

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年12月16日(16.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/143434 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 51/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/003869
- (22) 国際出願日: 2010年6月10日(10.06.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-141347 2009年6月12日(12.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 出光興産株式会社 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008321 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西村和樹 (NISHIMURA, Kazuki) [JP/JP]; 〒2990293 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP). 河村祐一郎 (KAWAMURA, Yuichiro) [JP/JP]; 〒2990293 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP). 荻原俊成 (OGIWARA, Toshinari) [JP/JP]; 〒2990293 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP). 熊均 (KUMA, Hitoshi) [JP/JP]; 〒2990293 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP). 福岡賢一 (FUKUOKA, Kenichi) [JP/JP]; 〒2990293 千葉県

袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP). 細川地潮 (HOSOKAWA, Chishio) [JP/JP]; 〒2990293 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP).

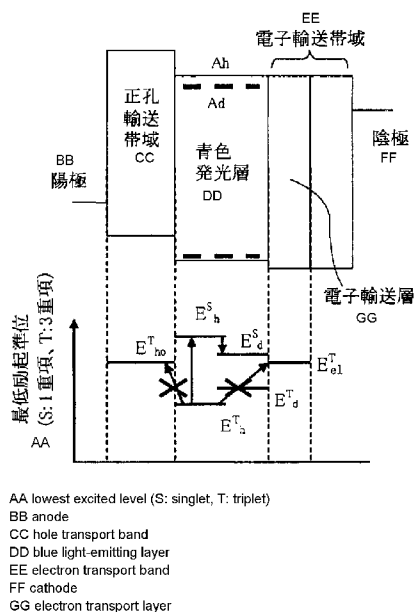
- (74) 代理人: 渡辺喜平, 外 (WATANABE, Kihei et al.); 〒1010041 東京都千代田区神田須田町一丁目26番 芝信神田ビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, 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.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

[続葉有]

(54) Title: ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT

(54) 発明の名称: 有機エレクトロルミネッセンス素子

[図2]



(57) Abstract: Disclosed is an organic electroluminescent element provided with a hole transport band, a light-emitting layer, and an electron transport band in said order from the anode side between an anode and cathode that face each other, wherein: the light-emitting layer is formed with a red light-emitting layer, a green light-emitting layer, and a blue light emitting layer; the blue light emitting layer comprises a host (BH) and a fluorescent dopant (FBD), and the triplet energy (E^T_{fbd}) of the fluorescent dopant (FBD) is greater than the triplet energy (E^T_{bh}) of the host (BH); the green light-emitting layer comprises a host (GH) and a phosphorescent dopant (PGD); a common electron transport layer that abuts the red light-emitting layer, the green light-emitting layer, and the blue light-emitting layer is positioned within the electron transport band, and the triplet energy (E^T_{el}) of the material that constitutes the electron transport layer is greater than the triplet energy (E^T_{bh}); and the affinity difference between the host (GH) and the material that constitutes the electron transport layer does not exceed 0.4eV.

(57) 要約: 対向する陽極と陰極の間に、陽極側から、正孔輸送帯域と発光層と電子輸送帯域とをこの順に備え、前記発光層は、赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層から形成され、前記青色発光層は、ホストBHと蛍光発光性ドーパントFBDを含み、前記蛍光発光性ドーパントFBDの3重項エネルギー E^T_{fbd} が前記ホストBHの3重項エネルギー E^T_{bh} より大きく、前記緑色発光層は、ホストGHと燐光発光性ドーパントPGDを含み、前記電子輸送帯域内に、前記赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層に隣接して共通の電子輸送層が設けられ、前記電子輸送層を構成する材料の3重項エネルギー E^T_{el} が E^T_{bh} より大きく、前記ホストGHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4eV以内である、有機エレクトロルミネッセンス素子。

WO 2010/143434 A1

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, 添付公開書類:
SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：有機エレクトロルミネッセンス素子

技術分野

[0001] 本発明は、有機エレクトロルミネッセンス（ＥＬ）素子、特に高効率の有機ＥＬ素子に関する。

背景技術

[0002] 有機ＥＬ素子とその発光原理に従って分類すると、蛍光型と燐光型の二種類に分けることができる。有機ＥＬ素子に電圧を印加すると、陽極から正孔が、また陰極から電子が注入され、発光層においてこれらが再結合し励起子を形成する。形成された励起子は、電子スピンの統計則により、１重項励起子と３重項励起子となり、これらは２５％：７５％の割合で生成する。このため、１重項励起子による蛍光発光の内部量子効率は２５％が限界といわれている。蛍光材料を用いた蛍光型素子は最近長寿命化技術が進展し、携帯電話やテレビ等のフルカラーディスプレイへ応用されつつあるものの、高効率化が課題であった。

[0003] 蛍光型素子の高効率化技術に関連し、これまで有効活用されていなかった３重項励起子から発光を取出す技術がいくつか開示されている。例えば非特許文献１では、アントラセン系化合物をホスト材料に用いたノンドープ素子を解析し、メカニズムとして、二つの３重項励起子が衝突融合することにより１重項励起子が生成し、その結果、蛍光発光が増加している。しかしながら非特許文献１では、ホスト材料のみのノンドープ素子において、３重項励起子が衝突融合することによって蛍光発光の増加が確認されたことを開示するのみであり、３重項励起子による効率の増加分は３～６％と低い効果であった。

[0004] 非特許文献２には、青色蛍光素子において内部量子効率２８．５％という従来の理論限界値２５％を超えるような報告がなされている。しかしながら２５％を超えるための技術的手段は何ら開示されておらず、またフルカラー

有機ELテレビの実用化という観点では更なる高効率化が求められていた。

[0005] また、蛍光素子において3重項励起子を利用した別の例が特許文献1に開示されている。通常の有機分子では、最低3重項励起状態(T1)は最低1重項励起状態(S1)よりも低いが、高い3重項励起状態(T2)はS1よりも高い場合がある。このような場合にT2からS1への遷移が起こることにより、1重項励起状態からの発光を得ることができるとされている。しかしながら、実際には外部量子効率6%程度(光取出し効率を25%とすると、内部量子効率24%)であり、従来から言われている限界値25%を超えるものではなかった。また、ここでのメカニズムは一分子内での3重項励起状態から1重項励起状態への項間交差によるものであり、非特許文献1が開示している二つの3重項励起子の衝突による1重項の生成現象は起きていない。

[0006] 特許文献2, 3には、蛍光素子においてBCP(バソクプロイン)やBPhen等のフェナントロリン誘導体を正孔障壁層に用いることにより、正孔障壁層と発光層の界面における正孔の密度を高め、効率よく再結合を起こす技術が開示されている。しかしながら、BCP(バソクプロイン)やBPhen等のフェナントロリン誘導体は正孔に対して脆弱性があり、酸化耐久性に劣り、素子の長寿命化という観点からは性能が不十分であった。

[0007] また、特許文献4, 5には、蛍光素子において、発光層と接する電子輸送層の材料としてアントラセン誘導体等の芳香族化合物を用いた例が開示されている。しかしながら、これらは生成された1重項励起子が、短い時間の間に蛍光発光することを前提に設計された素子であるため、いわゆる燐光素子で通常設計される電子輸送層の3重項エネルギーとの関係については考慮されておらず、実際に、電子輸送層の3重項エネルギーが発光層の3重項エネルギーに比べて小さいため、発光層内で生成した3重項励起子は電子輸送層まで拡散されてしまい、その後、熱的失活過程を経ており、従来の蛍光発光の理論限界値である25%を超えることが困難であった。さらに、電子輸送層のアフィニティが大き過ぎるため、アフィニティの小さい発光層への電子

注入性が悪く、高効率化という効果は必ずしも得られていなかった。また、特許文献6には、長寿命・高効率な青色発光を示すフルオランテン系ドーパントを用いた素子が開示されているが、必ずしも高効率とはいえなかった。

[0008] 尚、燐光型は、直接3重項励起子からの発光を用いる。1重項励起子も発光分子内部のスピン転換により3重項励起子へ変換されるため、原理的には100%近い内部発光効率が得られると期待されている。そのため、2000年にForrestらによりIr錯体を用いた燐光発光素子が発表されて以来、有機EL素子の高効率化技術として燐光発光素子が注目されている。しかしながら、赤色燐光素子は実用化の領域に達しているものの、緑、青燐光素子については蛍光型素子に比べて寿命が短く、とくに青色燐光については寿命のみならず色純度や発光効率が不十分である、といった課題があり、実用化には至っていないのが現状である。

[0009] 一方、フルカラーの有機EL素子を得るために、発光層を青色蛍光発光層、緑色燐光発光層、赤色燐光発光層と塗り分ける方法がある。この場合、発光層以外の周辺層を、3つの発光層に対し共通層とすることで、製造工程が減り量産が容易となる。しかし、青色蛍光発光層、緑色燐光発光層、赤色燐光発光層では、構成する材料の物性値、例えばアフィニティやイオン化ポテンシャル、エネルギーギャップ等が大きく異なる。従って、周辺層を共通層としたときには、エネルギーギャップが最も大きい緑色燐光発光層に対してキャリア注入性の最適化を図る構成をとるため、それ以外の発光層（とりわけ青色蛍光発光層）について性能の低下が起こっていた。

[0010] 特許文献9には、発光層を、蛍光発光性ドーパントを含む青色発光層、燐光発光性ドーパントを含む緑色発光層、燐光発光性ドーパントを含む赤色発光層から構成され、正孔抑制層を共通層として設ける素子が記載されている。

正孔抑制層を共通層とすることによって製造工程を減らしているが、正孔抑制層を共通層として用いたことによって、正孔障壁層から各発光層への電子注入が課題となっていた。実際に、青色発光層と正孔抑制層とのアフィニ

ティの差は0.2 eV程度と小さいが、緑色発光層にCBPのようなアフィニティの小さい材料を用いているため、正孔抑制層とのアフィニティの差が大きく、0.6 eV程度となっている。このため緑色発光層において電子注入性が低下し、駆動電圧が高くなっている。さらに、緑色燐光発光層と正孔抑制層の界面に結合領域が集中するために、励起子の拡散が大きく緑色発光層の発光効率が上がらなかった。

- [0011] 特許文献10には、燐光発光性ドーパントを含む発光層と、電子輸送層のアフィニティの差 ΔA_f が、 $0.2 < \Delta A_f \leq 0.65$ eVである有機EL素子が開示されている。しかし、青色発光層、緑色発光層、赤色発光層の塗りわけを行う場合、発光層の効率化に関しては開示がなされていない。

先行技術文献

特許文献

- [0012] 特許文献1：特開2004-214180号公報
特許文献2：特開平10-79297号公報
特許文献3：特開2002-100478号公報
特許文献4：特開2003-338377号公報
特許文献5：WO2008/062773
特許文献6：WO2007/100010
特許文献7：特表2002-525808号公報
特許文献8：US登録公報7018723
特許文献9：特開2005-158676号公報
特許文献10：WO2005/076668

非特許文献

- [0013] 非特許文献1：Journal of Applied Physics, 102, 114504 (2007)
非特許文献2：SID2008 DIGEST, 709 (2008)

発明の概要

[0014] そこで、本発明者らは、非特許文献 1 に記載のある現象、即ち二つの 3 重項励起子の衝突融合により 1 重項励起子が生成する現象（以下、Triplet-Triplet Fusion=TTF 現象、と呼ぶ）に着目し、TTF 現象を効率的に起こして蛍光素子の高効率化を図る検討を実施した。具体的には、蛍光素子に用いることのできるホスト材料（単にホストという場合がある）、蛍光発光性ドーパント材料（単にドーパントという場合がある）の組合せを種々検討した結果、ホストとドーパントの 3 重項エネルギーが特定の関係にあり、及び発光層の陰極側界面に隣接する層として、3 重項エネルギーが大きい材料を用いた場合に、3 重項励起子が発光層内に閉じ込められ、TTF 現象を効率的に起こして蛍光素子の高効率かつ長寿命を実現するに至った。

また、フルカラー素子における、青色蛍光発光層、緑色燐光発光層及び赤色燐光発光層のそれぞれのホストのアフィニティの関係に着目し、電子注入性を改善し、青色蛍光発光層、緑色燐光発光層及び赤色燐光発光層に共通して設けられる電子輸送層に用いられる材料の関係を見出し、フルカラー素子の高効率化を実現するに至った。

[0015] なお、燐光型素子において、1 重項励起子に比べて励起子寿命が長い 3 重項励起子の発光層外への拡散を防止する目的で、発光層の陰極側界面に隣接する層として、3 重項エネルギーが大きい材料を用いることによって高効率を達成することが知られている。特表 2002-525808 号公報には発光層に隣接するようにフェナントロリン誘導体である BCP（バソクプロイン）からなる障壁層を設け、正孔や励起子を閉じ込めることにより高効率化を図る技術が開示されている。また、US 登録公報 7018723 においては、特定の芳香族環化合物を正孔障壁層に用いて高効率・長寿命化を図っている。しかしながら、これらの文献は燐光型素子においては、上記 TTF 現象は、TTA（Triplet-Triplet Annihilation：3 重項対消滅）と呼ばれ、燐光の特徴である 3 重項励起子からの発光を損なう現象として知られており、本発明のように 3 重項励起子を発光層内に

効率的に閉じ込めることが、燐光型素子においては必ずしも高効率化にはつながらないといえる。

[0016] 本発明の目的は、青色発光層、緑色発光層、赤色発光層を有する有機EL素子において、製造コストを高くすることなく、効率及び寿命を改善することである。

[0017] 本発明によれば、以下の有機EL素子が提供される。

1. 対向する陽極と陰極の間に、陽極側から、正孔輸送帯域と発光層と電子輸送帯域とをこの順に備え、

前記発光層は、赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層から形成され、

前記青色発光層は、ホストBHと蛍光発光性ドーパントFBDとを含み、

前記蛍光発光性ドーパントFBDの3重項エネルギー E^T_{fbd} が前記ホストBHの3重項エネルギー E^T_{bh} より大きく、

前記緑色発光層は、ホストGHと燐光発光性ドーパントPGDとを含み、

前記電子輸送帯域内に、前記赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層に隣接して共通の電子輸送層が設けられ、前記電子輸送層を構成する材料の3重項エネルギー E^T_{el} が E^T_{bh} より大きく、

