

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-122459
(P2015-122459A)

(43) 公開日 平成27年7月2日(2015.7.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 5 B 33/22	D 3 K 1 O 7
CO 7 D 209/88 (2006.01)	HO 5 B 33/14	B 4 C 2 O 4
CO 7 D 209/86 (2006.01)	CO 7 D 209/88	
	CO 7 D 209/86	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-266552 (P2013-266552)
(22) 出願日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(71) 出願人 512187343
三星ディスプレイ株式会社
Samsung Display Co., Ltd.
大韓民国京畿道龍仁市器興区三星二路95
95, Samsung 2 Ro, Giheung-Gu, Yongin-City,
Gyeonggi-Do, Korea
(74) 代理人 110000981
アイ・ピー・ディー国際特許業務法人
(72) 発明者 佐藤 朱里
神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7 株式会社サムスン日本研究所内

最終頁に続く

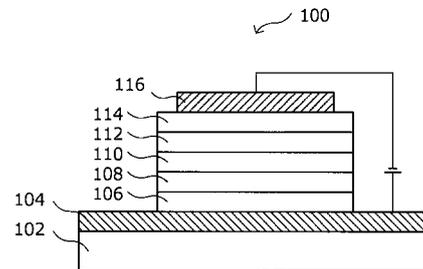
(54) 【発明の名称】 有機EL素子

(57) 【要約】

【課題】 駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能な、有機EL素子を提供すること。

【解決手段】 本発明に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極上に設けられ、互いに異なる化合物を主成分とする複数層からなる正孔輸送層と、前記正孔輸送層上に設けられる発光層と、前記発光層上に設けられる陰極と、を備え、前記複数層からなる正孔輸送層のうち最も厚みが厚い第1の正孔輸送層における正孔移動度が、当該第1の正孔輸送層と前記発光層との間に位置する前記正孔輸送層のうち少なくとも1層における正孔移動度よりも大きい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と、
前記陽極上に設けられ、互いに異なる化合物を主成分とする複数層からなる正孔輸送層と、

前記正孔輸送層上に設けられる発光層と、

前記発光層上に設けられる陰極と、

を備え、

前記複数層からなる正孔輸送層のうち最も厚みが厚い第 1 の正孔輸送層における正孔移動度が、当該第 1 の正孔輸送層と前記発光層との間に位置する前記正孔輸送層のうち少なくとも 1 層における正孔移動度よりも大きい、有機 EL 素子。

10

【請求項 2】

前記第 1 の正孔輸送層の正孔移動度は、 $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、

前記第 1 の正孔輸送層と前記発光層との間に位置する前記正孔輸送層のうち少なくとも 1 層の正孔移動度が、 $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において、 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ である、請求項 1 に記載の有機 EL 素子。

【請求項 3】

前記第 1 の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも 1 層の厚みは、前記第 1 の正孔輸送層の厚みの $1/10$ 以下である、請求項 1 又は 2 に記載の有機 EL 素子。

20

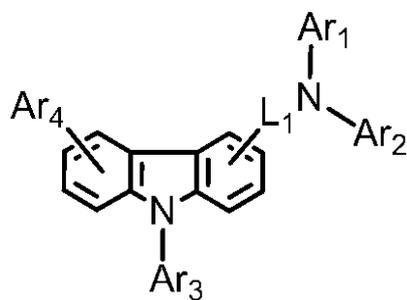
【請求項 4】

前記第 1 の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも 1 層の主成分が、アミノカルバゾール誘導体である、請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の有機 EL 素子。

【請求項 5】

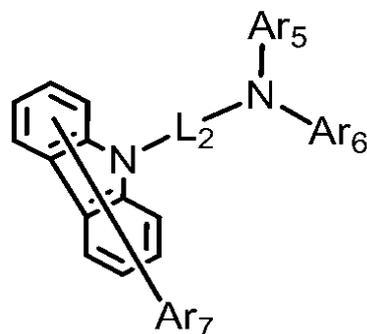
前記アミノカルバゾール誘導体は、下記一般式 (1a) 又は一般式 (1b) で表される化合物である、請求項 4 に記載の有機 EL 素子。

【化 1】



... (1a)

