の有機発光材料をドーブし、なおかつ下記の関係式(14)および(15)を満たす最高被占準位(HOMO)および最低空準位(LUMO)をそれぞれ有する上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、上記第三ホスト材料、および上記有機発光材料を用いて、上記第一発光層、上記第二発光層、および上記第三発光層を形成することを特徴としている。

(14) | 第一ホスト材料のHOMO | > | 有機発光材料のHOMO | かつ | 有機発光材料のHOMO | < | 第三ホスト材料のHOMO |

(15) | 第二ホスト材料のLUMO | < | 有機発光材料のLUMO | かつ | 有機発光材料のLUMO | > | 第三ホスト材料のLUMO |

上記方法によれば、低駆動電圧であり、発光効率が高い有機EL素子を提供することができる。

【0022】

本発明の他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分分かるであろう。また、本発明の利点は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

【発明の効果】

【0023】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子では、正孔および電子を効率良く、なおかつ確実に発光層にまで伝搬することができる。さらに、正孔および電子が再結合する確率を上げることができるので、有機EL素子の駆動電圧を低下することができる。また、発光層において正孔および電子が再結合する確率が上がるので、内部量子収率は向上し、発光効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子を構成する各層のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子の断面を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子および従来の有機エレクトロルミネッセンス素子における、発光層の膜厚と電流効率との関係を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた有機エレクトロルミネッセンス表示装置の概略を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス表示装置を備えた携帯電話の概略を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス表示装置を備えたテレビジョン受像機の概略を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた照明装置の概略を示す図である。

【図8】青色燐光発光材料を用いた従来の有機EL素子を構成する各層のエネルギーダイ

10

20

30

40

50

アグラムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

(有機EL素子1の概要)

本実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子(有機EL素子)は、一对の電極(陽極および陰極)と、一对の電極の間に位置し、発光層を含む有機層とが基板上に積層されて構成される。より具体的な構成については、図2を参照して以下に説明する。図2は、有機EL素子1の断面を示す図である。

【0026】

図2に示すように、有機EL素子1は、絶縁性基板11上に、ゲート電極14、ドレイン電極15、ソース電極16、およびゲート絶縁膜17からなる薄膜トランジスタ(TFT)が所定の間隔で複数形成されている。また、絶縁性基板11からTFTにかけて、接続配線18が形成されている。

【0027】

各TFT上には、平坦化膜81が配設されており、平坦化膜81にはコンタクトホール19が形成されている。TFTのドレイン電極15は、該コンタクトホール19を介して陽極2と電氣的に接続されている。隣り合う陽極2の間には、エッジカバー20が設けられており、陽極2のTFTとは反対側の位置には、正孔注入層3、正孔輸送層4、発光層5、正孔ブロッキング層12、電子輸送層6、および電子注入層7からなる有機層、および陰極13が形成されている。陰極13の上は、無機封止膜25によって覆われており、該無機封止膜25によって陽極2、有機層、および陰極13は封止される。

【0028】

一方、TFTが形成された絶縁性基板11に対向する絶縁性基板11には、光吸収層21、蛍光体層22、および散乱体層23が形成されている。そして、2つの絶縁性基板11の間には、樹脂封止膜24が形成されている。

【0029】

なお、本実施形態に係る有機EL素子1の発光層5は、三層構造をしており、第一発光層、第二発光層、および第三発光層からなる。特に、発光層を構成するホスト材料の最高被占準位(HOMO準位)と最低空準位(LUMO準位)とのギャップが小さくなるように構成されている。また、発光層内には、正孔と電子とが再結合する領域として第三発光層を第一発光層と第二発光層との間に設けている。これにより、有機層での正孔および電子の移動度を高く保ちつつ、発光層での正孔と電子とが再結合する確率を高くすることができる。これについては、以下で詳しく説明する。

【0030】

(有機層の構成)

有機EL素子1の有機層の構成について、図1を参照して説明する。図1は、有機EL素子1を構成する各層のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【0031】

上述したように、有機EL素子1の有機層は正孔注入層3、正孔輸送層4、発光層5、電子輸送層6、および電子注入層7を順に形成したものである。発光層5は三層構造をしており、第一発光層5a、第二発光層5c、および第三発光層5bからなる。第一発光層5a、第二発光層5c、および第三発光層5bには、単一の燐光発光材料(有機発光材料)がドーブされている。第一発光層5aは陽極2側に位置しており、陽極2から注入された正孔を正孔輸送層4から受け取り、第三発光層5bに伝搬する。一方、第二発光層5cは陰極(図示せず)側に位置しており、陰極から注入された電子を電子輸送層6から受け取り、第三発光層5bに伝搬する。第一発光層5aおよび第二発光層5cの間に位置する第三発光層5bでは、第一発光層5aから伝搬された正孔と第二発光層5cから伝搬された電子とが再結合をすることによって、発光する。

【0032】

この際、本実施形態に係る有機EL素子1では、正孔が第一発光層5aから第三発光層

10

20

30

40

50

5 bに確実に伝搬され、電子が第二発光層5 cから第三発光層5 bに確実に伝搬されるようにしている。具体的には、図1に示すように、第一発光層5 aを構成するホスト材料(第一ホスト材料)には、燐光発光材料のHOMO準位8よりも深いHOMO準位を有する材料(|HOMO(第一ホスト材料)|>|HOMO(燐光発光材料)|)を用いている。一方、第二発光層5 cを構成するホスト材料(第二ホスト材料)には、燐光発光材料のLUMO準位9よりも浅いLUMO準位を有する材料(|LUMO(第二ホスト材料)|<|LUMO(燐光発光材料)|)を用いている。これによれば、燐光発光材料のHOMO準位8は、第一発光層5 aのホスト材料のHOMO準位よりも浅いため、第一発光層5 aに伝搬された正孔は、最終的に第三発光層5 bにおいて燐光発光材料に完全に伝搬される。同様に、燐光発光材料のLUMO準位9は、第二発光層5 cのホスト材料のLUMO準位よりも深いため、第二発光層5 cに伝搬された電子は、最終的に第三発光層5 bにおいて燐光発光材料に完全に伝搬される。これによって、第三発光層5 bにおいて、燐光発光材料に伝搬された正孔と電子とが再結合することによって発光する。

10

【0033】

なお、第三発光層5 bを構成するホスト材料(第三ホスト材料)としては、HOMO準位とLUMO準位とのギャップが大きい材料を使用する。具体的には、燐光発光材料のHOMO準位8よりも深いHOMO準位(|HOMO(第三ホスト材料)|>|HOMO(燐光発光材料)|)を有し、燐光発光材料のLUMO準位9よりも浅いLUMO準位(|LUMO(第三ホスト材料)|<|LUMO(燐光発光材料)|)を有するホスト材料を用いる。これによれば、第一発光層5 aから伝搬された正孔が、第二発光層5 cに移動するのを抑制することができる。同様に、第二発光層5 cから伝搬された電子が、第一発光層5 aに移動するのを抑制することができる。さらに、HOMO準位とLUMO準位とのギャップが大きいので、発光層5 bにおける正孔および電子の移動度は低い。したがって、第三発光層5 bに伝搬された正孔および電子を、第三発光層5 b内に閉じ込めることができ、なおかつ正孔および電子の移動性が低下していることから、正孔および電子の再結合の確率を上げることができる。