前記ホストGHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0

. 4 eV以内である、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

2. 前記赤色発光層は、ホストRHと燐光発光性ドーパントPRDとを含み、

前記ホストRHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0

. 4 eV以内である1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

3. 前記ホストBHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0. 4 eV以内である1又は2に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

4. 前記電子輸送層を構成する材料の電子移動度が、電界強度0. 04 ~ 0. 5 MV/cmの範囲において $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である1乃至3のいずれ

かに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

5. 前記電子輸送帯域内に、前記電子輸送層と前記陰極の間に電子注入層が設けられている 1 乃至 4 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

6. 前記ホスト GH のアフィニティ $A f_{g_h}$ が 2.6 eV 以上である 1 乃至 5 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

7. 前記ドーパント GD のイオン化ポテンシャル $I p_{g_d}$ が 5.2 eV 以上である 1 乃至 6 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

8. 前記青色発光層、前記緑色発光層、前記赤色発光層のうち少なくとも一つの発光層に第二ドーパントを含む 1 乃至 7 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

9. 前記緑色発光層が第二ドーパント GD 2 を含む 8 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

10. 前記第二ドーパント GD 2 のアフィニティ $A f_{g_{d2}}$ と前記ホスト GH のアフィニティ $A f_{g_h}$ の差が 0.4 eV 以内である 9 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

11. 前記ホスト BH が環式構造以外に二重結合を含まない化合物である 1 乃至 10 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

[0018] 本発明によれば、青色発光層、緑色発光層、赤色発光層を有する有機 EL 素子において、製造コストを高くすることなく、効率及び寿命を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1] 本発明の一実施形態にかかる有機 EL 素子の構成を示す図である。

[図2] 本発明の一実施形態にかかる青色発光層のエネルギー状態を示す図である。

[図3] 本発明の一実施形態にかかる緑色発光層のエネルギー状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明の有機ＥＬ素子の構成について図を参照して説明する。

図１は、本発明の一実施形態にかかる有機ＥＬ素子の構成を示す図である。

有機ＥＬ素子１は、基板上６０の対向する陽極１０と陰極５０の間に、陽極１０側から、正孔輸送帯域２０と発光層３０と電子輸送帯域４０とをこの順に備える。

発光層３０は、青色発光層３２、緑色発光層３４及び赤色発光層３６から形成される。前記発光層３０は、基板面に対し垂直方向に、赤色発光層３６、緑色発光層３４、青色発光層３２が並置して設けられる。青色発光層３２は、ホストＢＨと蛍光発光性ドーパントＦＢＤとを含み、緑色発光層３４は、ホストＧＨと燐光発光性ドーパントＰＧＤとを含み、好ましくは赤色発光層３６は、ホストＲＨと燐光発光性ドーパントＰＲＤとを含む。

さらに、電子輸送帯域４０内に、青色発光層３２、緑色発光層３４及び赤色発光層３６に隣接して共通の電子輸送層４２が設けられる。好ましくは電子輸送帯域４０内であって電子輸送層４２と陰極５０との間に、より好ましくは電子輸送層４２に隣接して電子注入層４４が設けられる。

正孔輸送帯域２０には、正孔輸送層、又は正孔輸送層及び正孔注入層を設けることができる。

[0021] 以下有機ＥＬ素子１の形成方法を述べる。基板６０上に陽極１０を積層してパターンニングする。陽極１０は、前面発光構造の場合には反射膜である金属膜を用いて、背面発光構造の場合には透明電極であるインジウム錫酸化物（ＩＴＯ）又はインジウム亜鉛酸化物等を用いる。その後、正孔輸送帯域２０として、正孔注入層を基板全面にかけて積層し、さらにその上に正孔輸送層を積層する。

各発光層を、陽極の位置に対応して配置するように形成する。真空蒸着法を用いる場合、青色発光層３２、緑色発光層３４及び赤色発光層３６をシャドウマスクを用いて微細パターン化する。

次に、電子輸送帯域４０を青色発光層３２、緑色発光層３４及び赤色発光

層 3 6 の全面にかけて積層する。

次に、陰極を積層し、有機 E L 素子が完成する。

基板としてはガラス基板又は T F T 基板等を用いることができる。

[0022] 本実施形態において、正孔輸送帯域 2 0 は、正孔注入層及び正孔輸送層として、共通の材料を用いて共通に設けられているが、青色発光層 3 2、緑色発光層 3 4 及び赤色発光層 3 6 に対応して、異なる材料を微細パターン化することにより設けてもよい。また、正孔輸送帯域として、正孔輸送層 1 層でもよいし、正孔注入層及び正孔輸送層の組合せにより 2 層以上を積層してもよい。また、正孔輸送帯域を複数の層から形成するとき、一部の層を共通に設け、他の層を青色発光層 3 2、緑色発光層 3 4 及び赤色発光層 3 6 に対応して、異なる材料を微細パターン化することにより設けてもよい。

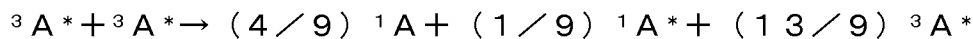
[0023] 尚、本発明の有機 E L 素子の発光層は、青色画素、緑色画素、赤色画素を含んでおり、青色画素が青色発光層から、緑色画素が緑色発光層から、赤色画素が赤色発光層からそれぞれ構成される。各画素には独立してそれぞれ電圧がかかる。従って、図 1 の有機 E L 素子 1 において、青色発光層 3 2、緑色発光層 3 4 及び赤色発光層 3 6 が常に同時に発光するのではなく、3 つの発光層 3 2、3 4、3 6 をそれぞれ選択的に発光させることができる。本実施形態の有機 E L 素子は、青色画素、緑色画素、赤色画素を 1 つずつ含むものであるが、これらを一単位とした繰り返しであってもよい。また、それぞれの画素が複数であってもよく、例えば、青色画素が 1 つ、緑色画素が 2 つ、赤色画素が 1 つである構成を一単位とした繰り返しであってもよい。

[0024] 本発明の有機 E L 素子は、上記の青色発光層 3 2 において、非特許文献 1 に記載のある現象、即ち二つの 3 重項励起子の衝突融合により 1 重項励起子が生成する現象（以下、T r i p l e t - T r i p l e t - F u s i o n = T T F 現象、と呼ぶ）を利用したものである。まず、以下に T T F 現象を説明する。

陽極、陰極から注入された正孔、電子は発光層内で再結合し励起子を生成する。そのスピン状態は、従来から知られているように、1 重項励起子が 2

5%、3重項励起子が75%の比率である。従来知られている蛍光素子においては、25%の1重項励起子が基底状態に緩和するときに光を発するが、残りの75%の3重項励起子については光を発することなく熱的失活過程を経て基底状態に戻る。従って、従来の蛍光素子の内部量子効率の理論限界値は25%といわれていた。

[0025] 一方、有機物内部で生成した3重項励起子の挙動が理論的に調べられている。S. M. Bachiloらによれば(J. Phys. Chem. A, 104, 7711 (2000))、5重項等の高次の励起子がすぐに3重項に戻ると仮定すると、3重項励起子(以下、 $^3A^*$ と記載する)の密度が上がってきたとき、3重項励起子同士が衝突し下記式のような反応が起きる。ここで、 1A は基底状態、 $^1A^*$ は最低励起1重項励起子を表す。



即ち、 $5 ^3A^* \rightarrow 4 ^1A + ^1A^*$ となり、当初生成した75%の3重項励起子のうち、1/5即ち20%が1重項励起子に変化することが予測されている。従って、光として寄与する1重項励起子は当初生成する25%分に75% $\times$ (1/5)=15%を加えた40%ということになる。このとき、全発光強度中に占めるTTF由来の発光比率(TTF比率)は、15/40、すなわち37.5%となる。また、当初生成した75%の3重項励起子のお互いが衝突して1重項励起子が生成した(2つの3重項励起子から1つの1重項励起子が生成した)とすると、当初生成する1重項励起子25%分に75% $\times$ (1/2)=37.5%を加えた62.5%という非常に高い内部量子効率を得られることとなる。このとき、TTF比率は37.5/62.5=60%となる。

[0026] 図2は、図1に示す有機EL素子の青色発光層のエネルギーレベルの一例を示す模式図である。

図2の上図は、素子構成及び各層のHOMO、LUMOエネルギー準位を表す(尚、LUMOエネルギー準位はアフィニティ(Af)、HOMOエネルギー準位はイオン化ポテンシャル(Ip)という場合がある)である。下

図は各層の最低励起 1 重項エネルギー準位及び最低励起 3 重項エネルギー準位を模式的に表す。なお、本発明で 3 重項エネルギーは、最低励起 3 重項状態におけるエネルギーと基底状態におけるエネルギーの差をいい、1 重項エネルギーは（エネルギーギャップという場合もある）、最低励起 1 重項状態におけるエネルギーと基底状態におけるエネルギーの差をいう。

[0027] 陽極から注入された正孔は正孔輸送帯域を通して発光層へ注入され、陰極から注入された電子は電子輸送帯域を通して発光層へ注入される。その後、発光層で正孔と電子が再結合し、1 重項励起子と 3 重項励起子が生成される。再結合はホスト分子上で起こる場合とドーパント分子上で起こる場合の 2 通りがある。図 2 の下図に示されるように、青色発光層のホスト、ドーパントの 3 重項エネルギーをそれぞれ E^T_h 、 E^T_d とするとき、 $E^T_h < E^T_d$ の関係を満たす。この関係を満たすことにより、ホスト上で再結合し発生した 3 重項励起子は、より高い 3 重項エネルギーを持つドーパントには移動しない。また、ドーパント分子上で再結合し発生した 3 重項励起子は速やかにホスト分子にエネルギー移動する。即ちホストの 3 重項励起子がドーパントに移動することなく TTF 現象によって効率的にホスト上で 3 重項励起子同士が衝突することで 1 重項励起子が生成される。さらに、ドーパントの 1 重項エネルギー E^S_d は、ホストの 1 重項エネルギー E^S_h より小さいため、TTF 現象によって生成された 1 重項励起子は、ホストからドーパントへエネルギー移動しドーパントの蛍光性発光に寄与する。本来、蛍光型素子に用いられるドーパントにおいては、励起 3 重項状態から基底状態への遷移は禁制であり、このような遷移では 3 重項励起子は光学的なエネルギー失活をせず、熱的失活を起こしていた。しかし、ホストとドーパントの 3 重項エネルギーの関係を上記のようにすることにより、3 重項励起子が熱的失活を起こす前に互いの衝突により効率的に 1 重項励起子を生成し発光効率が向上することになる。

[0028] 本発明では、電子輸送層は、青色発光層で生成する 3 重項励起子が電子輸送帯域へ拡散することを防止し、3 重項励起子を青色発光層内に閉じ込める

ことによって3重項励起子の密度を高め、TTF現象を効率よく引き起こす機能を有する。3重項励起子拡散防止のため、電子輸送層の3重項エネルギー E^T_{el} は E^T_h より大きく、さらに、 E^T_d よりも大きいことが好ましい。電子輸送層は3重項励起子が電子輸送帯域へ拡散することを防止するので、青色発光層内においてホストの3重項励起子が効率的に1重項励起子となり、その1重項励起子がドーパント上へ移動して光学的なエネルギー失活をする。

[0029] また、図2に示すように、正孔輸送帯域において、正孔輸送層を青色発光層に隣接させて、正孔輸送層の3重項エネルギー E^T_{ho} を、青色発光層のホストの E^T_h より大きくすると、青色発光層で発生した3重項励起子が青色発光層内に留められ、発光効率がより高まる。

[0030] さらに、図2に示すように、ホストのアフィニティ A_h とドーパントのアフィニティ A_d が $A_h \leq A_d$ となるようなホストとドーパントの組合せにすると、電子輸送帯域内に設けた電子輸送層の効果が顕著に現れ、TTF現象による高効率化を図ることができる。

[0031] 本発明の有機EL素子の緑色発光層34において、緑色発光層のホストGHと電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差は、0.4 eV以内である。

通常、緑色発光層の燐光発光性ドーパントPGDの3重項エネルギーは、電子輸送層を構成する材料の3重項エネルギー E^T_{el} より大きい。従って、電子輸送層を構成する材料の3重項エネルギー E^T_{el} を燐光発光性ドーパントPGDの3重項エネルギーより大きくすることが好ましい。しかしながら、3重項エネルギーの大きい電子輸送材料は、電極からの電子注入や正孔耐久性において課題を有しており、最適な燐光素子を得るためには、3重項エネルギーの大きい電子輸送材料を必ずしも採用できない。この場合、燐光発光性ドーパントPGD上の3重項励起子は、燐光発光前に、3重項エネルギーがより小さい電子輸送層を構成する材料に移り、緑色発光層の発光効率が低下してしまう。そこで、本発明のように、緑色発光層のホストGHと電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差を0.4 eV以内とすると、電子輸送

層から緑色発光層への電子注入性が向上するため、電子と正孔が、発光層の正孔輸送帯域側に、即ち、電子輸送帯域から離れて偏って再結合する。その結果、3重項励起子が緑色発光層から離れて発生するため、3重項励起子エネルギーが緑色発光層から電子輸送層に移りにくくなり、発光効率の低下を防ぐことができる。

さらに、再結合領域を電子輸送層から遠ざける観点から、発光層のホストの正孔移動度 μ_h 及び電子移動度 μ_e は $\mu_e/\mu_h > 1$ が望ましい。特に望ましくは $\mu_e/\mu_h > 5$ である。