30



... (1b)

40

50

ここで、上記一般式(1a)及び(1b)において、

$Ar_1 \sim Ar_7$ は、置換もしくは無置換のアリール基、又は、置換もしくは無置換のヘテロアリール基であり、 $L_1 \sim L_2$ は、結合基、置換もしくは無置換のアリーレン基、又は、置換もしくは無置換のヘテロアリーレン基である。

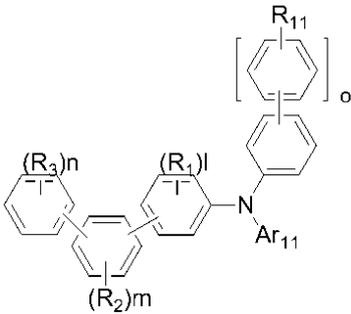
【請求項6】

前記第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の成分が、モノアミン誘導体である、請求項1～3の何れか1項に記載の有機EL素子。

【請求項7】

前記モノアミン誘導体は、下記一般式(2)で表される化合物である、請求項6に記載の有機EL素子。

【化2】



・・・(2)

ここで、上記一般式(2)において、

R_1 、 R_2 及び R_3 は、それぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の炭素数1～15のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基、又は、置換もしくは無置換の炭素数1～30のヘテロアリール基であり、

l 、 m 、 n は、それぞれ0～4、0～4、0～5、を満たす整数であり、

Ar_{11} は、置換又は無置換の炭素数6～30のアリール基であり、

R_{11} は、水素原子、フッ素原子、置換シリル基であり、

o は、0～3を満たす整数である。

ただし、 o が2以上のとき、 R_{11} は上記の中で異なってもよい。

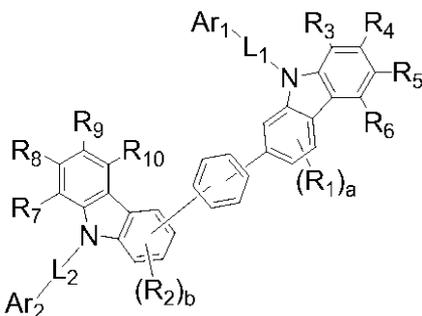
【請求項8】

前記第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の成分が、カルバゾール誘導体である、請求項1～3の何れか1項に記載の有機EL素子。

【請求項9】

前記カルバゾール誘導体は、下記一般式(3)で表される化合物である、請求項8に記載の有機EL素子。

【化3】



・・・(3)

ここで、上記一般式(3)において、

10

20

30

40

50

$A r_1$ は、炭素数 6 ~ 30 のアリール基、炭素数 1 ~ 30 のヘテロアリール基、又は、炭素数 1 ~ 15 のアルキル基であり、

$R_1 \sim R_{17}$ は、炭素数 6 ~ 30 のアリール基、炭素数 1 ~ 30 のヘテロアリール基、炭素数 1 ~ 15 のアルキル基、アルコキシ基、ハロゲン原子、水素原子、又は、重水素原子であり、

$A r_2$ は、炭素数 6 ~ 30 の窒素、酸素、硫黄、リン、ケイ素からなる群より選択されるヘテロ原子を含んでもよい縮合環、又は、炭素と窒素とからなる縮合環であり、

$A r_1$ 及び $A r_2$ は、互いに異なる置換基であり、

a 及び b は、0 ~ 3 であり、

L_1 及び L_2 は、単結合又は 2 価の連結基を表し、

隣接した複数の $R_1 \sim R_{10}$ は結合し、飽和又は不飽和の環を形成してもよい（ただし、 R_1 と R_6 、又は、 R_2 と R_{10} が結合し、芳香環を形成することはない）。

【請求項 10】

前記発光層は、青色蛍光発光材料を含む、請求項 1 ~ 9 の何れか 1 項に記載の有機 EL 素子。

【請求項 11】

前記発光層は、赤色リン光発光材料を含む、請求項 1 ~ 9 の何れか 1 項に記載の有機 EL 素子。

【請求項 12】

前記発光層は、緑色リン光発光材料を含む、請求項 1 ~ 9 の何れか 1 項に記載の有機 EL 素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機 EL 素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光材料を表示部の発光素子に用いた有機エレクトロルミネッセンス表示装置（Organic Electroluminescence Display：有機 EL 表示装置）の開発が盛んになってきている。有機 EL 表示装置は、液晶表示装置等とは異なり、陽極及び陰極から注入された正孔及び電子を発光層において再結合させることにより、発光層における有機化合物を含む発光材料を発光させて表示を実現する、いわゆる自発光型の表示装置である。