20

【0034】

以上より、本実施形態に係る有機EL素子1では、三層構造の発光層5を有し、燐光発光材料のHOMO準位8とLUMO準位9とを考慮して当該発光層5に用いるホスト材料を決定している。これによって、陽極2から注入される正孔を確実に第三発光層5 bにまで伝搬することができる。同様に、陰極から注入される電子を確実に第三発光層5 bにまで伝搬することができる。また、第三発光層5 bのHOMO準位とLUMO準位とのギャップが大きくなるように構成しているので、第三発光層5 b内に正孔および電子を閉じ込めることができる。その結果、正孔および電子が再結合する確率を上げることができる。したがって、本実施形態に係る有機EL素子1では、正孔および電子を効率良く伝搬することができるので、有機EL素子1の駆動電圧を低下することができる。また、発光層5において正孔および電子が再結合する確率を上げることができるので、内部量子収率は向上し、発光効率を向上させることができる。

30

【0035】

従来の青色燐光発光材料を用いた有機EL素子では、高駆動電圧を必要とする割には発光効率が低いという問題があった。しかしながら、本実施形態によれば、青色燐光発光材料を用いた場合でも、正孔および電子を第三発光層5 bにまで効率良く伝搬することができる。すなわち、正孔および電子が再結合する確率を上げることができるので、有機EL素子1の内部量子収率は向上し、発光効率を向上させることができる。

40

【0036】

(有機EL素子1の基板)

以下では、有機EL素子1を構成する各部材について説明する。上述したように、有機EL素子1は、基板(図示せず)上に形成された陽極2と陰極との間に、正孔注入層3、正孔輸送層4、発光層5、電子輸送層6、および電子注入層7からなる有機層を備えている。

50

【0037】

まず、基板について説明する。有機EL素子1を構成する基板は、絶縁性を有している基板であれば良い。有機EL素子1の基板として用いることが可能な材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の絶縁性の基板材料を用いることができる。

【0038】

例えば、ガラス、または石英等からなる無機材料基板、あるいは、ポリエチレンテレフタレート、またはポリイミド樹脂等からなるプラスチック基板等を利用できる。他には、アルミニウム(Al)または鉄(Fe)等からなる金属基板に、酸化シリコンまたは有機絶縁材料等からなる絶縁物を表面にコーティングした基板等を利用できる。あるいは、Al等からなる金属基板の表面を陽極酸化等の方法によって絶縁化处理した基板等も利用できる。

10

【0039】

なお、有機EL素子1の発光層5から発した光を、基板とは反対側から取り出す場合、すなわちトップエミッション型の場合には、基板には光透過性を有しない材料を用いるのが良い。例えば、シリコンウェハー等の半導体基板を用いても良い。逆に、有機EL素子1の発光層5から発した光を、基板側から取り出す場合、すなわちボトムエミッション型の場合には、基板には光透過性を有する材料を用いるのが良い。例えば、ガラス基板、またはプラスチック基板等を用いても良い。

【0040】

(有機EL素子1の電極)

20

次に電極について説明する。有機EL素子1を構成する電極は、陽極2および陰極のように対として機能すれば良い。各電極は1つの電極材料からなる単層構造であっても良いし、複数の電極材料からなる積層構造であっても良い。有機EL素子1の電極として用いることが可能な電極材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の電極材料を用いることができる。

【0041】

陽極2としては、例えば、金(Au)、白金(Pt)、およびニッケル(Ni)等の金属、ならびに酸化インジウムスズ(ITO)、酸化スズ(SnO₂)、酸化インジウム亜鉛(IZO)等の透明電極材料等が利用できる。

【0042】

30

一方、陰極としては、リチウム(Li)、カルシウム(Ca)、セリウム(Ce)、バリウム(Ba)、アルミニウム(Al)等の金属、またはこれらの金属を含有するマグネシウム(Mg)：銀(Ag)合金、Li：Al合金等の合金等が利用できる。

【0043】

なお、有機EL素子1の発光層5から発した光を、陽極2および陰極のいずれか一方の電極側から取り出す必要がある。この場合には、一方の電極には光を透過する電極材料を用い、他方の電極には光を透過しない電極材料を用いることが好ましい。光を透過しない電極材料としては、タンタルまたは炭素等の黒色電極、Al、Ag、Au、Al：Li合金、Al：ネオジウム(Nd)合金、またはAl：シリコン(Si)合金等の反射性金属電極等が挙げられる。

40

【0044】

(有機EL素子1の有機層)

続いて有機層について説明する。当該有機層は、正孔注入層3、正孔輸送層4、発光層5、電子輸送層6、および電子注入層7を有している。

【0045】

まず発光層5について述べる。上述したように、当該発光層5は三層構造をしており、第一発光層5a、第二発光層5c、および第三発光層5bからなり、各層には単一の燐光発光材料がドーブされている。発光層5に用いることが可能な燐光発光材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の燐光発光材料を用いることができる。

【0046】

50

例えば、青色燐光発光材料としては、イリジウム(III)ビス(4', 6'-ジフルオロフェニルピリジナト)テトラキス(1-ピラゾリル)ボレート(FIr6)(HOMO準位 = 6.1 eV, LUMO準位 = 3.1 eV, T_1 = 2.71 eV)、イリジウム(III)ビス[4, 6-(ジ-フルオロフェニル)-ピリジナト-N, C2']ピコリネート(FIrpic)、イリジウム(III)トリス[N-(4'-シアノフェニル)-N'-メチルイミダゾル-2-イリデン-C2, C2'](Ir(cn-pmic)₃)、トリス((3, 5-ジフルオロ-4-シアノフェニル)ピリジン)イリジウム(FCNIr)、またはIr(cnbic)₃等のIr錯体、白金(Pt)、レテニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、銅(Cu)、またはオスミウム(Os)等の重原子金属の錯体等が挙げられる。

10

【0047】

上述したように、正孔が第一発光層5aから第三発光層5bに確実に伝搬されるように、第一発光層5aを構成するホスト材料には、燐光発光材料のHOMO準位8よりも安定なHOMO準位を有する材料を用いている。そのため、第一発光層5aを構成するホスト材料は、従来電子輸送性材料として用いているホスト材料のHOMO準位およびLUMO準位と類似したHOMO準位およびLUMO準位を有していることが好ましい。これによって、正孔を第一発光層5aから第三発光層5bに確実に伝搬することができる。また、励起エネルギーを燐光発光材料中に閉じ込めるために、発光層5に用いる燐光発光材料の励起三重項準位(T_1)よりも大きい T_1 を有している材料を用いることが好ましい。ただし、ホスト材料が燐光発光材料の T_1 よりも小さい T_1 を有している場合でも、その差が0.1 eV程度であれば、燐光発光材料からの励起エネルギーの移動は起こりにくい。したがって、燐光発光材料の T_1 よりも0.1 eV程度小さい T_1 を有しているホスト材料であれば、適用可能である。

20

【0048】

例えば、第一発光層5aを構成するホスト材料として、トリス(2, 4, 6-トリメチル-3-(ピリジン-3-イル)フェニル)ボラン(3TPYMB)(HOMO準位 = 6.8 eV, LUMO準位 = 3.3 eV, T_1 = 2.98 eV)、または1, 3, 5-トリ(m-ピリジ-3-イル-フェニル)ベンゼン(TmTyPB)(HOMO準位 = 6.6 eV, LUMO準位 = 2.73 eV, T_1 = 2.78 eV)等を用いることができるが、特にこれらに限定されるわけではない。