[0032] 上述したように、本発明では、3色の発光層を並列して形成しているが、電子輸送層として共通材料を用いることにより量産性を向上させている。さらに、青色発光層ではTTF現象を利用し青色発光層の発光効率を高め、緑色発光層ではアフィニティを調節することにより緑色発光層の発光効率の低下を防ぐことによって、青色発光層、緑色発光層共に高い効率を達成している。

[0033] 赤色発光層36を、ホストRHと燐光発光性ドーパントPRDを含むようにして構成することができる。赤色発光層36がホストRHと燐光発光性ドーパントPRDを含むとき、ホストRHと電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内であることが好ましい。これは上述したように、赤色発光層から電子輸送層に3重項エネルギーを移りにくくして発光効率の低下を防ぐためである。

[0034] また、青色発光層のホストBHと電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差も0.4 eV以内とすることも好ましい。アフィニティの差を0.4 eV以内とすることにより、発光層への電子注入性が向上するためである。発光層への電子注入性が下がる場合、発光層における電子—正孔の再結合が減ることで、3重項励起子の密度が小さくなる。3重項励起子の密度が小さくなると、3重項励起子の衝突頻度が減り効率よくTTF現象が起きない。また、電子注入が向上することにより、低電圧化が図れる。

[0035] 緑色発光層において、ホストGHは、電子の流入を高め、再結合領域を電

子輸送帯域から離すために、好ましくはアフィニティ $A f_{gh}$ が 2.6 eV 以上である。また、緑色発光層のドーパントGDのイオン化ポテンシャル $I p_{gd}$ は、再結合確率を向上させるために、好ましくは 5.2 eV 以上である。電子注入性を向上させる目的でホストのアフィニティ $A f_{gh}$ を大きくしたとき、アフィニティ $A f_{gh}$ とドーパントのアフィニティ $A f_{gd}$ の差が大きくなりドーパントへの電子注入が困難となることでドーパント上での再結合確率が低下してしまう。このためドーパントのアフィニティ $A f_{gd}$ を大きくすることが望ましい。もしくは、ドーパントのイオン化ポテンシャル $I p_{gd}$ を大きくすることが望ましい。

[0036] 緑色発光層は、ドーパントPGDに加えて、ホストGHのアフィニティ $A f_{gh}$ との差が 0.4 eV 以内のアフィニティ $A f_{gd2}$ を有する第二ドーパントGD2を含むことが好ましい。さらに、ドーパントPGDのエネルギーギャップは、第二ドーパントGD2のエネルギーギャップに比べて小さいことが望ましい。

[0037] 緑色発光層では、通常、電子は電子輸送層から、緑色発光層のホストGHに移り、次にホストGHからドーパントPGDに移る。ホストGHのアフィニティ $A f_{gh}$ とドーパントのアフィニティ $A f_{gd}$ の差が大きくなりドーパントへの電子注入性が低下するとき、電子の一部は、ホストGHからドーパントPGDに移らずにそのまま陽極方向へ流れてしまう場合がある。ホストGHのアフィニティ $A f_{gh}$ との差が 0.4 eV 以内のアフィニティ $A f_{gd2}$ を有する第二ドーパントを含むと、電子は電子輸送層から緑色発光層のホストGH、次に第二ドーパントGD2、そしてドーパントPGDへと流れ、電子の一部がドーパントPGDに移らずに陽極に流れることを防ぐことができる。従ってより多くの電子がドーパントPGDに届き、再結合確率が向上し、その結果発光効率が高まる。

[0038] 青色発光層や赤色発光層も上記のような、青色発光層又は赤色発光層のホストのアフィニティ $A f_{gh}$ との差が 0.4 eV 以内のアフィニティ $A f_{gd2}$ を有する第二ドーパントを含むことができる。第二ドーパントを含むことによ

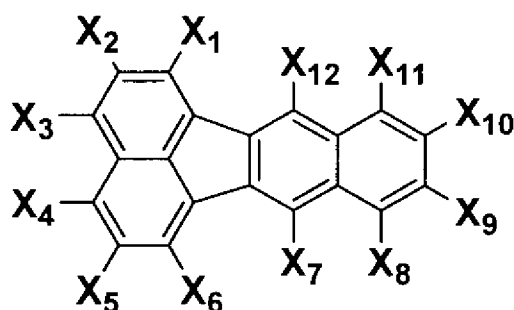
り、電子がドーパントに移らずにそのまま陽極方向に流れることを防ぐことができる。

[0039] 本発明では、青色発光層、緑色発光層、赤色発光層のホスト、ドーパント、及び電子輸送層を構成する材料を、公知の化合物から、上記の本発明に必要な条件又は好適な条件を満たす化合物を選択することにより製造できる。本発明に必要な条件を満たす限り各層の材料は限定されないが、好ましくは以下の化合物から選択される。

[0040] 青色発光層のホストは、アントラセン誘導体、多環芳香族骨格含有化合物等、好ましくはアントラセン誘導体である。青色発光層のドーパントは、フルオランテン誘導体、ピレン誘導体、アリールアセチレン誘導体、フルオレン誘導体、ハウ素錯体、ペリレン誘導体、オキサジアゾール誘導体、アントラセン誘導体等、好ましくは、フルオランテン誘導体、ピレン誘導体、ハウ素錯体、より好ましくはフルオランテン誘導体、ハウ素錯体化合物である。ホストとドーパントとの組合せとしては、ホストがアントラセン誘導体であり、ドーパントがフルオランテン誘導体又はハウ素錯体である場合が好ましい。

[0041] 具体的なフルオランテン誘導体の例として以下の化合物が挙げられる。

[化1]

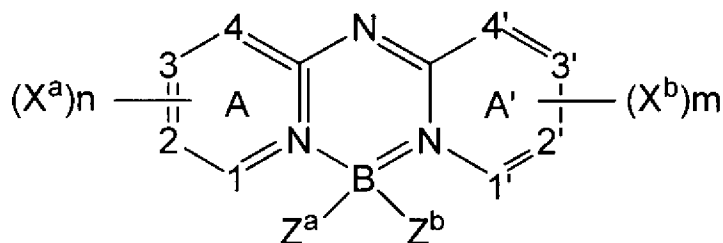


[0042] 式中、 $X_1 \sim X_{12}$ は水素又は置換基である。好ましくは、 $X_1 \sim X_2$ 、 $X_4 \sim X_6$ 及び $X_8 \sim X_{11}$ が水素原子であり、 X_3 、 X_7 及び X_{12} が置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリール基である化合物である。より好ましく

は、 $X_1 \sim X_2$ 、 $X_4 \sim X_6$ 及び $X_8 \sim X_{11}$ が水素原子であり、 X_7 及び X_{12} が置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリール基、 X_3 が $-Ar_1-Ar_2$ (Ar_1 は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリーレン基、 Ar_2 は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリール基)である化合物である。また、好ましくは、 $X_1 \sim X_2$ 、 $X_4 \sim X_6$ 及び $X_8 \sim X_{11}$ が水素原子であり、 X_7 及び X_{12} が置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリール基、 X_3 が $-Ar_1-Ar_2-Ar_3$ (Ar_1 及び Ar_2 はそれぞれ、置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリーレン基、 Ar_3 は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリール基)である化合物である。

[0043] 具体的なホウ素錯体化合物の例として以下の化合物が挙げられる。

[化2]



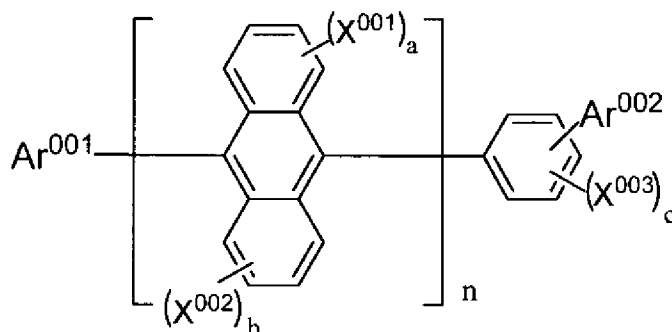
[0044] 式中、 A 及び A' は、少なくとも1つの窒素を含有する6員芳香族環系に相当する独立したアジン環系を表わし、 X^a 及び X^b は、各々独立に置換基であって、 X^a 及び X^b がそれぞれ環 A 及び環 A' と連結して環 A 及び環 A' と共に縮合環を形成してもよく、その際、該縮合環はアリール又はヘテロアリール置換基を含み、 m 及び n は、各々独立に0～4を表わし、 Z^a 及び Z^b は、各々独立に選ばれたハロゲン化物を表わし、そして1、2、3、4、1'、2'、3'及び4'は、各々独立に選ばれた炭素原子又は窒素原子を表わす。

[0045] 望ましくは、該アジン環は、1、2、3、4、1'、2'、3'及び4'がすべて炭素原子であり、 m 及び n が2以上であり、そして X^a 及び X^b が連結して芳香族環を形成する炭素原子数2以上の置換基を表わすような、キノリニル又はイソキノリニル環である。 Z^a 及び Z^b はフッ素原子であることが

望ましい。

[0046] 具体的なアントラセン化合物の例として以下の化合物が挙げられる。

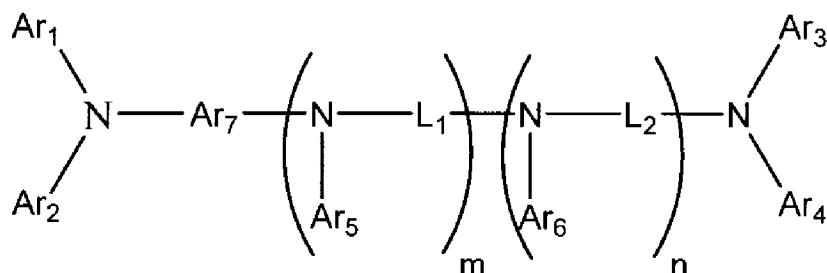
[化3]



[0047] 式中、 Ar^{001} は置換もしくは無置換の環形成炭素数10～50の縮合芳香族基である。 Ar^{002} は置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50の芳香族基である。 $X^{001} \sim X^{003}$ は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50の芳香族基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～50の芳香族複素環基、置換もしくは無置換の炭素数1～50のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数1～50のアルコキシ基、置換もしくは無置換の炭素数6～50のアラルキル基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリールオキシ基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のアリールチオ基、置換もしくは無置換の炭素数1～50のアルコキシカルボニル基、カルボキシ基、ハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、ヒドロキシ基である。 a 、 b 及び c は、それぞれ0～4の整数である。 n は1～3の整数である。また、 n が2以上の場合は、[]内は、同じでも異なってもよい。好ましくは n は1である。好ましくは a 、 b 、 c は0である。

[0048] 青色発光層の蛍光発光性ドーパントは、好ましくは下記式で表される化合物である。

[化4]



式中、 $Ar_1 \sim Ar_6$ はそれぞれ炭素数6～30のアリール基であり、 Ar_7 は炭素数6～30のアリーレン基である。 $Ar_1 \sim Ar_7$ は置換されていてもよく、置換基としてはアルコキシ基、ジアルキルアミノ基、アルキル基、フルオロアルキル基、シリル基が望ましい。 m は0又は1、 n は0又は1である。 L_1 、 L_2 はそれぞれアルケニレン基、又は2価の芳香族炭化水素基である。

[0049] 尚、上記に記載したホストの他、WO05/113531、JP2005-314239記載のジベンゾフラン化合物、WO02/14244記載のフルオレン化合物、WO08/145239記載のベンズアントラセン化合物も使用できる。

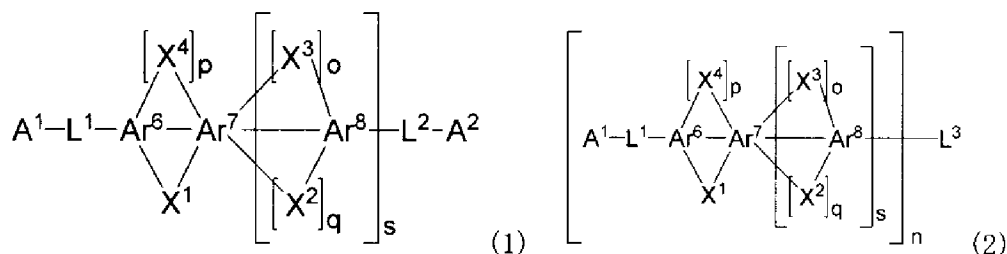
上記に記載したドーパントの他、JP2004-204238、WO05/108348、WO04/83162、WO09/84512、KR10-2008-79956、KR10-2007-115588、KR10-2010-24894記載のピレン化合物、WO04/44088記載のクリセン化合物、WO07/21117記載のアントラセン化合物も使用できる。

[0050] ホストは、環式構造又は単一原子同士が結合してなる化合物（環式構造と単一原子の結合も含む）であって、前記結合が単結合である化合物が好ましい。好ましくない例としては、環式構造以外で炭素-炭素二重結合が存在する化合物があげられる。その理由は、ホスト上で生成した三重項励起子のエネルギーが、TTF現象に使われず2重結合の構造変化に消費されてしまう

からである。

[0051] 緑色発光層のホストは、好ましくは下記式（１）又は（２）で表される化合物である。

[0052] [化5]



[0053] 式（１）及び及び（２）において、 Ar^6 、 Ar^7 及び Ar^8 は、それぞれ独立に、置換若しくは無置換の環形成炭素数６～２４の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数３～２４の芳香族複素環基を表す。但し、 Ar^6 、 Ar^7 及び Ar^8 は置換基 Y を一個又は複数個有していてもよく、複数個の場合はそれぞれ同一でも異なってもよく、 Y は炭素数１～２０のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数３～２０のシクロアルキル基、炭素数１～２０のアルコキシ基、炭素数７～２４のアラルキル基、炭素数３～２０のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数６～２４の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数３～２４で Ar^6 、 Ar^7 、 Ar^8 と炭素－炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