【0003】

近年、有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機 EL 素子という。）として、発光層、及び、この発光層にキャリア（carrier）である正孔や電子を輸送する層等のように、特性の異なる複数の層で構成されたものが提案されている。

【0004】

有機 EL 素子の発光効率を向上させるためには、発光層において正孔と電子とが再結合する確率を増やすことが重要である。正孔と電子のどちらかが過剰に供給され、再結合しないまま各電荷が発光層を通過してしまうと、発光効率が低下してしまう。そのため、この電子と正孔の注入バランス（balance）は、有機 EL 素子の発光効率及び寿命を決定する要因として、極めて重要な因子であると言える。

【0005】

上記のような電子と正孔の注入バランスを制御するために、有機 EL 素子を構成する複数の層の電荷移動度を制御する試みがなされている。例えば、下記の特許文献 1 には、1 層のみからなる正孔輸送層の正孔移動度を、所定の範囲内とする技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

【特許文献1】特開2008-130840号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記特許文献1に開示されているように、1層のみからなる正孔輸送層の正孔移動度を制御する場合には、有機EL素子の駆動電圧が増加してしまうという問題があった。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能な、有機EL素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、陽極と、前記陽極上に設けられ、互いに異なる化合物を主成分とする複数層からなる正孔輸送層と、前記正孔輸送層上に設けられる発光層と、前記発光層上に設けられる陰極と、を備え、前記複数層からなる正孔輸送層のうち最も厚みが厚い第1の正孔輸送層における正孔移動度が、当該第1の正孔輸送層と前記発光層との間に位置する前記正孔輸送層のうち少なくとも1層における正孔移動度よりも大きい有機EL素子が提供される。

【 0 0 1 0 】

かかる有機EL素子の正孔輸送層では、互いに異なる正孔移動度を有する化合物からなる正孔輸送層を複数層設けることで、正孔移動度のバランスを取ることができ、駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 1 1 】

前記第1の正孔輸送層の正孔移動度は、 $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、前記第1の正孔輸送層と前記発光層との間に位置する前記正孔輸送層のうち少なくとも1層の正孔移動度が、 $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において、 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

第1の正孔輸送層、及び、第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の正孔移動度が上記の範囲となることで、正孔移動度のバランスを取ることができ、駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 1 3 】

前記第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の厚みは、前記第1の正孔輸送層の厚みの $1/10$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

前記第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の厚みを上記のようにすることで、駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 1 5 】

前記第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の主成分が、アミノカルバゾール誘導体であってもよい。

【 0 0 1 6 】

前記アミノカルバゾール誘導体は、下記一般式(1a)又は一般式(1b)で表される化合物であることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

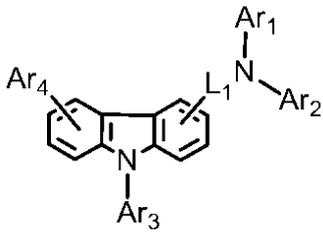
10

20

30

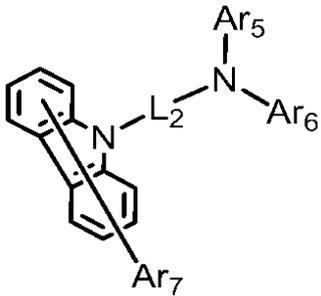
40

【化 1】



・・・(1a)

10



・・・(1b)

20

【0018】

ここで、上記一般式(1a)及び(1b)において、 $Ar_1 \sim Ar_7$ は、置換もしくは無置換のアリール基、又は、置換もしくは無置換のヘテロアリール基であり、 $L_1 \sim L_2$ は、結合基、置換もしくは無置換のアリーレン基、又は、置換もしくは無置換のヘテロアリーレン基である。