30

【0049】

同様に、電子が第二発光層5cから第三発光層5bに確実に伝搬されるように、第二発光層5cを構成するホスト材料には、燐光発光材料のLUMO準位9よりも不安定なLUMO準位を有する材料を用いている。そのため、第二発光層5cを構成するホスト材料は、従来正孔輸送性材料として用いているホスト材料のHOMO準位およびLUMO準位と類似したHOMO準位およびLUMO準位を有していることが好ましい。これによって、電子を第二発光層5cから第三発光層5bに確実に伝搬することができる。また、励起エネルギーを燐光発光材料中に閉じ込めるために、発光層5に用いる燐光発光材料の T_1 よりも大きい T_1 を有している材料を用いることが好ましい。ただし、ホスト材料が燐光発光材料の T_1 よりも小さい T_1 を有している場合でも、その差が0.1 eV程度であれば、燐光発光材料からの励起エネルギーの移動は起こりにくい。したがって、燐光発光材料の T_1 よりも0.1 eV程度小さい T_1 を有しているホスト材料であれば、適用可能である。

40

【0050】

例えば、第二発光層5cを構成するホスト材料として、1, 3-ビス(カルバゾール-9-イル)ベンゼン(mCP)(HOMO準位 = 5.9 eV, LUMO準位 = 2.4 eV, T_1 = 2.9 eV)、またはアダマンタンカルバゾール(Ad-Cz)(HOMO準位 = 5.8 eV, LUMO準位 = 2.6 eV, T_1 = 2.88 eV)等を用いることができるが、特にこれらに限定されるわけではない。

【0051】

50

上述したように、第三発光層 5 b において、正孔および電子を第三発光層 5 c 内に閉じ込めるために、燐光発光材料の HOMO 準位 8 よりも深い HOMO 準位を有し、燐光発光材料の LUMO 準位 9 よりも浅い LUMO 準位を有するホスト材料を使用している。例えば、スルホン化ポリ(2,6-ジメチル-1,4-フェニレンオキシド)(SPPO1)(HOMO 準位 = 6.5 eV, LUMO 準位 = 2.7 eV, T_1 = 2.9 eV)、または HOMO 準位と LUMO 準位とのギャップが大きい Si 系ホスト材料、または P 系ホスト材料等を用いることができる。Si 系ホスト材料とは、例えば、ジフェニルジ(o-トリル)シラン(UGH1)(HOMO 準位 = 7.2 eV, LUMO 準位 = 2.6 eV, T_1 = 3.15 eV)、p-ビス(トリフェニルシリル)ベンゼン(UGH2)、3,5-ジ(N-カルバゾリル)テトラフェニルシラン(SimCP)、3,5-ジ(9H-カルバゾル-9-イル)テトラフェニルシラン(SimCP2)、または 9-(4-テルト-ブチルフェニル)-3,6-ビス(トリフェニルシリル)-9H-カルバゾール(CzSi)(HOMO 準位 = 6.0 eV, LUMO 準位 = 2.5 eV, T_1 = 3.02 eV)等である。一方、P 系ホスト材料とは、例えば、PO1、2,8-ビス(ジフェニルフォスフォリル)ジベンゾチオフェン(PPT)(HOMO 準位 = 6.6 eV, LUMO 準位 = 2.9 eV, T_1 = 3.0 eV)、または 4-(ジフェニルフォスフォリル)-N,N-ジフェニルアニリン(HM-A1)等である。それ以外にも、2,2-ビス[(4-ベンズイロキシ)フェニル]プロパン(MMA1)、2,2-ビス(4-カルバゾイルフェニル)-1,1-ビフェニル(4CzPP)、4,4'-ジクロロベンゾフェノン(BCBP)、3,7-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゾ[1,2-b:4,5-b']ジフラン(CZBDP)、または(4-プロモフェニル)-5-メルカプト-1,2,3,4-テトラゾール(BPMT)等も適用可能である。また、励起エネルギーを燐光発光材料中に閉じ込めるために、発光層 5 に用いる燐光発光材料の T_1 よりも大きい T_1 を有しているホスト材料を用いることが好ましい。ただし、ホスト材料が燐光発光材料の T_1 よりも小さい T_1 を有している場合でも、その差が 0.1 eV 程度であれば、燐光発光材料からの励起エネルギーの移動は起こりにくい。したがって、燐光発光材料の T_1 よりも 0.1 eV 程度小さい T_1 を有しているホスト材料であれば、適用可能である。

【0052】

以上では、第一発光層 5 a、第二発光層 5 c、および第三発光層 5 b に適用可能なホスト材料について述べたが、必ずしも上記ホスト材料に限定されるわけではない。例えば、有機 EL 素子 1 に用いる燐光発光材料を決定した上で上述した条件を満たすような適当なホスト材料を選択して各発光層に用いれば良い。すなわち、上述した条件を満たすようなホスト材料であれば、以上に列記したホスト材料に限定されない。したがって、有機 EL 素子 1 の各層に用いるホスト材料の組み合わせ、および有機 EL 素子 1 に用いる燐光発光材料等を考慮して、用いるホスト材料をそれぞれ決定すれば良い。また、使用するホスト材料は三種類に限定されるわけではなく、少なくとも三種類のホスト材料を用いれば良い。

【0053】

次に正孔注入層 3 について説明する。正孔注入層 3 に用いることが可能な正孔注入性材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の正孔注入性材料を用いることができる。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ビフェニル(-NPD)、ジ-[4-(N,N-ジトリル-アミノ)-フェニル]シクロヘキササン(TAPC)(HOMO 準位 = 5.5 eV, LUMO 準位 = 1.8 eV, T_1 = 2.87 eV)、9,10-ジフェニルアントラセン-2-スルフォネート(DPAS)、N,N'-ジフェニル-N,N'-(4-(ジ(3-トリル)アミノ)フェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン(DNTPD)、イリジウム(III)トリス[N,N'-ジフェニルベンズイミダゾル-2-イリデン-C2,C2'](Ir(dpbic)₃)、4,4',4''-トリス-(N-カルバゾリル)-トリフェニルアミン(TCTA)、2,2-ビス(p-トリメリットオキシフェニル)プロパン酸無水物(BTPD)

、ビス〔４－（ｐ，ｐ－ジトリルアミノ）フェニル〕ジフェニルシラン（ＤＴＡＳｉ）、または上記第二発光層５ｃに用いるホスト材料等が適用可能である。

【００５４】

続いて正孔輸送層４について説明する。正孔輸送層４に用いることが可能な正孔輸送性材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の正孔輸送性材料を用いることができる。例えば、ＴＡＰＣ、ＤＰＡＳ、ＤＮＴＰＤ、Ｉｒ（ｄｐｂｉｃ）３、ＴＣＴＡ、ＢＴＰＤ、ＤＴＡＳｉ、または上記第二発光層５ｃに用いるホスト材料等が適用可能である。

【００５５】

次に電子輸送層６について説明する。電子輸送層６に用いることが可能な電子輸送性材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の電子輸送性材料を用いることができる。例えば、２，９－ジメチル－４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（ＢＣＰ）、１，３，５－トリス（Ｎ－フェニルベンズイミダゾル－２－イル）ベンゼン（ＴＰＢＩ）、３－フェニル－４（１’－ナフチル）－５－フェニル－１，２，４－トリアゾール（ＴＡＺ）、４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（Ｂｐｈｅｎ）、Ａｄ－Ｃｚ、ジパルミトイルホスファチジルセリン（ＤＰＰＳ）、１，３，５－トリ（ｍ－ピリド－３－イル－フェニル）ベンゼン（ＴｍＰｙＰＢ）、１，３，５－トリ（ｐ－ピリド－３－イル－フェニル）ベンゼン（ＴｐＰｙＰＢ）、または上記第一発光層５ａに用いるホスト材料等が適用可能である。