[0054] 式（１）及び（２）において、 X^1 、 X^2 、 X^3 及び X^4 は、それぞれ独立に、 O 、 S 、 N-R^1 又は CR^2R^3 を表し、 o 、 p 及び q は０又は１、 s は１、２又は３を表す。ここで、 R^1 、 R^2 及び R^3 は、それぞれ独立に、炭素数１～２０のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数３～２０のシクロアルキル基、炭素数７～２４のアラルキル基、炭素数３～２０のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数６～２４の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数３～２４の芳香族複素環基を表す。

[0055] 式（１）及び（２）において、 L^1 は単結合、炭素数１～２０のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数３～２０のシクロアルキレン基、炭

素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 であり、 Ar^6 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

[0056] 式 (1) において、 L^2 は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

[0057] 式 (2) において、 n は 2、3 又は 4 を表し、それぞれ L^3 を連結基とした 2 量体、3 量体、4 量体を形成する。

式 (2) において、 L^3 は、 n が 2 の場合、単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表し、 n が 3 の場合、炭素数 1 ~ 20 の 3 価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の 3 価のシクロアルカン、炭素数 1 ~ 20 の 3 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 3 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 3 価の芳香族複素環基を表し、 n が 4 の場合、炭素数 1 ~ 20 の 4 価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の 4 価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 4 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 4 価の芳香族複素環基を表す。

[0058] 式 (1) 及び (2) において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原

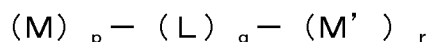
子数 3 ～ 24 で L^1 と炭素－炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

[0059] 式 (1) において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ～ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ～ 24 で L^2 と炭素－炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

[0060] また、緑色発光層のホストは、好ましくは、下記一般式 (3) 又は (4) で表される化合物である。



[式中、 C_z は、置換もしくは無置換のアリールカルバゾイル基又はカルバゾイルアルキレン基、 A は、下記一般式で表される基である。 n 、 m は、それぞれ 1 ～ 3 の整数である。]



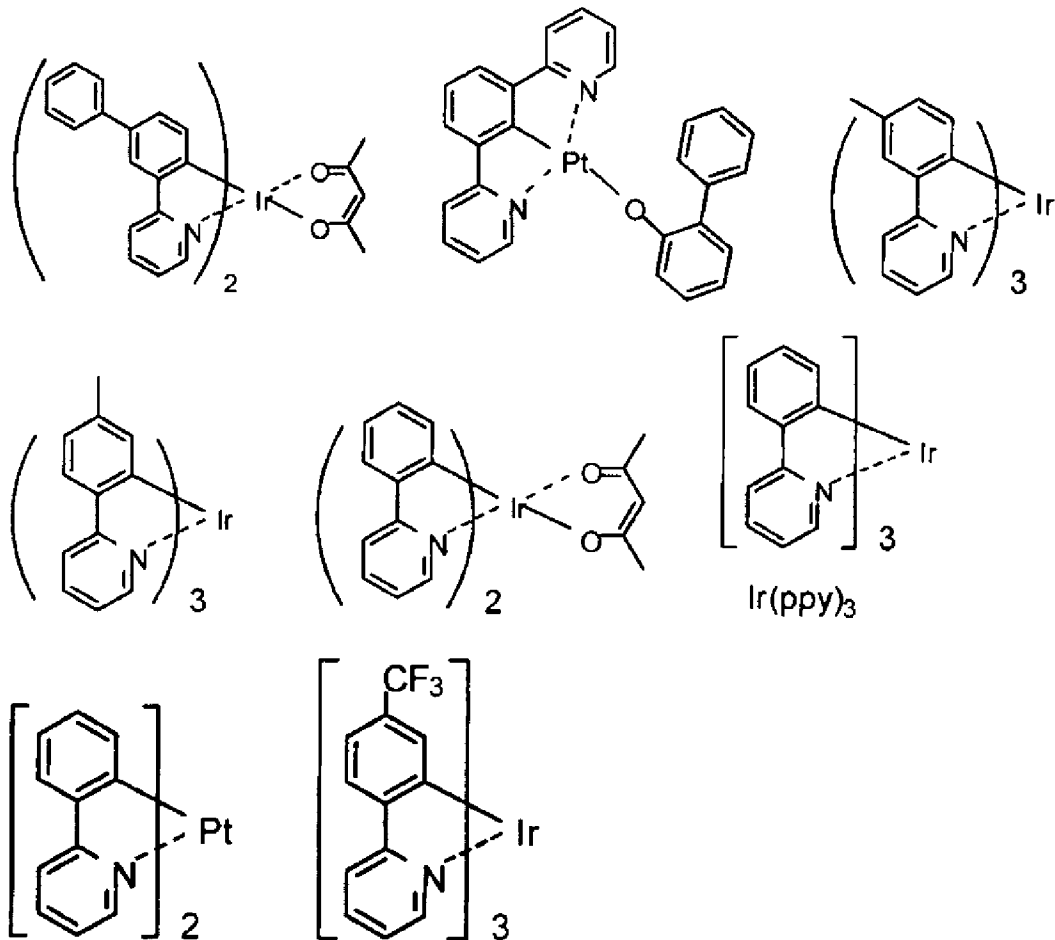
(M 及び M' は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環を形成する炭素数 2 ～ 40 の窒素含有ヘテロ芳香族環であり、同一でも異なってもよい。 L は、単結合、置換もしくは無置換の炭素数 6 ～ 30 のアリーレン基、置換もしくは無置換の炭素数 5 ～ 30 のシクロアルキレン基、置換もしくは無置換の炭素数 2 ～ 30 のヘテロ芳香族環である。 p は 0 ～ 2、 q は 1 ～ 2、 r は 0 ～ 2 の整数である。ただし、 $p + r$ は 1 以上である。)]

[0061] 緑色発光層の燐光発光性ドーパントは Ir 、 Pt 、 Os 、 Au 、 Cu 、 Re 及び Ru からなる群から選ばれる金属と配位子とからなる金属錯体を含有することが望ましい。

このようなドーパント材料の具体例としては、例えば、 $PQIr(irdium(III)bis(2-phenylquinolyl-N,C^2')acetylacetonate)$ 、 $Ir(ppy)_3(fac-tris(2-phenylpyridine)iridium)$ の他、下記の化合

物が挙げられる。

[0062] [化6]

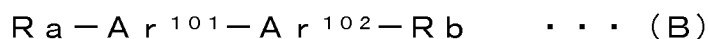


[0063] 第2のドーパントは、緑色発光層のホスト材料として用いることができる材料を用いることができる。従って、緑色発光層の第二のドーパントの例は、上記の緑色発光層のホストの例示化合物と同じである。

第2のドーパントは、ホストGHのアフィニティ $A f_{gh}$ との差が0.4 eV以内のアフィニティ $A f_{gd2}$ を有するものを選択することが好ましい。さらに、ドーパントPGDのエネルギーギャップは、第二ドーパントGD2のエネルギーギャップに比べて小さいものを選択することが望ましい。

[0064] 赤色発光層のホストは、例えば、下記式(A)、(B)及び(C)で表される多環式縮合芳香族化合物からなる群から選ばれる1種以上の化合物であ

る。



(式中、 $A r^{101}$, $A r^{102}$, $A r^{103}$, $R a$ 及び $R b$ は、それぞれ独立して、置換若しくは無置換のベンゼン環、又は、置換若しくは無置換のナフタレン環、置換若しくは無置換のクリセン環、置換若しくは無置換のフルオランテン環、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のジベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のトリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾ [a] トリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾクリセン環、置換若しくは無置換のベンゾ [b] フルオランテン環、及び、置換若しくは無置換のピセン環から選択される多環式縮合芳香族骨格部を表す。但し、 $A r^{101}$, $A r^{102}$, $A r^{103}$, $R a$ 及び $R b$ が同時に置換若しくは無置換のベンゼン環である場合はない。)

[0065] $R a$ 及び $R b$ のいずれか一方又は両方は、好ましくは置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾ [c] フェナントレン環及び置換若しくは無置換のフルオランテン環からなる群から選ばれる環である。

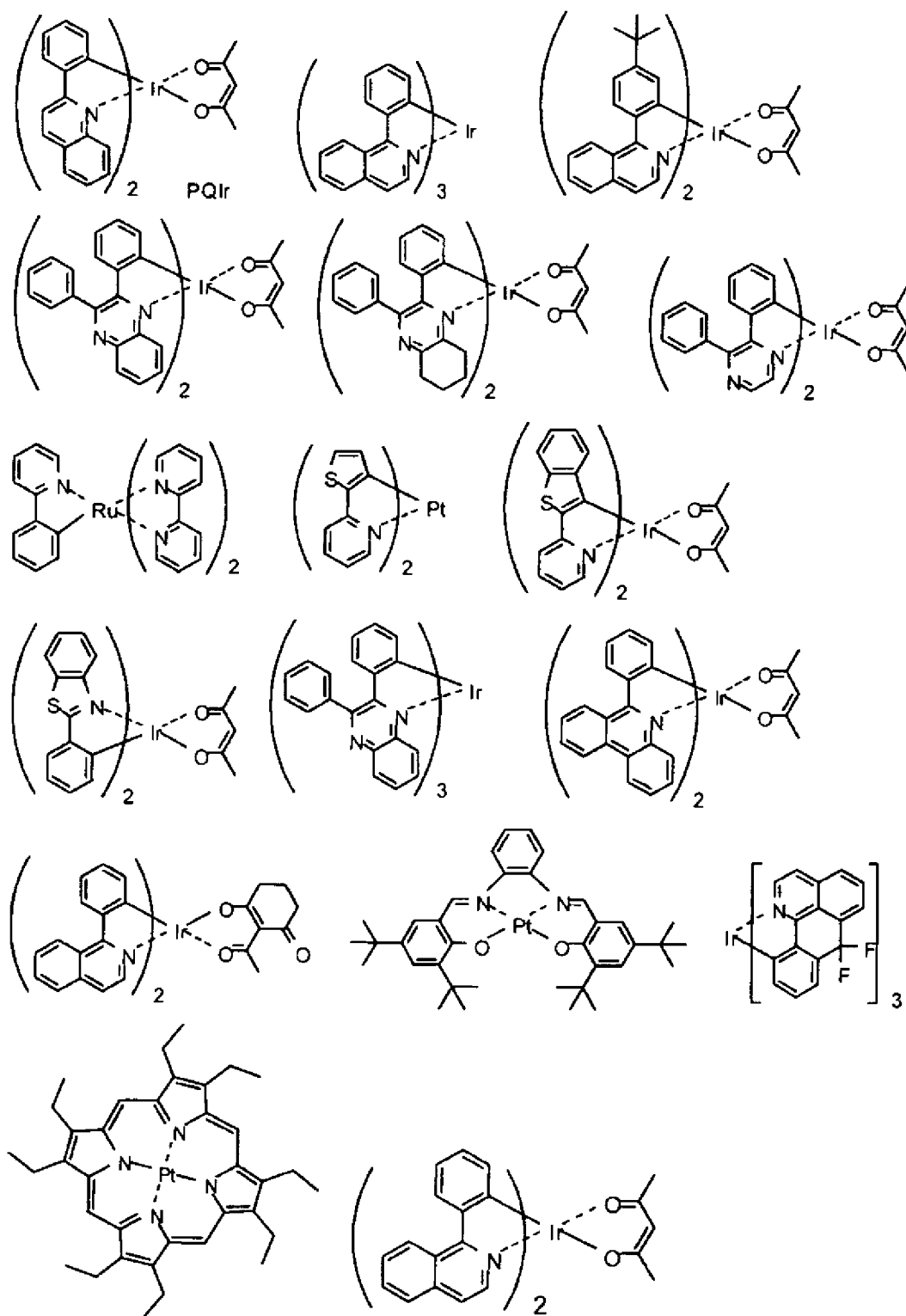
[0066] 上記の多環式縮合芳香族化合物は、多環式縮合芳香族骨格部が、2 価以上の基として化学構造式中に含まれている。

[0067] 多環式芳香族骨格部は置換基を有することができ、この置換基は、例えば置換若しくは無置換のアリール基又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基である。