【0019】

前記第1の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも1層の成分が、モノアミン誘導体であってもよい。

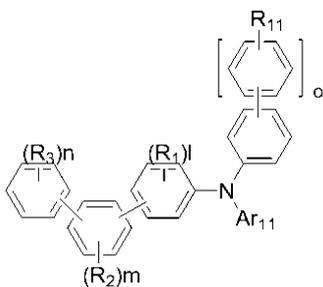
【0020】

前記モノアミン誘導体は、下記一般式(2)で表される化合物であることが好ましい。

30

【0021】

【化 2】



・・・(2)

40

【0022】

ここで、上記一般式(2)において、 R_1 、 R_2 及び R_3 は、それぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の炭素数1~15のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6~30のアリール基、又は、置換もしくは無置換の炭素数1~30のヘテロアリール基であり、 l 、 m 、 n は、それぞれ0~4、0~4、0~5、を満たす整数であり、 Ar_{11} は、置換又は無置換の炭素数6~30のアリール基であり、 R_{11} は、水素原子、フッ素原子、置換シリル基であり、 o は、0~3を満たす整数である。ただし、 o が2以上のとき、 R_{11} は上記の中で異なってもよい。

50

【 0 0 2 3 】

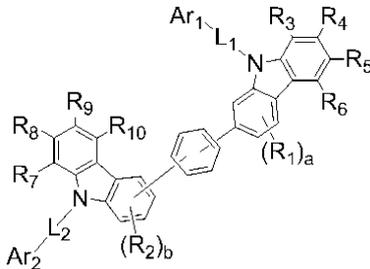
前記第 1 の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも 1 層の主成分が、カルバゾール誘導体であってもよい。

【 0 0 2 4 】

前記カルバゾール誘導体は、下記一般式 (3) で表される化合物であることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

【 化 3 】



・・・ (3)

【 0 0 2 6 】

ここで、上記一般式 (3) において、 Ar_1 は、炭素数 6 ~ 30 のアリール基、炭素数 1 ~ 30 のヘテロアリール基、又は、炭素数 1 ~ 15 のアルキル基であり、 $R_1 \sim R_{17}$ は、炭素数 6 ~ 30 のアリール基、炭素数 1 ~ 30 のヘテロアリール基、炭素数 1 ~ 15 のアルキル基、アルコキシ基、ハロゲン原子、水素原子、又は、重水素原子であり、 Ar_2 は、炭素数 6 ~ 30 の窒素、酸素、硫黄、リン、ケイ素からなる群より選択されるヘテロ原子を含んでもよい縮合環、又は、炭素と窒素とからなる縮合環であり、 Ar_1 及び Ar_2 は、互いに異なる置換基であり、 a 及び b は、0 ~ 3 であり、 L_1 及び L_2 は、単結合又は 2 価の連結基を表し、隣接した複数の $R_1 \sim R_{10}$ は結合し、飽和又は不飽和の環を形成してもよい (ただし、 R_1 と R_6 、又は、 R_2 と R_{10} が結合し、芳香環を形成することはない)。

【 0 0 2 7 】

前記第 1 の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも 1 層の主成分を、上記のような 3 種類の誘導体の何れかとするこで、駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 2 8 】

前記発光層は、青色蛍光発光材料を含んでもよい。また、前記発光層は、赤色リン光発光材料を含んでもよい。また、前記発光層は、緑色リン光発光材料を含んでもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 9 】

以上説明したように本発明によれば、第 1 の正孔輸送層、及び、第 1 の正孔輸送層と発光層との間に位置する正孔輸送層のうち少なくとも 1 層の正孔移動度を所定の範囲とすることで、有機 EL 素子の駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係る有機 EL 素子の一例を示す概略断面図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態に係る有機 EL 素子が備える正孔輸送層の一例を示す概略断面図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態に係る有機 EL 材料を使用して製造した有機 EL 素子の概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0032】

(有機EL素子の構成について)

まず、図1及び図2を参照しながら、本発明の実施形態に係る有機EL素子100の構成について、詳細に説明する。図1は、本実施形態に係る有機EL素子の一例を示す概略断面図であり、図2は、本実施形態に係る有機EL素子が備える電子輸送層の一例を示す概略断面図である。