10

【００５６】

最後に、電子注入層７について説明する。電子注入層７に用いることが可能な電子注入性材料としては、特に限定されるものではなく、例えば公知の電子注入性材料を用いることができる。例えば、ＬｉＦ、ＢＣＰ、ＴＰＢＩ、ＴＡＺ、Ｂｐｈｅｎ、Ａｄ－Ｃｚ、ＤＰＰＳ、ＴｍＰｙＰＢ、ＴｐＰｙＰＢ、または上記第一発光層５ａに用いるホスト材料等が適用可能である。

20

【００５７】

（有機ＥＬ素子１の製造工程）

有機ＥＬ素子１の製造工程について、簡単に説明する。上述したように、通常有機ＥＬ素子は、スイッチング素子としてトランジスタを有しているが、本実施形態ではその製造工程については言及しない。

30

【００５８】

以下では、複数のトランジスタが島状に形成された基板上に、陽極２、有機層、および陰極を形成する工程を説明する。まず、各トランジスタの上に陽極２をパターン形成する（陽極形成工程）。そして、形成した陽極２上に有機層の各層を形成していく。なお、陽極２周辺の絶縁性を確保するために、陽極２周辺に有機絶縁膜（図示せず）を設けても良い。有機絶縁膜として、ポリイミド系等の樹脂材料等を用いるのが好ましいが、特にこれらに限定されるものではなく、例えば公知の有機絶縁材料を用いることができる。

【００５９】

そして、正孔注入層３を形成する（正孔注入層形成工程）。陽極２上に正孔注入性材料を蒸着させる。この際、当該正孔注入層３の膜厚は、４５ｎｍ程度であることが好ましい。このようにして、正孔注入層３を形成する。

40

【００６０】

続いて正孔輸送層４を形成する（正孔輸送層形成工程）。正孔注入層３上に正孔輸送性材料を蒸着させる。この際、当該正孔輸送層４の膜厚は、１５ｎｍ程度であることが好ましい。このようにして、正孔輸送層４を形成する。

【００６１】

次に発光層５を形成する。具体的には、正孔輸送層４上に第一発光層５ａ用のホスト材料と、燐光発光材料とを共蒸着させる（第一発光層形成工程）。この際、ホスト材料中に燐光発光材料を７．５％程度ドーピングさせることが好ましい。このようにして、第一発光層５ａを形成する。なお、層の厚さは１０ｎｍ程度であることが好ましい。

50

【0062】

そして、第一発光層5a上に第三発光層5b用のホスト材料と、燐光発光材料とを共蒸着させる（第三発光層形成工程）。この際、ホスト材料中に燐光発光材料を7.5%程度ドーピングさせることが好ましい。このようにして、第三発光層5bを形成する。なお、層の厚さは、好ましくは0.5~4nm程度、より好ましくは2nm程度であることが好ましい。これについて、図3を参照して、詳しく説明する。図3は、有機EL素子1および従来の有機EL素子における、発光層の膜厚と電流効率との関係を示す図である。縦軸は、電流効率を示し、横軸は、発光層の膜圧を示している。なお、有機EL素子1においては、第三発光層5bの膜厚としている。

【0063】

図3に示すように、有機EL素子1の第三発光層5bの膜厚が、20程度（nm）の時に電流効率が低いピークを示す。第三発光層5bの膜厚が20よりも小さくなるに従い電流効率は低下し、膜厚が20よりも大きくなるに従い電流効率は低下する。これは、第三発光層5bの膜厚が厚いと、第三発光層5bにおける正孔および電子の移動度が低くなり、正孔と電子とが再結合する確率が低下してしまうためである。したがって、第三発光層5bの膜厚はより薄い方が好ましいが、第三発光層5bの膜厚が薄いと、第一発光層5aから伝搬された正孔が第二発光層5cに移動してしまう。同様に、第二発光層5cから伝搬された電子が第一発光層5aに移動してしまう。その結果、図3に示すように、第三発光層5bにおける正孔と電子とが再結合する確率が低下してしまう。したがって、第三発光層5bの膜厚は、5~42（0.5~4.2nm）であることが好ましい。上記の場合、従来の有機EL素子（後述の比較例のケース）よりも電流効率が高くなる。また、さらには、第三発光層5bの膜厚は、10~30であることが望ましい。その際、従来の有機EL素子よりも電流効率が1.5倍となる。それにより、高効率な有機EL素子1が得られる。

【0064】

しかし、有機EL素子1の電流効率は、用いるホスト材料および燐光発光材料のHOMO準位とLUMO準位との差異、および正孔と電子との移動度の差異の影響を受ける。したがって、これらを考慮した上で最適な第三発光層5bの膜厚を決定すれば良く、第三発光層5bの膜厚は必ずしも上記範囲に限定されるものではない。

【0065】

次に第三発光層5b上に第二発光層5c用のホスト材料と、燐光発光材料とを共蒸着させる（第二発光層形成工程）。この際、ホスト材料中に燐光発光材料を7.5%程度ドーピングさせることが好ましい。このようにして、第二発光層5cを形成する。なお、層の厚さは30nm程度であることが好ましい。以上より、第一発光層5a、第二発光層5c、および第三発光層5bを有する発光層5が形成される。

【0066】

続いて電子輸送層6を形成する（電子輸送層形成工程）。発光層5上に電子輸送性材料を蒸着させる。この際、当該電子輸送層6の膜厚は、10nm程度であることが好ましい。このようにして、電子輸送層6を形成する。

【0067】

次に電子注入層7を形成する（電子注入層形成工程）。電子輸送層6上に電子注入性材料を蒸着させる。このようにして、電子注入層7を形成する。

【0068】

最後に、陰極を形成する（陰極形成工程）。電子注入層7上に陰極をパターン形成し、有機EL素子1は完成する。

【0069】

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0070】

例えば、上記実施形態では、燐光発光材料として青色の燐光発光材料を用いる場合を説明したが、青色以外の燐光発光材料、または蛍光発光材料等、他の有機発光材料も適用可能である。本実施形態に係る有機ＥＬ素子１に、青色燐光発光材料以外の有機発光材料を用いた場合でも、さらなる駆動電圧の低下を実現することができる。

【００７１】

また、正孔注入層３および電子注入層７にそれぞれドーパントをドーピングしても良い。さらに、正孔および電子の輸送を促進する目的で正孔輸送層４および電子輸送層６にそれぞれドーパントをドーピングしても問題ない。例えば、第一発光層５ａにｐ-ドーパント等のドーパントをドーピングして、第一発光層５ａに正孔注入層３および正孔輸送層４を兼ねさせても良い。同様に、第二発光層５ｂにｎ-ドーパント等のドーパントをドーピングして、第二発光層５ｂに電子輸送層６および電子注入層７を兼ねさせても良い。これによれば、有機ＥＬ素子１の層構造を単純化することができるので、製造プロセスを簡易にすることができる。また、各注入層および各輸送層をそれぞれ省略することができるため、有機ＥＬ素子１の製造コストを低く抑えることができる。

【００７２】

さらに、本実施形態に係る有機ＥＬ素子１を備えた表示手段を有する有機ＥＬ表示装置を実現することも可能である。その具体例を、図４に示す。図４は、有機ＥＬ素子１を備えた有機ＥＬ表示装置５０の概略を示す図である。