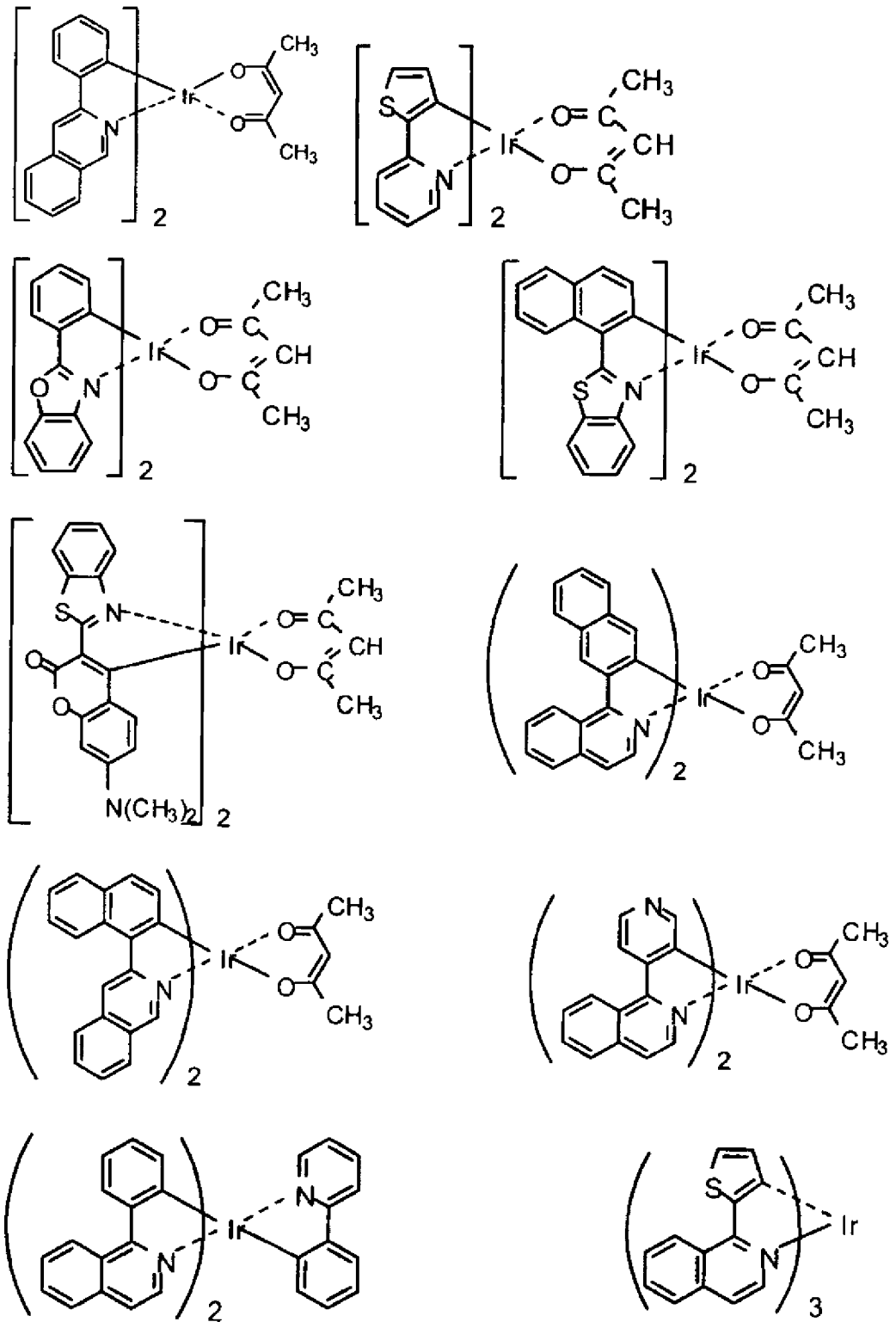
また、多環式縮合芳香族化合物の置換基は、例えばカルバゾール骨格を有しない基である。

[0068] 赤色発光層の燐光発光性ドーパントは、 $I r$, $P t$, $O s$, $A u$, $C u$, $R e$ 及び $R u$ からなる群から選ばれる金属と配位子とからなる金属錯体を含有することが望ましい。以下の化合物を例示できる。

[0069] [化7]



[化8]



[0070] 発光層内で再結合に寄与しなかった正孔が電子輸送層内へ注入される場合がある。そのため、電子輸送層に用いる材料としては、酸化耐久性に優れる

材料であることが好ましい。

酸化耐久性に優れる材料の具体例としては、炭化水素芳香族化合物、特に縮合多環芳香族環化合物が好ましい。B A I qのような有機錯体は分子内に極性をもち酸化耐性に劣る。

[0071] 電子輸送帯域は、1以上の電子輸送層、又は1以上の電子輸送層及び1以上の電子注入層の積層により構成される。

発光層と陰極の間は、例えば以下のように構成される。

発光層／電子輸送層／陰極

発光層／電子輸送層／電子注入層／陰極

発光層／電子輸送層／電子輸送層／電子注入層／陰極

[0072] 電子輸送領域は、緑色発光層、青色発光層及び赤色発光層に共通して設けられる。よって発光層に隣接する電子輸送層を構成する材料の3重項エネルギーは、青色発光層のホストの三重項エネルギーより大きく、緑色発光層のホストのアフィニティと発光層に隣接する電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内であればよい。

赤色発光層のホストのアフィニティと発光層に隣接する電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内であることが好ましい。

青色発光層のホストのアフィニティと発光層に隣接する電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内であることが好ましい。

[0073] さらに、発光層への電子注入性の観点から、以下の関係を有することが好ましい。

$-0.3 \text{ eV} < (\text{発光層に隣接する電子輸送層のアフィニティ}) - (\text{緑色発光層のホストのアフィニティ}) < 0.4$

[0074] さらに好ましくは以下の関係を有する。

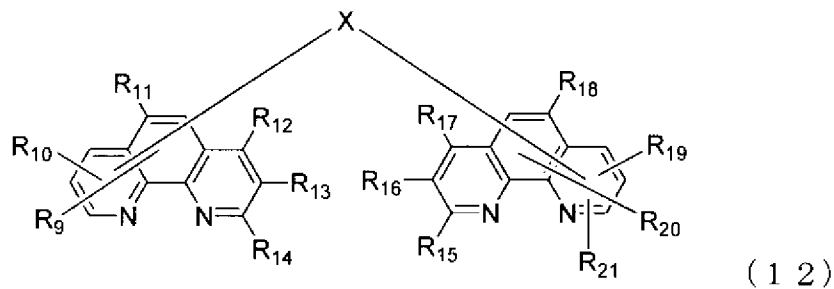
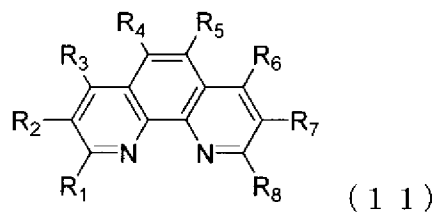
$-0.2 \text{ eV} < (\text{発光層に隣接する電子輸送層のアフィニティ}) - (\text{緑色発光層のホストのアフィニティ}) < 0.4$

[0075] 前記アフィニティ及び三重項エネルギーの値の観点から、電子輸送層を構成する材料の具体例として、以下(10)、(20)及び(30)の多環式

縮合芳香族化合物からなる群から選ばれる１種以上の化合物が挙げられる。

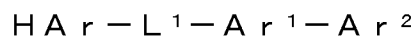
[0076] (10) 以下式(11)で表される材料又は以下式(12)で表されるその２量体

[化9]



上記式中、 $R^1 \sim R^{21}$ は水素原子、置換もしくは非置換のアルキル基、置換もしくは非置換のアリール基、置換もしくは非置換のアミノ基、ハロゲン原子、ニトロ基、シアノ基又は水酸基を表す。上記式中、Xは置換もしくは非置換のアルキレン基、又は置換もしくは非置換のアリーレン基を表す。

[0077] (20) 以下式で表される材料



式中、HArは、置換基を有していてもよい炭素数3～40の含窒素複素環であり、 L^1 は単結合、置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリーレン基又は置換基を有していてもよい炭素数3～40のヘテロアリーレン基であり、 Ar^1 は置換基を有していてもよい炭素数6～40の2価の芳香族炭化水素基であり、 Ar^2 は置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3～40のヘテロアリール基である。

- [0078] (30) 上記式 (A)、(B) 及び (C) で表される多環式縮合芳香族化合物
- [0079] ここで、(20) である場合は、発光層ホスト材料のアフィニティとの関係で、Ar¹がアントラセニレン基であることが好ましい。(10) である場合は、耐熱性の観点から(12)で表される化合物であることが好ましい。
- [0080] 発光層に接しない電子輸送層及び電子注入層の具体例としては、8-ヒドロキシキノリン又はその誘導体の金属錯体、オキサジアゾール誘導体、含窒素複素環誘導体が好適である。上記8-ヒドロキシキノリン又はその誘導体の金属錯体の具体例としては、オキシシ（一般に8-キノリノール又は8-ヒドロキシキノリン）のキレートを含む金属キレートオキシノイド化合物、例えばトリス（8-キノリノール）アルミニウムを用いることができる。
- [0081] 前記含窒素複素環誘導体としては、例えば、上記の(20)の化合物が挙げられる。
- [0082] また、電子輸送層を構成する材料の移動度としては、電界強度0.04～0.5MV/cmの範囲において電子移動度が $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上であることが好ましい。更に望ましくは $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上であることが望ましい。
- 有機材料の電子移動度の測定方法としては、Time of Flight法等幾つかの方法が知られているが、本発明ではインピーダンス分光法で決定される電子移動度をいう。
- [0083] インピーダンス分光法による移動度測定について説明する。陽極、陰極で好ましくは厚さ100nm～200nm程度の電子輸送層材料を挟み、バイアスDC電圧を印加しながら100mV以下の微小交流電圧を印加する。このときに流れる交流電流値（絶対値と位相）を測定する。交流電圧の周波数を変えながら本測定を行い、電流値と電圧値とから、複素インピーダンス（Z）を算出する。このときモジュラス $M = i\omega Z$ （i：虚数単位、 ω ：角周波数）の虚数部（ImM）の周波数依存性を求め、ImMが最大値となる周波数 ω の逆数を、電子輸送層内を伝導する電子の応答時間と定義する。そし

て以下の式により電子移動

度を算出する。

電子移動度 = (電子輸送層材料の膜厚)² / (応答時間・電圧)

[0084] 電界強度 0.04 ~ 0.5 MV/cm の範囲において電子移動度が 10^{-6} cm²/Vs 以上である材料の具体例として、多環芳香族の骨格部にフルオランテン誘導体を有する材料を挙げることができる。

[0085] また、電子輸送帯域には、上記の電子輸送材とアルカリ金属化合物を積層したものや、電子輸送層を形成する材料に、アルカリ金属等に代表されるドナーを添加したものを用いることができる。

アルカリ金属化合物としては、アルカリ金属のハロゲン化物、酸化物が好ましいものとして挙げられる。さらに好ましくはアルカリ金属のフッ化物が好ましい。例えば LiF が好ましいものとして用いられる。

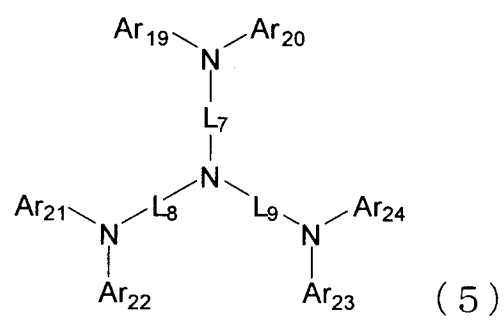
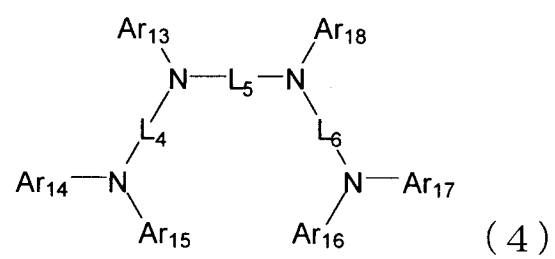
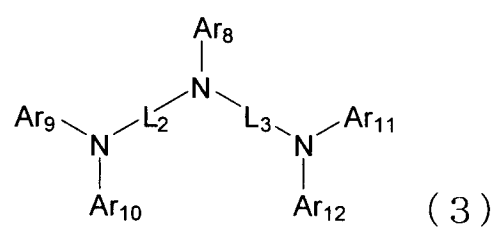
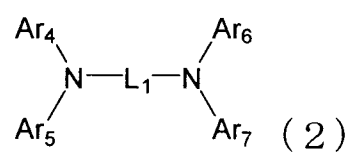
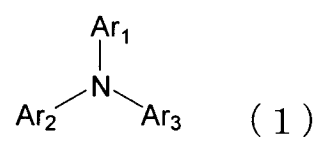
[0086] 尚、電子注入層のアフィニティ A_e - 電子輸送層のアフィニティ $A_b < 0.2$ eV であることが好ましい。これを満たさない場合、電子注入層から電子輸送層への電子注入が損なわれ、電子輸送帯域に電子が蓄積し、高電圧化を引き起こすとともに、蓄積電子が三重項励起子と衝突してエネルギーがクエンチされる恐れがある。

[0087] 電子輸送帯域が1つの電子輸送層から構成されるとき、電子輸送層は、電子輸送構造部位と、縮合多環芳香族炭化水素化合物からなるトリプレット障壁構造部位を有する障壁材料物からなることが好ましい。構造部位とは、化合物に含まれる個々の環式構造（置換基を除いた単環又は縮合多環）である。

[0088] トリプレット障壁構造部位とは、化合物に含まれる構造部位の中で、三重項エネルギーが最も低くなる（小さい）構造部位をいう。つまり、化合物の三重項エネルギーを主として決定する構造部位である。トリプレット障壁構造部位は複数あってもよい。トリプレット障壁構造部位の三重項エネルギーは、置換基を除き、各構造部位同士の結合位置に水素が置換された独立した環式構造の三重項エネルギーをいう。

- [0089] 本発明で用いる基板、陽極、陰極、正孔注入層、正孔輸送層等のその他の部材は、PCT/JP2009/053247、PCT/JP2008/073180、US特願12/376,236、US特願11/766,281、US特願12/280,364等に記載の公知のものを適宜選択して用いることができる。
- [0090] 好ましくは、正孔輸送層は、下記式（１）～（５）のいずれかで表わされる芳香族アミン誘導体を含有する。

[化10]



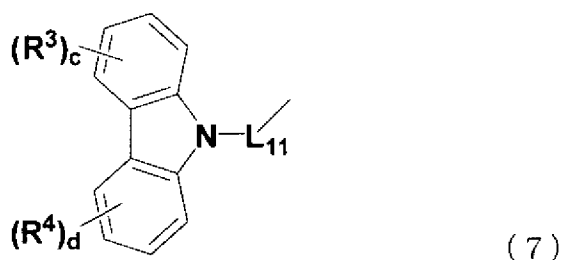
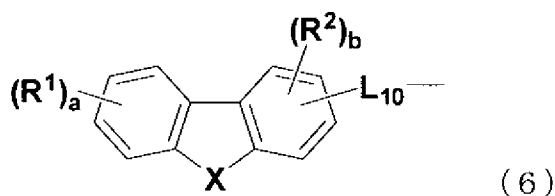
[0091] (式中、 $A r_1 \sim A r_{24}$ は、各々独立して、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50のアリール基、又は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のヘテロアリール基を表わす。