10

【0033】

本実施形態に係る有機EL素子は、例えば、図1に示すような構造を有している。なお、図1に示した有機EL素子の構造はあくまでも一例であって、本実施形態に係る有機EL素子が図1に示した構造に限定されるものではない。

【0034】

なお、以下では、「A層上に設けられたB層」という表現を用いるが、かかる表現におけるA層とB層との関係は、A層の直上にB層が存在する場合に限定されるものではなく、A層の上方にB層が存在する場合も含むものとする。すなわち、かかる表現は、A層の直上に1又は複数の層が存在し、これらの層の直上にB層が存在する場合も含むものとする。

20

【0035】

[有機EL素子の全体構成について]

本実施形態に係る有機EL発光素子100は、図1に示したように、基板102と、基板102上に配置された第1電極104と、第1電極104上に配置された正孔注入層106と、正孔注入層106上に配置された正孔輸送層108と、正孔輸送層108上に配置された発光層110と、発光層110上に配置された電子輸送層112と、電子輸送層112上に配置された電子注入層114と、第2電極116と、を備える。

【0036】

基板102は、一般的な有機EL素子で使用される基板を使用することができる。例えば、基板102は、ガラス(glass)基板、半導体基板、または透明なプラスチック(plastic)基板等であってもよい。

30

【0037】

第1電極104は、例えば、アノード(陽極)であり、蒸着法、スパッタリング(sputtering)法又は塗布法などを用いて基板102上に形成される。具体的には、第1電極104は、仕事関数が高い金属、合金、導電性化合物等によって透過型電極として形成される。第1電極104は、例えば、透明であり、導電性にすぐれる酸化インジウムスズ(ITO)、酸化インジウム亜鉛(IZO)、酸化スズ(SnO₂)、酸化亜鉛(ZnO)などで形成されてもよい。また、第1電極104は、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)などを用いて反射型電極として形成されてもよい。

40

【0038】

正孔注入層106は、第1電極104からの正孔の注入を容易にする機能を備えた層であり、必要に応じて、第1電極104上に形成される。この正孔注入層106は、真空蒸着法、スピンコーティング法、インクジェット法などを用いて第1電極104上に形成される。また、正孔注入層106は、具体的には、約0.1nm~約1000nm、より具体的には、約1nm~約100nmの厚さにて形成されてもよい。

【0039】

なお、正孔注入層106は、例えば、N,N'-ジフェニル-N,N'-ビス-[4-(フェニル-m-トリル-アミノ)-フェニル]-ピフェニル-4,4'-ジアミン(DNTPD)、銅フタロシアニンなどのフタロシアニン化合物、4,4',4''-トリス(

50

3 - メチルフェニルフェニルアミノ)トリフェニルアミン(m-MTDATA)、N, N' - ジ(1 - ナフチル) - N, N' - ジフェニルベンジジン(NPB)、4, 4', 4'' - トリス{N, Nジフェニルアミノ}トリフェニルアミン(TDATA)、4, 4', 4'' - トリス(N, N - 2 - ナフチルフェニルアミノ)トリフェニルアミン(2-TNATA)、ポリアニリン/ドデシルベンゼンスルホン酸(Pani/DBSA)、ポリ(3, 4 - エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(4 - スチレンスルホネート)(PEDOT/PSS)、ポリアニリン/カンファースルホン酸(Pani/CSA)、ポリアニリン/ポリ(4 - スチレンスルホネート)(PANI/PSS)又はヘキサアザトリフェニレンヘキサカルボニトリル(HAT(CN)₆)などを用いて形成することができる。

【0040】

10

正孔輸送層108は、主に正孔を輸送する機能を有する正孔輸送材料を含む層であり、ホスト材料や発光ドーパント材料を主成分としない層である。すなわち、本実施形態に係る正孔輸送層108自体は、有機EL素子の発光輝度に大きく寄与しない点に注意されたい。正孔輸送層108は、電子阻止層及び/又は励起子閉じ込め層としての機能を有してもよい。