【００７３】

図４に示すように、有機ＥＬ素子１を備えた有機ＥＬ表示装置５０は、基板５２上に、画素部４３、ゲート信号側駆動回路２８、データ信号側駆動回路２９、配線４１、電流供給線４２、封止基板４４、ＦＰＣ（Flexible Printed Circuits）２６、および外部駆動回路２７を有している。

【００７４】

外部駆動回路２７は、画素部４３の走査ライン（走査線）をゲート信号側駆動回路２８により順次選択し、選択されている走査線に沿って配置されている各画素素子に対し、データ信号側駆動回路２９において画素データを書き込む。すなわち、ゲート信号側駆動回路２８が走査線を順次駆動し、データ信号側駆動回路２９がデータ線に画素データを出力することによって、駆動された走査線とデータが出力されたデータ線とが交差する位置に配置された画素素子が駆動される。

【００７５】

また、上述した有機ＥＬ表示装置を備えた電子機器を実現することも可能である。その具体例を、図５および図６に示す。図５は、有機ＥＬ表示装置を備えた携帯電話６０の概略を示す図である。図６は、有機ＥＬ表示装置を備えたテレビジョン受像機７０の概略を示す図である。

【００７６】

図５に示すように、携帯電話６０の表示部４９に、本実施形態に係る有機ＥＬ素子１を備えた有機ＥＬ表示装置を搭載することができる。なお、図に示す４５は音声入力部であり、４６は音声出力部であり、４７は本体部分であり、４８はアンテナであり、５１は操作スイッチである。これらの部材は、従来の携帯電話と同様の機能を有しているため、ここではその説明は省略する。また、携帯電話６０の具体的な構成についても、ここでは言及しない。

【００７７】

また、図６に示すように、テレビジョン受像機７０の表示部６１に、本実施形態に係る有機ＥＬ素子１を備えた有機ＥＬ表示装置を搭載することもできる。なお、図に示す６２はスピーカである。テレビジョン受像機７０は、表示部６１に本実施形態に係る有機ＥＬ表示装置を備えている点以外は、従来のテレビジョン受像機７０と同様の構成を有しているため、具体的な構成については、ここでは言及しない。

【００７８】

以上のように、本実施形態に係る有機ＥＬ素子１を備えることによって、発光効率が高

10

20

30

40

50

い有機ＥＬ表示装置が実現でき、該有機ＥＬ表示装置は、表示部を備えた各種の電子機器に搭載することが可能である。

【００７９】

なお、以上では、本実施形態に係る有機ＥＬ素子１を備えた表示手段を有する有機ＥＬ表示装置について説明したが、有機ＥＬ素子１は、照明装置の光源として利用することも可能である。その具体例を、図７に示す。図７は、有機ＥＬ素子１を備えた照明装置８０の概略を示す図である。

【００８０】

図７に示すように、有機ＥＬ素子１を備えた照明装置８０は、光学フィルム７１、基板１１、陽極２、有機ＥＬ層１０、陰極１３、熱拡散シート６４、封止基板６５、封止樹脂６３、放熱材６６、駆動用回路６７、配線６８、および引掛シーリング６９を有している。

10

【００８１】

以上のように、本実施形態に係る有機ＥＬ素子１を備えることによって、発光効率が高い照明装置を提供することができる。

【００８２】

〔実施形態の総括〕

以上のように、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位（ＨＯＭＯ）および最低空準位（ＬＵＭＯ）は、下記の関係式（３）および（４）を満たすことを特徴としている。

20

（３）| 第一ホスト材料のＬＵＭＯ | > | 有機発光材料のＬＵＭＯ |

（４）| 第二ホスト材料のＨＯＭＯ | < | 有機発光材料のＨＯＭＯ |

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第一ホスト材料、第二ホスト材料、および第三ホスト材料は、上記有機発光材料の励起三重項準位よりも高い励起三重項準位を有していることを特徴としている。

【００８３】

上記構成によれば、励起エネルギーを発光層中の有機発光材料中に閉じ込めることができ、有機発光材料からの励起エネルギーの移動を防ぐことができる。

【００８４】

30

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記第三ホスト材料のそれぞれの正孔移動度および電子移動度は、下記の関係式（５）および（６）を満たすことを特徴としている。

（５）第一ホスト材料の正孔移動度 > 第三ホスト材料の正孔移動度

（６）第二ホスト材料の電子移動度 > 第三ホスト材料の電子移動度

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第一発光層、上記第二発光層、および上記第三発光層のそれぞれの膜厚は、下記の関係式（７）および（８）を満たすことを特徴としている。

（７）第一発光層の膜厚 > 第三発光層の膜厚かつ第三発光層の膜厚 < 第二発光層の膜厚

（８） $5 \times 10^{-3} \text{ nm} < \text{第三発光層の膜厚} < 4 \times 10^{-2} \text{ nm}$

40

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第三発光層の膜厚は、下記の関係式（９）を満たすことを特徴としている。

（９） $1 \times 10^{-3} \text{ nm} < \text{第三発光層の膜厚} < 3 \times 10^{-2} \text{ nm}$

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位（ＨＯＭＯ）および最低空準位（ＬＵＭＯ）は、下記の関係式（１０）および（１１）の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴としている。

（１０） $0 \text{ eV} < (| \text{第一ホスト材料の LUMO} | - | \text{有機発光材料の LUMO} |) < 0.5 \text{ eV}$

（１１） $0 \text{ eV} < (| \text{有機発光材料の HOMO} | - | \text{第二ホスト材料の HOMO} |) < 0.5 \text{ eV}$

50

． 5 e V

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位（HOMO）および最低空準位（LUMO）は、下記の関係式（12）および（13）の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴としている。

$$(12) \quad 0.1 \text{ e V} \quad (| \text{第一ホスト材料の LUMO} | - | \text{有機発光材料の LUMO} |) \\ 0.3 \text{ e V}$$

$$(13) \quad 0.1 \text{ e V} \quad (| \text{有機発光材料の HOMO} | - | \text{第二ホスト材料の HOMO} |) \\ 0.3 \text{ e V}$$

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記有機層は、上記陽極から上記有機層への正孔の注入を促進するドーパントがドーブされた正孔注入層と、上記陰極から上記有機層への電子の注入を促進するドーパントがドーブされた電子注入層とを有していることを特徴としている。

10

【0085】

上記構成によれば、第一電極から注入されるキャリアの有機層への注入が促進され、第二電極から注入されるキャリアの有機層への注入が促進される。これより、発光層に正孔および電子を十分に伝搬することができる。

【0086】

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記正孔注入層と上記発光層との間には、上記ドーパントおよび上記有機発光材料がドーブされていない領域があることを特徴としている。

20

【0087】

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記電子注入層と上記発光層との間には、上記ドーパントおよび上記有機発光材料がドーブされていない領域があることを特徴としている。

【0088】

上記構成によれば、発光層と第一キャリア注入層との間の有機発光材料およびドーパントがドーブされていない領域は、キャリアのプロッキング層として働く。これより、発光層と第一キャリア注入層との界面においてエクサイプレックスによるエネルギー失活等を起こしてしまうのを防ぐことができる。すなわち、発光層から第一キャリア注入層へのエネルギーのロスを防ぐことができる。同様に、発光層と第二キャリア注入層との間の有機発光材料およびドーパントがドーブされていない領域も、発光層から第二キャリア注入層へのエネルギーのロスを防ぐことができる。

30

【0089】

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、さらに、上記有機発光材料は、燐光発光材料であることを特徴としている。