$L_1 \sim L_9$ は、各々独立して、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50のアリーレン基、又は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のヘテロアリーレン基を表わす。

$A r_1 \sim A r_{24}$ 、 $L_1 \sim L_9$ が有してもよい置換基は、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基、環形成炭素数3～15のシクロアルキル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を有するトリアルキルシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基を有するトリアリールシリル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基及び環形成炭素数6～14のアリール基を有するアルキルアリールシリル基、環形成炭素数6～50のアリール基、環形成原子数5～50のヘテロアリール基、ハロゲン原子又はシアノ基である。隣接した複数の置換基は、互いに結合して、環を形成する飽和もしくは不飽和の2価の基を形成してもよい。)

[0092] 好ましくは、前記 $A r_1 \sim A r_{24}$ の少なくとも1つは、下記式(6)、(7)のいずれかで表される置換基である。

[化11]



[0093] (式中、Xは酸素原子、硫黄原子、又はN-R_aを表わし、R_aは、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基、環形成炭素数3～15のシクロアルキル基、環形成炭素数6～50のアリール基、又は環形成原子数5～50のヘテロアリール基を表す。

L₁₀は、単結合、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50のアリーレン基、又は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のヘテロアリーレン基を表わす。

L₁₁は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50のアリーレン基、又は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のヘテロアリーレン基を表わす。

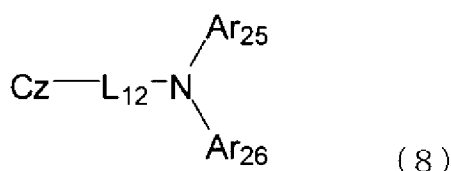
R¹～R⁴は、各々独立して、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基、環形成炭素数3～15のシクロアルキル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を有するトリアルキルシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基を有するトリアリールシリル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基及び環形成炭素数6～14のアリール基を有するアルキルアリールシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基、環形成原子数5～50のヘテロアリール基、ハロゲン原子又はシアノ基を表す。また、隣接した複数のR¹～R⁴は互いに結合して環を形成してもよい。

a、c、dは0～4の整数を表わす。

bは0～3の整数を表わす。)

[0094] 好ましくは、式(1)で表される化合物は、下記式(8)で表される化合物である。

[化12]



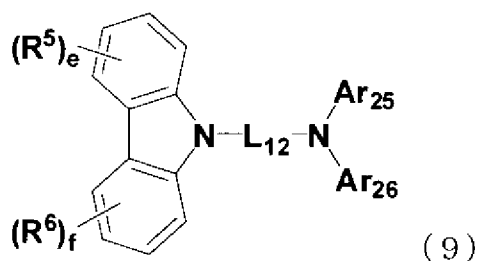
[0095] (式中、 C_z は置換又は無置換のカルバゾリル基を表わす。

L_{12} は置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50のアリーレン基、又は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のヘテロアリーレン基を表わす。

Ar_{25} 及び Ar_{26} は、各々独立して、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～50のアリール基、又は置換もしくは無置換の環形成原子数5～50のヘテロアリール基を表わす。)

[0096] 式(8)で表される化合物は、好ましくは、下記式(9)で表される化合物である。

[化13]



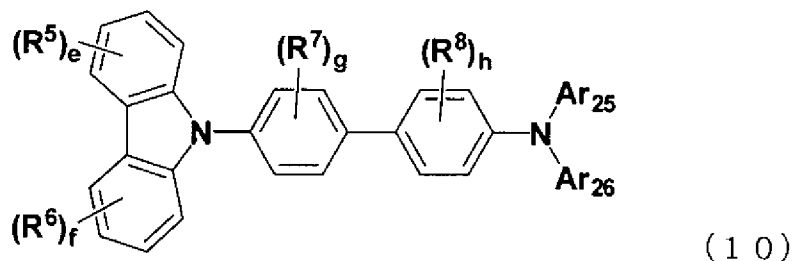
[0097] (式中、 R^5 及び R^6 は、各々独立して、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基、環形成炭素数3～15のシクロアルキル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を有するトリアルキルシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基を有するトリアリールシリル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基及び環形成炭素数6～14のアリール基を有するアルキルアリールシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基、環形成原子数5～50のヘテロアリール基、ハロゲン原子又はシアノ基を表す。また、隣接した複数の R^5 及び R^6 は互いに結合して環を形成してもよい。

e 、 f は0～4の整数を表わす。

L_{12} 、 Ar_{25} 及び Ar_{26} は、式(8)における L_{12} 、 Ar_{25} 及び Ar_{26} と同義である。)

[0098] 式(9)で表される化合物は、好ましくは、下記式(10)で表される化合物である。

[化14]



[0099] (式中、 R^7 及び R^8 は、各々独立して、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基、環形成炭素数3～15のシクロアルキル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を有するトリアルキルシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基を有するトリアリールシリル基、炭素数1～15の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基及び環形成炭素数6～14のアリール基を有するアルキルアリールシリル基、環形成炭素数6～14のアリール基、環形成原子数5～50のヘテロアリール基、ハロゲン原子又はシアノ基を表す。また、隣接した複数の R^5 及び R^6 は互いに結合して環を形成してもよい。

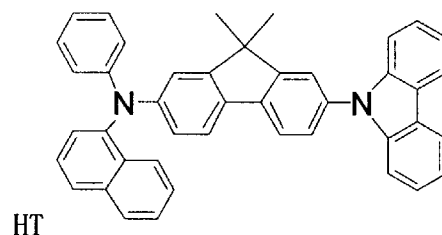
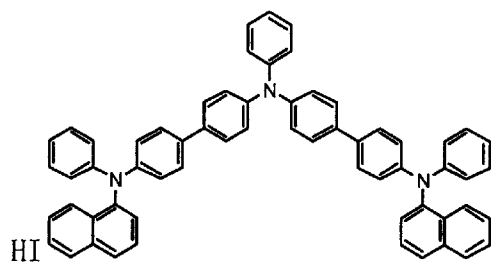
g 、 h は0～4の整数を表わす。

R^5 、 R^6 、 e 、 f 、 Ar_{25} 及び Ar_{26} は、式(9)における R^5 、 R^6 、 e 、 f 、 Ar_{25} 及び Ar_{26} と同義である。)

実施例

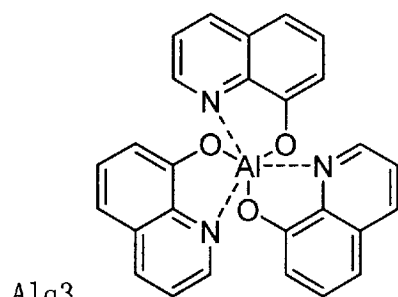
[0100] 実施例及び比較例で使用了材料と物性値は以下の通りである。

[化15]



HT

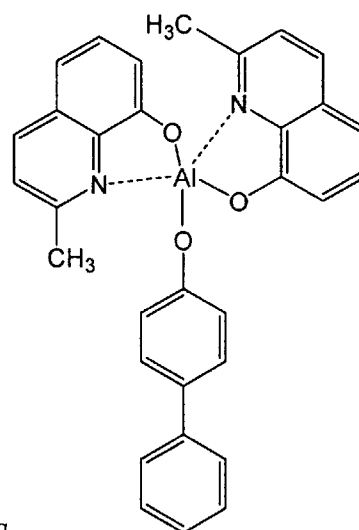
$$E^T=2.4\text{eV}$$



Alq3

$$E^T=2.0\text{eV}$$

$$\text{アフィニティ}=3.0\text{eV}$$

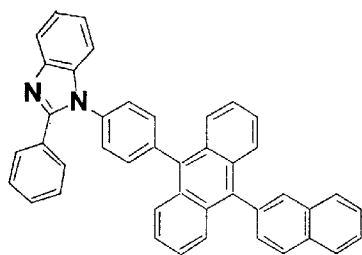


BAlq

$$E^T=2.4\text{eV}$$

$$\text{アフィニティ}=3.0\text{eV}$$

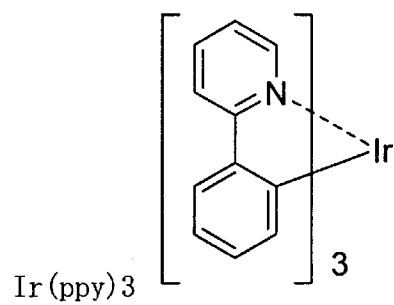
[化16]



EI1

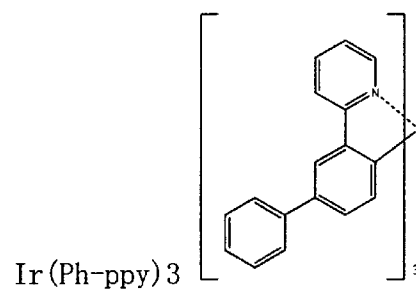
$$E^T=1.82\text{eV}$$

$$\text{アフィニティ}=3.1\text{eV}$$



$$E^T=2.45\text{eV}$$

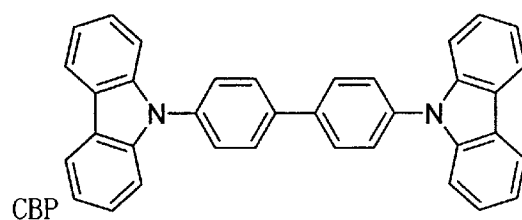
$$\text{イオン化ポテンシャル}=5.2\text{eV}$$



$$\text{Ir(Ph-ppy)}_3$$

$$E^T=2.4\text{eV}$$

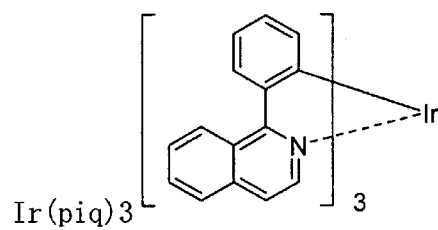
$$\text{イオン化ポテンシャル}=5.3\text{eV}$$



CBP

$$E^T=2.6\text{eV}$$

$$\text{アフィニティ}=2.4\text{eV}$$

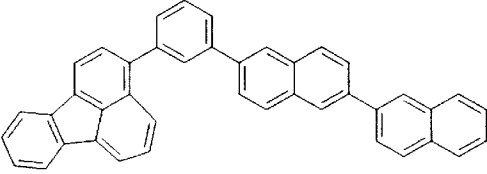
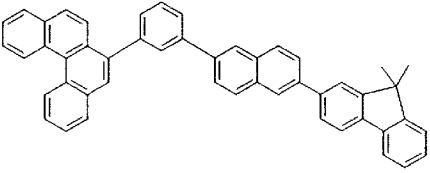
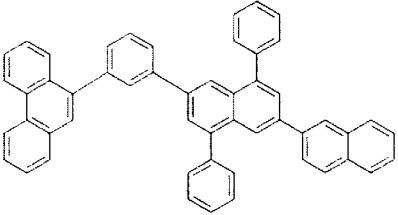
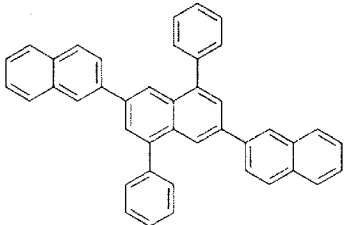
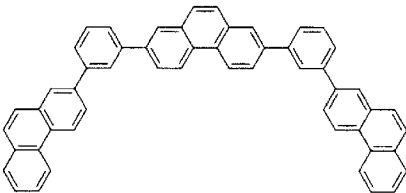
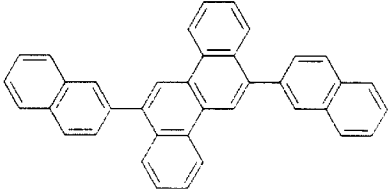


$$\text{Ir(piq)}_3$$

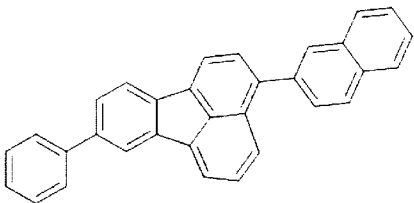
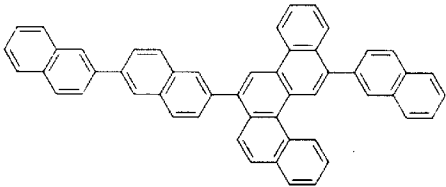
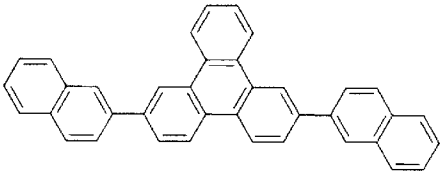
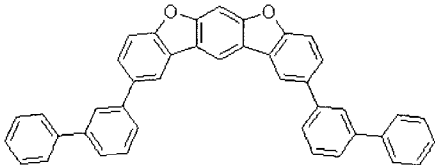
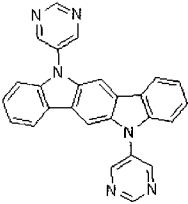
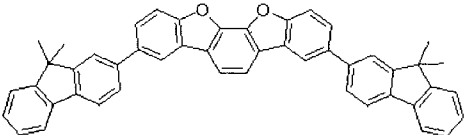
$$E^T=1.8\text{eV}$$

$$\text{イオン化ポテンシャル}=5.2\text{eV}$$

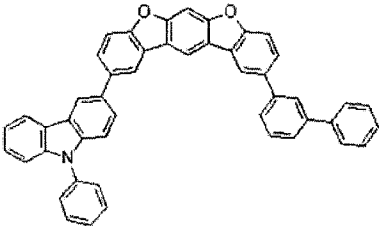
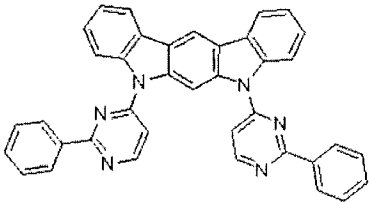
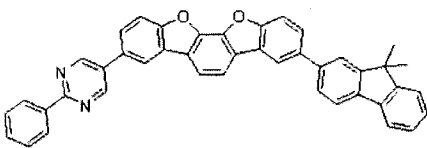
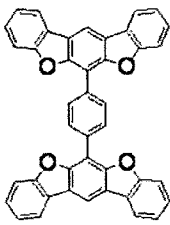
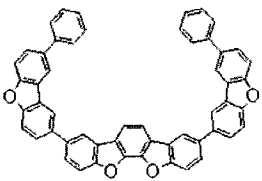
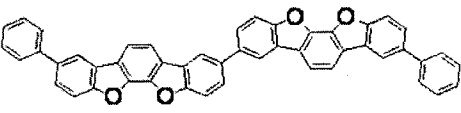
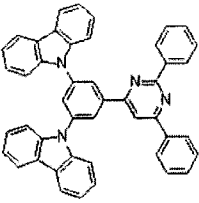
[化17]

		E^1 (eV)	アフィニティ (eV)
RH_1		2.3	3.0
RH_2		2.3	2.7
RH_3		2.4	2.7
RH_4		2.4	2.7
RH_5		2.4	2.8
RH_6		2.4	2.7

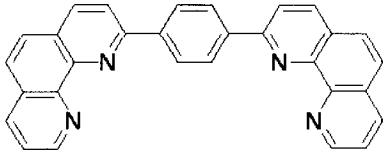
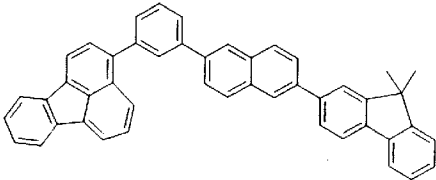
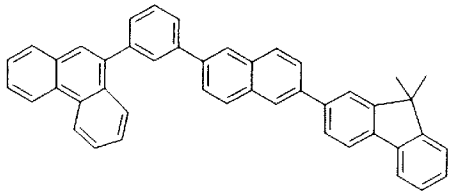
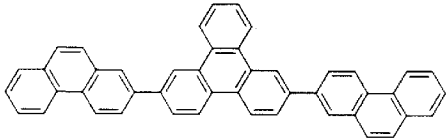
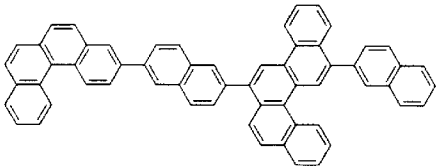
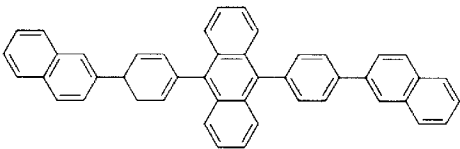
[化18]

		E^T (eV)	アフィニティ (eV)
RH_7		2.3	2.7
RH_8		2.4	2.8
RH_9		2.4	2.7
GH_1		3.0	2.5
GH_2		2.8	2.7
GH_3		2.8	2.9

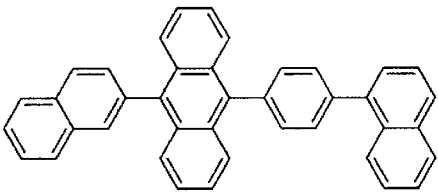
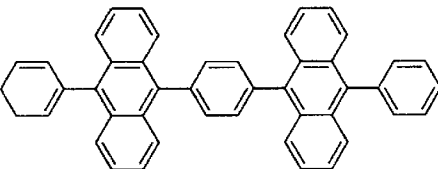
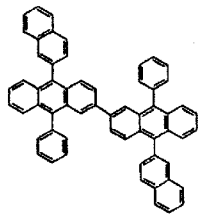
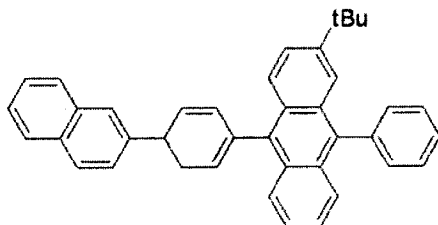
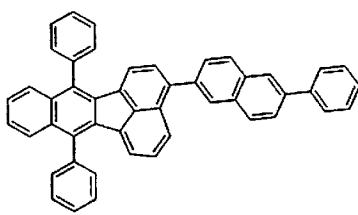
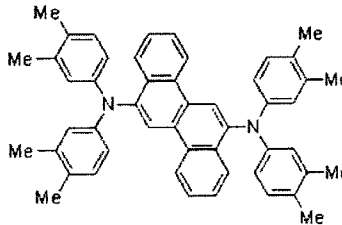
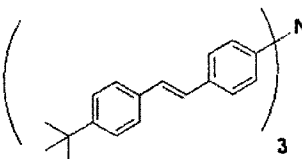
[化19]

		E^T (eV)	アフィニティ (eV)
GH_4		2.8	2.5
GH_5		2.8	2.7
GH_6		2.8	2.8
GH_7		2.8	2.5
GH_8		2.8	2.5
GH_9		2.8	2.5
GH_10		2.9	2.6

[化20]

		E^T (eV)	アフィニティ (eV)
ET_1		2.7	2.9
ET_2		2.3	2.9
ET_3		2.4	2.8
ET_4		2.4	2.8
ET_5		2.4	2.8
BH_1		1.8	3.0

[化21]

		E^T (eV)	アフィニティ (eV)
BH_2		1.8	3.0
BH_3		1.8	3.0
BH_4		1.8	3.0
BH_5		1.8	3.0
BD_1		2.1	3.1
BD_2		2.3	2.7
BD_3		2.0	2.7

[0101] 物性値の測定方法は以下の通りである。

(1) 3重項エネルギー (E^T)

市販の装置 F-4500 (日立社製) を用いて測定した。 E^T の換算式は以下の通りである。

$$\text{換算式 } E^T (\text{eV}) = 1239.85 / \lambda_{\text{edge}}$$

「 λ_{edge} 」とは、縦軸にりん光強度、横軸に波長をとって、りん光スペクトルを表したときに、りん光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対して接線を引き、その接線と横軸の交点の波長値を意味する。単位：nm。

[0102] (2) イオン化ポテンシャル

大気下光電子分光装置 (理研計器 (株) 社製: AC-1) を用いて測定した。具体的には、材料に光を照射し、その際に電荷分離によって生じる電子量を測定することにより測定した。

[0103] (3) アフィニティ

イオン化ポテンシャルからエネルギーギャップの測定値を差し引いた。エネルギーギャップはベンゼン中の吸収スペクトルの吸収端から測定した。具体的には、市販の可視・紫外分光光度計を用いて、吸収スペクトルを測定し、そのスペクトルが立ち上がり始める波長から算出した。

[0104] 実施例 1

膜厚 130 nm の ITO が成膜された基板の上に、下記層を構成する材料を順次蒸着し、有機 EL 素子を得た。

陽極: ITO (膜厚 130 nm)

正孔注入層: HI (膜厚 50 nm)

正孔輸送層: HT (膜厚 45 nm)

発光層: (膜厚 青 25 nm, 緑 50 nm, 赤 40 nm)

青色発光層 BH_1: BD_1 (5 wt%)、緑色発光層 GH_1: Ir (Phppy) 3 (10 wt%)、赤色発光層 RH_1: Ir (piq) 3 (10 wt%)

電子輸送層 (ETL): ET1 (膜厚 5 nm)

LiF: (膜厚 1 nm)

陰極： Al（膜厚 80 nm）

[0105] 得られた素子の青色発光層、緑色発光層、赤色発光層を、 1 mA/cm^2 の直流電流により発光させ、発光効率（単位： cd/A ）を測定した。また、初期輝度青： $5,000 \text{ cd/m}^2$ 、緑 $20,000 \text{ cd/m}^2$ 、赤 $10,000 \text{ cd/m}^2$ で直流の連続通電試験を行って半減寿命（単位：時間）を測定した。結果を表 1 に示す。

[0106] 実施例 2～5、比較例 1

表 1 に示す青色発光層、赤色発光層、緑色発光層のホスト、ドーパント、電子輸送層を用いた他は、実施例 1 と同様にして有機 EL 素子を得て、評価した。結果を表 1 に示す。

尚、実施例 5 の緑色発光層は、表 1 に示すように、第 2 のドーパントを追加した。第 2 のドーパント GH_10 の濃度は 20 wt %、第 1 のドーパント Ir (ppy) 3 の濃度は 10 wt %であった。

[0107] 実施例 6

膜厚 130 nm の ITO が成膜された基板の上に、下記層を構成する材料を順次蒸着し、有機 EL 素子を得た。得られた有機 EL 素子を実施例 1 と同様にして評価した。結果を表 1 に示す。

陽極： ITO（膜厚 130 nm）

正孔注入層：HI（膜厚 50 nm）

正孔輸送層：HT（膜厚 45 nm）

発光層：（膜厚 青 25 nm, 緑 50 nm, 赤 40 nm）

青色発光層 BH_2：BD_2（5 wt %）、緑色発光層 GH_1：Ir (ppy) 3（10 wt %）、赤色発光層 RH_1：Ir (piq) 3（10 wt %）

電子輸送層（ETL）：ET2（膜厚 5 nm）

電子注入層（EIL）：EI1（膜厚 20 nm）

LiF：（膜厚 1 nm）

陰極： Al（膜厚 80 nm）

[0108] 実施例 7 ～ 27、比較例 2

表 1 に示す青色発光層、赤色発光層、緑色発光層のホスト、ドーパント、電子輸送層、電子注入層を用いた他は、実施例 6 と同様にして有機 EL 素子を得て、評価した。結果を表 1 に示す。

尚、実施例 10、15、16、21、22、27 の緑色発光層は、表 1 に示すように、第 2 のドーパントを追加した。第 2 のドーパントの濃度は 20 wt %、第 1 のドーパントの濃度は 10 wt % であった。

[0109]

[表1]

	発光層ホスト	発光層ドーパント	電子輸送領域	効率	寿命
実施例1	BH_1	BD_1	ET1	7.92	1000
	RH_1	Ir(piq)3	ET1	10.3	2000
	GH_1	Ir(Ph-ppy)3	ET1	57.9	700
実施例2	BH_1	BD_2	ET1	8.5	800
	RH_5	Ir(piq)3	ET1	10.9	1900
	GH_5	Ir(Ph-ppy)3	ET1	50.3	400
実施例3	BH_1	BD_1	ET1	7.92	1000
	RH_1	Ir(piq)3	ET1	10.3	2000
	GH_1	Ir(ppy)3	ET1	48.4	300
実施例4	BH_1	BD_2	ET1	8.5	800
	RH_5	Ir(piq)3	ET1	10.9	1900
	GH_5	Ir(ppy)3	ET1	47.2	300
実施例5	BH_1	BD_2	ET1	8.5	800
	RH_5	Ir(piq)3	ET1	10.9	1900
	GH_5	GH_10:Ir(ppy)3	ET1	58.1	600
実施例6	BH_2	BD_1	ET2/EI1	11.04	2000
	RH_1	Ir(piq)3	ET2/EI1	11.2	3000
	GH_1	Ir(ppy)3	ET2/EI1	50.7	400
実施例7	BH_2	BD_2	ET2/EI1	11.8	1500
	RH_6	Ir(piq)3	ET2/EI1	9.5	1200
	GH_6	Ir(ppy)3	ET2/EI1	42.9	200
実施例8	BH_2	BD_2	ET2/EI1	11.8	1500
	RH_6	Ir(piq)3	ET2/EI1	9.5	1200
	GH_1	Ir(Ph-ppy)3	ET2/EI1	60.5	1000
実施例9	BH_2	BD_2	ET2/EI1	11.8	1500
	RH_1	Ir(piq)3	ET2/EI1	11.2	3000
	GH_6	Ir(Ph-ppy)3	ET2/EI1	50.2	400

	発光層ホスト	発光層ドーパント	電子輸送領域	効率	寿命
実施例10	BH_2	BD_2	ET2/EI1	11.8	1500
	RH_1	Ir(piq)3	ET2/EI1	11.2	3000
	GH_6	GH_10:Ir(ppy)3	ET2/EI1	53.1	400
実施例11	BH_3	BD_1	ET3/EI1	10.3	1500
	RH_2	Ir(piq)3	ET3/EI1	10.5	2200
	GH_2	Ir(ppy)3	ET3/EI1	45.1	300
実施例12	BH_3	BD_2	ET3/EI1	9.2	1200
	RH_7	Ir(piq)3	ET3/EI1	10.2	1800
	GH_7	Ir(ppy)3	ET3/EI1	45.5	300
実施例13	BH_3	BD_1	ET3/EI1	10.3	1500
	RH_2	Ir(piq)3	ET3/EI1	10.5	2200
	GH_2	Ir(Ph-ppy)3	ET3/EI1	48.2	500
実施例14	BH_3	BD_2	ET3/EI1	9.2	1200
	RH_7	Ir(piq)3	ET3/EI1	10.2	1800
	GH_7	Ir(Ph-ppy)3	ET3/EI1	51.2	500
実施例15	BH_3	BD_1	ET3/EI1	10.3	1500
	RH_2	Ir(piq)3	ET3/EI1	10.5	2200
	GH_2	GH_10:Ir(ppy)3	ET3/EI1	44.1	400
実施例16	BH_3	BD_2	ET3/EI1	9.2	1200
	RH_7	Ir(piq)3	ET3/EI1	10.2	1800
	GH_6	GH_1:Ir(ppy)3	ET3/EI1	52.8	500
実施例17	BH_4	BD_1	ET4/EI1	10.8	1000
	RH_3	Ir(piq)3	ET4/EI1	9.8	3000
	GH_3	Ir(ppy)3	ET4/EI1	42.1	200
実施例18	BH_4	BD_3	ET4/EI1	9.1	1000
	RH_8	Ir(piq)3	ET4/EI1	10.5	1900
	GH_8	Ir(ppy)3	ET4/EI1	42.3	500