【0090】

上記構成によれば、発光効率が高く、発光寿命が長い有機EL素子を得ることができる。

【0091】

また、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法においては、上記第一ホスト材料、上記第二ホスト材料、および上記有機発光材料のそれぞれの最高被占準位（HOMO）および最低空準位（LUMO）は、下記の関係式（16）および（17）の少なくともいずれか一方を満たすことを特徴としている。

$$(16) \quad | \text{第一ホスト材料の LUMO} | > | \text{有機発光材料の LUMO} |$$

$$(17) \quad | \text{第二ホスト材料の HOMO} | < | \text{有機発光材料の HOMO} |$$

発明の詳細な説明の項においてなされた具体的な実施形態または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

40

50

【実施例】

【0092】

以下では、実施例を挙げて本発明をさらに詳しく説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、これら実施例に限定されるものではない。

【0093】

(実施例1)

ガラス基板上にプラズマ化学蒸着(プラズマCVD)法によってシリコン半導体膜を形成し、結晶化処理を施した後、多結晶半導体膜を形成した。続いて多結晶シリコン薄膜をエッチング処理し、複数の島状パターンを形成した。次に多結晶シリコン薄膜の各島の上に窒化ケイ素(SiN)をゲート絶縁膜として形成した。その後、チタン(Ti)-アルミニウム(Al)-チタン(Ti)の積層膜をゲート電極として順次形成し、エッチング処理によってパターニングを行った。当該ゲート電極の上に、Ti-Al-Tiを用いてソース電極およびドレイン電極を形成し、複数の薄膜トランジスタを作製した。

10

【0094】

形成した薄膜トランジスタ上にスルーホールを有する層間絶縁膜を形成して平坦化した。そして、当該スルーホールを介して酸化インジウムスズ(ITO)電極を陽極として形成した。ポリイミド系樹脂の単層でITO電極の周辺を取り囲むようにしてパターニングした後、ITO電極を形成した基板を超音波洗浄し、200の減圧下で3時間ベークした。

20

【0095】

続いて、陽極上に4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ピフェニル(-NPD)を真空蒸着法によって蒸着速度1/ssecで蒸着した。このようにして、陽極上に膜厚45nmの正孔注入層を形成した。

【0096】

その後、正孔注入層上にN,N-ジカルバゾイル-3,5-ベンゼン(mCP)を真空蒸着法によって蒸着速度1/ssecで蒸着した。このようにして、正孔注入層上に膜厚15nmの正孔輸送層を形成した。

【0097】

そして、正孔輸送層上に2,8-ビス(ジフェニルフォスフォリル)ジベンゾチオフェン(PPT)と、イリジウム(III)ビス(4',6'-ジフルオロフェニルピリジナト)テトラキス(1-ピラゾリル)ボレート(FIr6)とを真空蒸着法によって共蒸着した。この際、PPT中にFIr6が7.5%程度含まれるようにドーブした。このようにして、正孔輸送層上に膜厚10nmの第一発光層を形成した。

30

【0098】

その後、第一発光層上に、ジフェニルジ(o-トリル)シラン(UGH1)と、FIr6とを真空蒸着法によって共蒸着した。この際、UGH1中にFIr6が7.5%程度含まれるようにドーブした。このようにして、第一発光層上に膜厚2nmの第三発光層を形成した。

【0099】

そして、第三発光層上に9-(4-テルト-ブチルフェニル)-3,6-ビス(トリフェニルシリル)-9H-カルバゾール(CzSi)と、FIr6とを真空蒸着法によって共蒸着した。この際、CzSi中にFIr6が7.5%程度含まれるようにドーブした。このようにして、第三発光層上に膜厚30nmの第二発光層を形成した。

40

【0100】

次に、第二発光層上に1,3,5-トリス(N-フェニルベンズイミダゾル-2-イル)ベンゼン(TPBI)を真空蒸着法によって蒸着した。このようにして、第二発光層上に膜厚10nmの電子輸送層を形成した。

【0101】

続いて、電子輸送層上にフッ化リチウム(LiF)を真空蒸着法によって蒸着速度1/ssecで蒸着し、膜厚0.5nmのLiF膜を形成した。その後、LiF膜上にアルミ

50

ニウム (Al) を用いて膜厚 100 nm の Al 膜を形成した。このようにして、LiF と Al との積層膜を陰極として形成し、有機 EL 素子を作製した。

【0102】

得られた有機 EL 素子の 1000 cd/m^2 における電流効率および寿命 T_{50} を測定した。その結果、電流効率は 20 cd/A となり、寿命 T_{50} は 3000 h と良好な値を示した。

【0103】

上記した実施例では、発光層が多層構造をしており、当該発光層のホスト材料には、燐光発光材料を考慮した材料を用いている。具体的には、本実施例では、FIr6 の最高被占準位 (HOMO 準位) よりも深い HOMO 準位を有する PPT を第一発光層のホスト材料として用いている。また、FIr6 の最低空準位 (LUMO 準位) よりも浅い LUMO 準位を有する CzSi を第二発光層のホスト材料として用いている。さらに、第三発光層のホスト材料として、FIr6 の HOMO 準位より深い HOMO 準位を有し、FIr6 の LUMO 準位より浅い LUMO 準位を有する UGH1 を用いている。これより、陽極から注入される正孔を確実に第三発光層にまで伝搬することができる。同様に、陰極から注入される電子を確実に第三発光層にまで伝搬することができる。また、第三発光層の HOMO 準位と LUMO 準位とのギャップが大きくなるように構成しているので、第三発光層内に正孔および電子を閉じ込めることができる。その結果、正孔および電子が再結合する確率を上げることができる。したがって、本実施例に係る有機 EL 素子では、正孔および電子を効率良く伝搬することができるので、電流効率および寿命 T_{50} 共に良好な値を示した。

【0104】

(実施例 2)

実施例 1 の第二発光層のホスト材料 CzSi (HOMO 準位 = 6.0 eV , LUMO 準位 = 2.5 eV) の代わりに、アダマンタン カルバゾール (Ad-Cz) (HOMO 準位 = 5.8 eV , LUMO 準位 = 2.6 eV) を用い、発光材料は実施例 1 と同じように、FIr6 (HOMO 準位 = 6.1 eV , LUMO 準位 = 3.1 eV) を用いた第二発光層を持つ有機 EL 素子を作製した。上記の第二発光層のホスト材料として Ad-Cz を用いる点以外は、実施例 1 と同じ膜厚構成で作製した。

【0105】

得られた有機 EL 素子の 1000 cd/m^2 における電流効率および駆動電圧を測定した。その結果、電流効率は 15 cd/A となり、電圧は実施例 1 の約 8 割となり、良好な値を示した。したがって、第二発光層のホスト材料の HOMO 準位と燐光発光材料との HOMO 準位との差が、実施例 1 のように 0.1 eV であっても、実施例 2 のように 0.3 eV であっても、良好な値を示すことが分かった。

【0106】

これは、有機 EL 素子の正孔および電子の輸送は、ホッピング伝導によって行われていることに関係している。ホッピング伝導の際、正孔がトラップされている準位と、正孔がホッピングする準位との差を E とすると、正孔の移動度は、 $\exp(-E/RT)$ で下がっていく (R : 気体定数, T : 絶対温度 [K])。以上の点から、第二発光層を構成するホスト材料の HOMO 準位は、燐光発光材料の HOMO 準位よりも浅いことが好ましい。