	発光層ホスト	発光層ドーパント	電子輸送領域	効率	寿命
実施例19	BH_4	BD_1	ET4/EI1	10.8	1000
	RH_3	Ir(piq)3	ET4/EI1	9.8	3000
	GH_3	Ir(Ph-ppy)3	ET4/EI1	50.1	500
実施例20	BH_4	BD_3	ET4/EI1	9.1	1000
	RH_8	Ir(piq)3	ET4/EI1	10.5	1900
	GH_8	Ir(Ph-ppy)3	ET4/EI1	48.8	600
実施例21	BH_4	BD_3	ET4/EI1	9.1	1000
	RH_8	Ir(piq)3	ET4/EI1	10.5	1900
	GH_3	GH_10:Ir(ppy)3	ET4/EI1	63.1	800
実施例22	BH_4	BD_1	ET4/EI1	10.8	1000
	RH_3	Ir(piq)3	ET4/EI1	9.8	3000
	GH_6	GH_4:Ir(ppy)3	ET4/EI1	53.9	500
実施例23	BH_5	BD_1	ET5/EI1	10.2	1200
	RH_4	Ir(piq)3	ET5/EI1	10.4	2800
	GH_4	Ir(ppy)3	ET5/EI1	46.4	200
実施例24	BH_5	BD_3	ET5/EI1	9.4	1100
	RH_9	Ir(piq)3	ET5/EI1	10.1	2200
	GH_9	Ir(ppy)3	ET5/EI1	48.1	300
実施例25	BH_5	BD_1	ET5/EI1	10.2	1200
	RH_4	Ir(piq)3	ET5/EI1	10.4	2800
	GH_4	Ir(Ph-ppy)3	ET5/EI1	49.8	400
実施例26	BH_5	BD_3	ET5/EI1	9.4	1100
	RH_9	Ir(piq)3	ET5/EI1	10.1	2200
	GH_9	Ir(Ph-ppy)3	ET5/EI1	49.7	400
実施例27	BH_5	BD_1	ET5/EI1	10.2	1200
	RH_4	Ir(piq)3	ET5/EI1	10.4	2800
	GH_6	PGH_8:Ir(ppy)3	ET5/EI1	58.8	400

	発光層ホスト	発光層ドーパント	電子輸送領域	効率	寿命
比較例1	BH_1	BD_1	Alq3	4.6	600
	CBP	Ir(piq)3	Alq3	4.2	300
	CBP	Ir(ppy)3	Alq3	15.1	3
比較例2	BH_1	BD_1	BAIq/Alq3	4.3	500
	CBP	Ir(piq)3	BAIq/Alq3	8.5	1000
	CBP	Ir(ppy)3	BAIq/Alq3	40.3	50

産業上の利用可能性

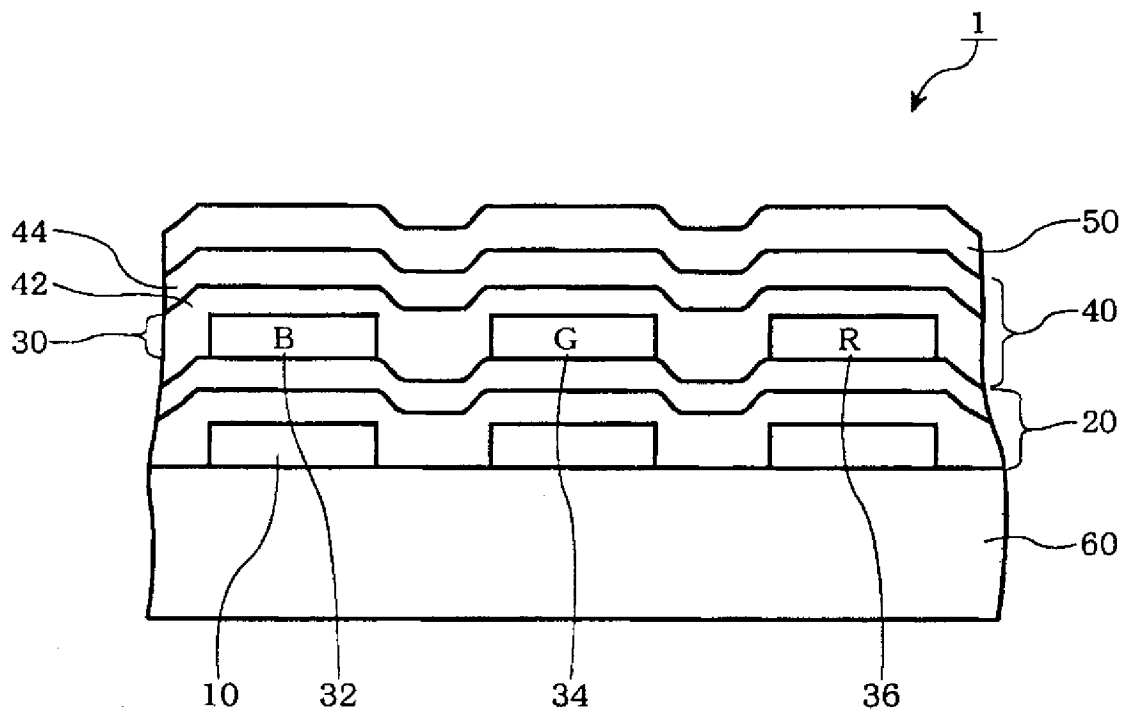
[0110] 本発明の有機EL素子は、大型テレビ向け表示パネルや照明パネル等に用いることができる。

請求の範囲

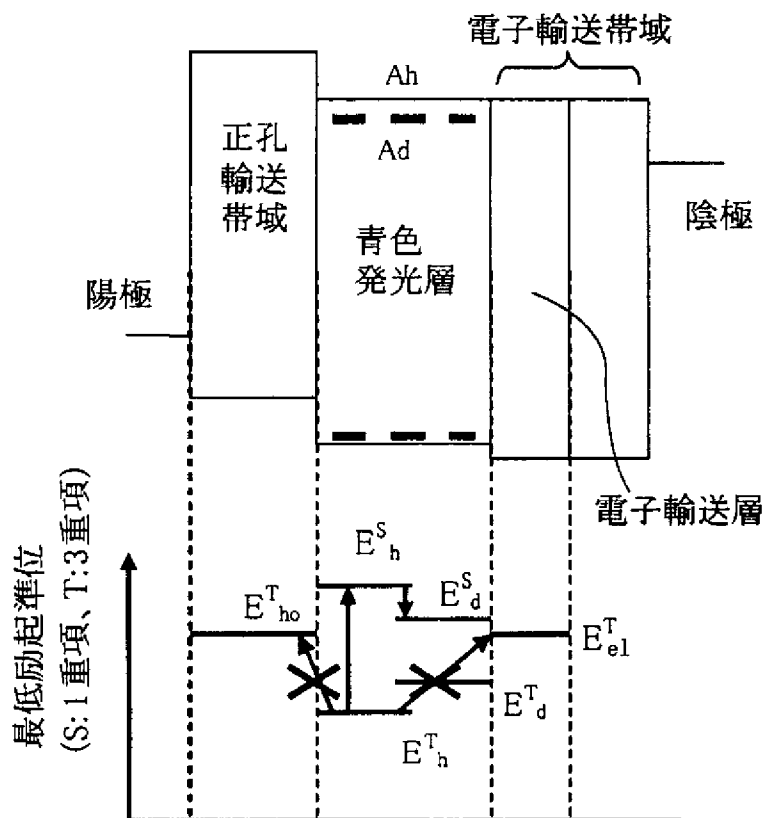
- [請求項1] 対向する陽極と陰極の間に、陽極側から、正孔輸送帯域と発光層と電子輸送帯域とをこの順に備え、
- 前記発光層は、赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層から形成され、
- 前記青色発光層は、ホストBHと蛍光発光性ドーパントFBDとを含み、
- 前記蛍光発光性ドーパントFBDの3重項エネルギー E^T_{fbd} が前記ホストBHの3重項エネルギー E^T_{bh} より大きく、
- 前記緑色発光層は、ホストGHと燐光発光性ドーパントPGDとを含み、
- 前記電子輸送帯域内に、前記赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層に隣接して共通の電子輸送層が設けられ、前記電子輸送層を構成する材料の3重項エネルギー E^T_{el} が E^T_{bh} より大きく、
- 前記ホストGHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内である、
- 有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項2] 前記赤色発光層は、ホストRHと燐光発光性ドーパントPRDとを含み、
- 前記ホストRHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内である請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項3] 前記ホストBHと前記電子輸送層を構成する材料のアフィニティの差が0.4 eV以内である請求項1又は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] 前記電子輸送層を構成する材料の電子移動度が、電界強度0.04～0.5 MV/cmの範囲において $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である請求項1乃至3のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

- [請求項5] 前記電子輸送帯域内に、前記電子輸送層と前記陰極の間に電子注入層が設けられている請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項6] 前記ホスト GH のアフィニティ $A_{f_{gh}}$ が 2.6 eV 以上である請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項7] 前記ドーパント GD のイオン化ポテンシャル $I_{p_{gd}}$ が 5.2 eV 以上である請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項8] 前記青色発光層、前記緑色発光層、前記赤色発光層のうち少なくとも一つの発光層に第二ドーパントを含む請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項9] 前記緑色発光層が第二ドーパント GD 2 を含む請求項 8 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。
- [請求項10] 前記第二ドーパント GD 2 のアフィニティ $A_{f_{gd2}}$ と前記ホスト GH のアフィニティ $A_{f_{gh}}$ の差が 0.4 eV 以内である請求項 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] 前記ホスト BH が環式構造以外に二重結合を含まない化合物である請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

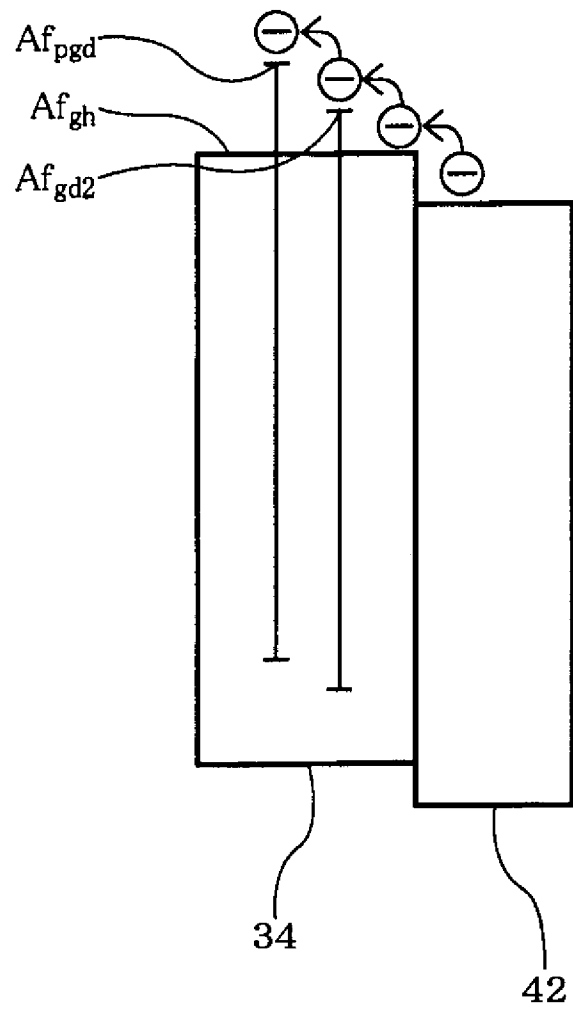
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003869

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L51/50 (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

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
Y	JP 2005-158676 A (Samsung SDI Co., Ltd.), 16 June 2005 (16.06.2005), claims 1 to 11 & US 2005/0112403 A1 & KR 10-2005-0050487 A & CN 1622721 A	1-11
Y	WO 2009/008346 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0083], [0401] to [0406]; claims & EP 2166589 A1 & KR 10-2010-0031723 A	1-11
Y	WO 2009/008344 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0415] to [0423] & EP 2166588 A1 & KR 10-2010-0031723 A	1-11

☒ 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
08 September, 2010 (08.09.10)

Date of mailing of the international search report
21 September, 2010 (21.09.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003869

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-294200 A (Fujikura Ltd.), 04 December 2008 (04.12.2008), paragraph [0013] & WO 2008/146800 A1	1-11
Y	WO 2008/015949 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 07 February 2008 (07.02.2008), claims & US 2009/0243473 A & EP 2053672 A1 & KR 10-2009-0051163 A & CN 101501880 A	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L51/50(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（I P C））

Int.Cl. H01L51/50

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
Y	JP 2005-158676 A（三星エスディアイ株式会社）2005.06.16, [請求項1] - [請求項11] & US 2005/0112403 A1 & KR 10-2005-0050487 A & CN 1622721 A	1-11
Y	WO 2009/008346 A1（出光興産株式会社）2009.01.15, [0083], [0401]-[0406], 特許請求の範囲 & EP 2166589 A1 & KR 10-2010-0031723 A	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 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

0 8 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

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）

東松 修太郎

20

3208

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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
Y	WO 2009/008344 A1 (出光興産株式会社) 2009.01.15, [0415]-[0423] & EP 2166588 A1 & KR 10-2010-0031723 A	1-11
Y	JP 2008-294200 A (株式会社フジクラ) 2008.12.04, [0013] & WO 2008/146800 A1	1-11
Y	WO 2008/015949 A1 (出光興産株式会社) 2008.02.07, 特許請求の範囲 & US 2009/0243473 A & EP 2053672 A1 & KR 10-2009-0051163 A & CN 101501880 A	4