【0107】

ここで、第二発光層を構成するホスト材料の HOMO 準位と、燐光発光材料の HOMO 準位との差を 0.5 eV より大きくすると、正孔が熱的に励起できる確率が低くなってしまふ。したがって、第二発光層を構成するホスト材料の HOMO 準位と、燐光発光材料の HOMO 準位との差が 0.5 eV 以内であることがより好ましいと言える。具体的な例で示すと、電子 (正孔) 移動速度は、下記式 (1) のように、一般的なアレニウス式で表すことができる。 k_{ET} は電子 (正孔) 移動速度定数であり、 A は頻度因子 (温度に無関係な定数) である。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

$$k_{E T} = A \exp(-E / RT) \quad \dots (1)$$

A は、非特許文献 3 に記載されているように、分子間の反応の場合では、 $10^{11} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ とされている。この際、E の数値による速度定数の値を式 (1) から算出した結果を下記に示す。

【 0 1 0 9 】

$$E = 0.1 \text{ eV の場合、 } k_{E T} = 2.0 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$$

$$E = 0.2 \text{ eV の場合、 } k_{E T} = 4.1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$$

$$E = 0.3 \text{ eV の場合、 } k_{E T} = 8.4 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$$

$$E = 0.4 \text{ eV の場合、 } k_{E T} = 1.7 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$$

$$E = 0.5 \text{ eV の場合、 } k_{E T} = 3.5 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$$

$$E = 0.6 \text{ eV の場合、 } k_{E T} = 7.1 \text{ s}^{-1}$$

以上から、E が 0.5 eV 以内では、サブ ms (0.5 eV 時, 29 ms) 以内で電子移動が第一発光層を構成するホスト材料から燐光発光材料へと分子間で進行するが、0.6 eV を超えると秒単位でしか電子移動が進行しないことが分かる。つまり、電子が 0.5 eV 以内の差であれば、アップヒルのエネルギー差であろうとも、電子移動が起こり得ると言える。

【 0 1 1 0 】

また、電場によって安定化されるエネルギー $[f(x)]$ は、下記式 (2) のように表すことができる。具体的には、V という電場をかけた際における距離 x の位置で電子が安定化するエネルギーである。なお、q は素電荷 (電子の電荷の絶対値) である。

【 0 1 1 1 】

$$f(x) = -qVx \quad \dots (2)$$

つまり、式 (2) から分かるように、電場をかけることで逆方向への電子 (正孔) の移動は起こりにくくなり、あくまで電場の勾配に沿って電子 (正孔) 移動が起こりやすいと言える。すなわち、電場の影響で一度正孔が移されると、正孔は第一発光層から正孔輸送材料等の陽極側材料へ戻りにくく、第一発光層を構成するホスト材料から燐光発光材料へと移る方が優勢となる。

【 0 1 1 2 】

したがって、第二発光層を構成するホスト材料の HOMO 準位と、燐光発光材料の HOMO 準位との差を 0.5 eV 以内にすると、正孔が熱的に励起する確率が高くなり、正孔および電子が再結合する確率を高めることができる。実施例 2 の結果に基づけば、第二発光層を構成するホスト材料の HOMO 準位と、燐光発光材料の HOMO 準位との差は、0.3 eV 以内であることがより好ましい。

【 0 1 1 3 】

また、第二発光層を構成するホスト材料の HOMO 準位と、燐光発光材料の HOMO 準位との差を 0 eV よりも大きくすることが好ましい。デバイスの低電圧化につながるため、0.1 eV 異常にすることがより好ましい。

【 0 1 1 4 】

さらに、第一発光層を構成するホスト材料の LUMO 準位と、燐光発光材料の LUMO 準位の間の差も上記と同じ理由により、0 eV よりも大きく、0.5 eV 以内であることが好ましい。より好ましくは、0.1 eV 以上 0.3 eV 以内である。

【 0 1 1 5 】

(比較例 1)

実施例 1 の有機 EL 素子から第一発光層および第二発光層をなくし、ワイドギャップホストの UGH1 を使用した単一発光層の有機 EL 素子を作製した。実施例 1 と同様に、正孔輸送層まで形成し、次に正孔輸送層上に UGH1 と FIr6 とを真空蒸着法によって共蒸着した。この際、UGH1 中に FIr6 が 7.5 % 程度含まれるようにドーブした。このようにし、膜厚 30 nm の発光層 (単一層) を形成した。

【 0 1 1 6 】

そして、上記の発光層上に、電子輸送層、LiF、およびAlを実施例1と同様に形成し、有機EL素子を作製した。

【0117】

得られた有機EL素子の 1000 cd/m^2 における電流効率を測定したところ、電流効率は 10 cd/A となり、実施例1の半分となった。

【0118】

(比較例2)

実施例1の第二発光層のホスト材料CzSiの代わりに、UGH1を用い、発光材料は実施例1と同じように、FIr6を用いた第二発光層を持つ有機EL素子を作製した。上記の第二発光層のホスト材料としてUGH1を用いる点以外は、実施例1と同じ膜厚構成作製した。

10

【0119】

得られた有機EL素子の 1000 cd/m^2 における電流効率および駆動電圧を測定した。その結果、電流効率は 10 cd/A となり、実施例1の半分となった。また、駆動電圧は実施例1の約2倍となった。

【産業上の利用可能性】

【0120】

本発明は、有機EL素子を用いた各種デバイスに利用することが可能であり、例えばテレビ等の表示装置等に利用することができる。

【符号の説明】

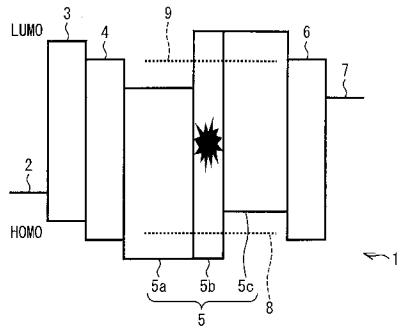
20

【0121】

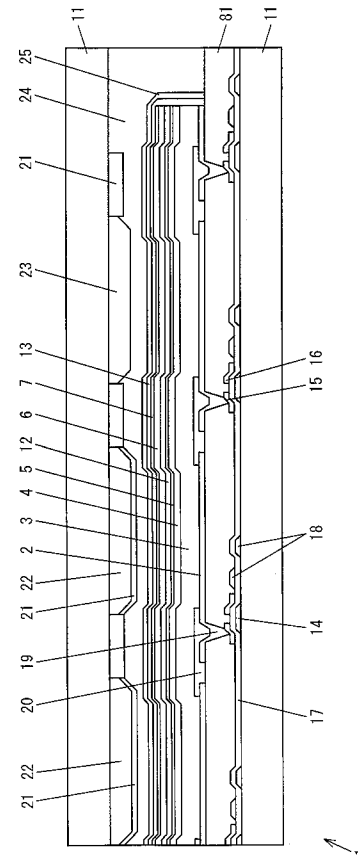
- 1, 31 有機EL素子
- 2, 32 陽極
- 3, 33 正孔注入層
- 4, 34 正孔輸送層
- 5, 35 発光層
- 5a 第一発光層
- 5b 第三発光層
- 5c 第二発光層
- 6, 36 電子輸送層
- 7, 37 電子注入層
- 8, 38 燐光発光材料の最高被占準位
- 9, 39 燐光発光材料の最低空準位

30

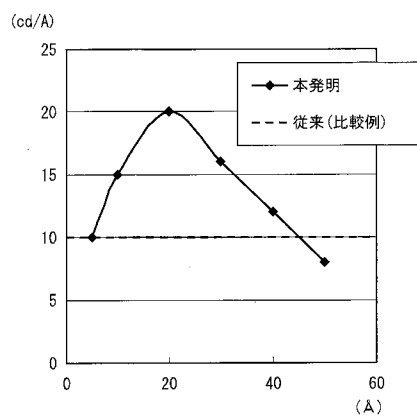
【図 1】



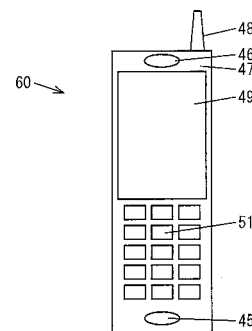
【図 2】



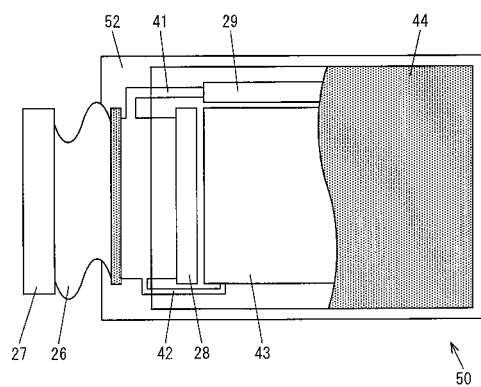
【図 3】



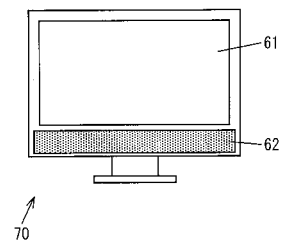
【図 5】



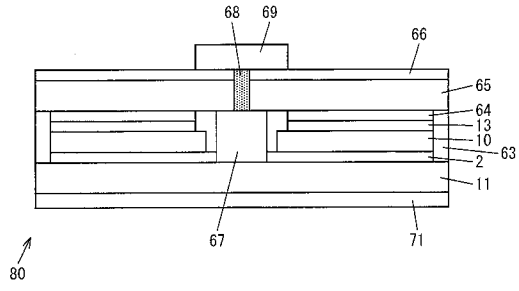
【図 4】



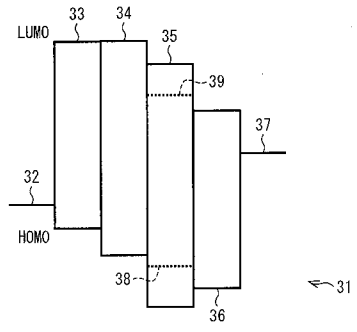
【図 6】



【 図 7 】



【圖 8】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/067879

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L51/50(2006.01)i, H05B33/10(2006.01)i, H05B33/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L51/50, H05B33/10, H05B33/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-251097 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 27 September 2007 (27.09.2007), paragraphs [0055] to [0066], [0084], [0118], [0135], [0167] to [0175], [0185] to [0191], [0212] to [0214]; fig. 3, 8 (Family: none)	1-15
A	WO 2006/070619 A1 (Konica Minolta Holdings, Inc.), 06 July 2006 (06.07.2006), paragraphs [0223] to [0274] (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 January, 2011 (07.01.11)Date of mailing of the international search report
25 January, 2011 (25.01.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/067879

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-203293 A (Mitsubishi Chemical Corp.), 28 July 2005 (28.07.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2005-108572 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 21 April 2005 (21.04.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2006-100806 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 April 2006 (13.04.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-277494 A (Canon Inc.), 13 November 2008 (13.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2009-147276 A (Canon Inc.), 02 July 2009 (02.07.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2009-181755 A (Seiko Epson Corp.), 13 August 2009 (13.08.2009), entire text; all drawings & US 2009/0261360 A1	1-15

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2010/067879									
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L51/50(2006.01)i, H05B33/10(2006.01)i, H05B33/12(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L51/50, H05B33/10, H05B33/12											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2011年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2011年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2011年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2011年	日本国実用新案登録公報	1996-2011年	日本国登録実用新案公報	1994-2011年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2011年										
日本国実用新案登録公報	1996-2011年										
日本国登録実用新案公報	1994-2011年										
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
A	JP 2007-251097 A（コニカミノルタホールディングス株式会社） 2007.09.27, 段落【0055】-【0066】，【0084】，【0118】，【0135】， 【0167】-【0175】，【0185】-【0191】，【0212】-【0214】，【図3】， 【図8】（ファミリーなし）	1-15									
A	WO 2006/070619 A1（コニカミノルタホールディングス株式会社） 2006.07.06, 段落【0223】-【0274】（ファミリーなし）	1-15									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 </td> <td> の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>				* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 07.01.2011		国際調査報告の発送日 25.01.2011									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 濱野 隆 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	20 9108								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 0 / 0 6 7 8 7 9
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-203293 A (三菱化学株式会社) 2005. 07. 28, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2005-108572 A (三洋電機株式会社) 2005. 04. 21, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2006-100806 A (三洋電機株式会社) 2006. 04. 13, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-277494 A (キヤノン株式会社) 2008. 11. 13, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2009-147276 A (キヤノン株式会社) 2009. 07. 02, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2009-181755 A (セイコーエプソン株式会社) 2009. 08. 13, 全文 全図 & US 2009/0261360 A1	1-15

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 9 F 9/30 3 6 5 Z

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	有机电致发光器件，制造相同的有机电致发光显示器的方法		
公开(公告)号	JPWO2011065136A1	公开(公告)日	2013-04-11
申请号	JP2011543162	申请日	2010-10-12
[标]申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
申请(专利权)人(译)	夏普公司		
[标]发明人	岡本健		
发明人	岡本 健		
IPC分类号	H05B33/12 H01L51/50 H05B33/10 G09F9/30 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5016 H01L51/529 H01L2251/5384 H01L2251/552 H01L2251/558		
FI分类号	H05B33/12.C H05B33/14.B H05B33/10 H05B33/22.B H05B33/22.D G09F9/30.365.Z		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC02 3K107/CC03 3K107/CC04 3K107/CC06 3K107/CC12 3K107/CC21 3K107/DD51 3K107/DD53 3K107/DD58 3K107/DD67 3K107/DD68 3K107/DD69 3K107/DD72 3K107/DD73 3K107/DD75 3K107/DD76 3K107/EE03 3K107/EE10 3K107/FF04 3K107/FF15 3K107/FF19 3K107/FF20 5C094/AA10 5C094/AA24 5C094/BA27 5C094/FB01 5C094/FB20 5C094/HA08		
优先权	2009270820 2009-11-27 JP		
其他公开文献	JP5475003B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

有机EL元件 (1) 包括三层结构的发光层 (5) 。 第一发光层 (5a) 由 HOMO 比有机发光材料高的主体材料 (| HOMO (第一发光层的主体材料) || HOMO (发磷光的材料 |) 制成。 。 第二发光层 (5c) 由 LUMO 比有机发光材料低的主体材料 (| LUMO (第二发光层的主体材料 ||| LUMO (磷光发光材料 ||)) 构成。 。 第三发光层 (5b) 由 HOMO 比有机发光材料 (| HOMO (用于第三发光层的主体材料) | > | HOMO (发磷光的材料) 高的材料制成。) | , | LUMO (第三发光层的主体材料) | < | LUMO (发磷光的材料 |) 。 这确保了将空穴和电子转移至第三发光层 (5c) 。 因此，空穴和电子之间的复合率增加，用于驱动有机EL元件 (1) 的电压降低，并且发光效率提高。

[图1]