【0041】

この正孔輸送層108は、真空蒸着法、スピンコーティング法、インクジェット法などを用いて正孔注入層106上(場合によっては、第1電極104上)に形成される。本実施形態に係る有機EL素子100は、互いに異なる化合物を主成分とする、複数の層から構成されるが、この正孔輸送層108の詳細な構成については、以下で詳述する。

20

【0042】

発光層110は、蛍光やリン光等の光を発する層であり、真空蒸着法、スピンコーティング法、インクジェット法などを用いて正孔輸送層108上に形成される。また、発光層110は、ホスト(host)材料及び発光ドーパント(dopant)材料を含んでもよい。なお、発光層110は、具体的には、約10nm~約100nm、より具体的には、約20nm~約60nmの厚さで形成されてもよい。

【0043】

発光層110は、特定の色の光を発する発光層として形成されてもよい。例えば、発光層110は、赤色発光層、緑色発光層、又は青色発光層として形成されてもよい。また、複数色の発光ドーパントを用いて、白色発光層としてもよい。更に、異なる発光色を発する発光層の積層構造により、白色発光層としてもよい。

30

【0044】

また、発光層110に用いるホスト材料としては、例えば、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム(Alq₃)、4, 4', 4'' - トリス(N - カルバゾール)トリフェニルアミン(TCTA)、1, 3, 5 - トリス(N - フェニルベンズイミダゾール - 2 - イル)ベンゼン(TPBI)、ポリ(n - ビニルカルバゾール)(PVK)、9, 10 - ジ(ナフタレン - 2 - イル)アントラセン(ADN)、3 - tert - プチル - 9, 10 - ジ(ナフト - 2 - イル)アントラセン(TBADN)、ジスチリルアレーレン(DSA)、4, 4' - N, N' - ジカバゾール - ビフェニル(CBP)、4, 4' - ビス(9 - カルバゾール) - 2, 2' - ジメチル - ビフェニル(dmCBP)を使用することができる。

40

【0045】

発光層110に用いる青色ドーパントとしては、例えば、1, 4 - ビス[2 - (3 - N - エチルカルバゾール)ビニル]ベンゼン(BCzVB)、4 - (ジ-p-トルイルアミノ) - 4' - [(ジ-p-トルイルアミノ)スチリル]スチルベン(DPAVB)、N - (4 - ((E) - 2 - (6 - ((E) - 4 - (ジフェニルアミノ)スチリル)ナフタレン - 2 - イル)ビニル)フェニル) - N - フェニルベンゼンアミン(N-BDAVB_i)などのスチリル誘導体、ペリレン(perylene)及びその誘導体(例えば、2, 5, 8, 11 - テトラ - t - プチルペリレン(TBPe))、ピレン及びその誘導体(例えば、1, 1 - ジピレン、1, 4 - ジピレニルベンゼン)、ビス[2 - (4, 6 - ジフルオロフェ

50

ニル)ピリジネート]ピコリネートイリジウム(III)(FIRPIC)などを使用することができる。

【0046】

また、発光層110に用いる赤色ドーパントとしては、例えば、5,6,11,12-テトラフェニルナフタセン(ルブレン(rubrene))、4-ジシアノメチレン-2-(p-ジメチルアミノスチリル)-6-メチル-4H-ピラン(DCM)及びその誘導体、ビス(1-フェニルイソキノリン)(アセチルアセトネート)イリジウム(III)(Ir(piq)₂(acac))などを使用することができる。

【0047】

また、発光層110に用いる緑色ドーパントとしては、例えば、3-(2-ベンゾチアゾリル)-7-(ジエチルアミノ)クマリン(クマリン6(coumarin6))、トリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(III)(Ir(pppy)₃)などを使用することができる。

【0048】

電子輸送層112は、主に電子を輸送する機能を有する電子輸送材料を含む層であり、必要に応じて、発光層110上に形成される。この電子輸送層112は、正孔阻止層及び/又は励起子閉じ込め層としての機能を有してもよい。この電子輸送層112は、真空蒸着法、スピコーティング法、インクジェット法などを用いて形成される。また、電子輸送層112は、具体的には、約10nm~約100nm、より具体的には、約15nm~約50nmの厚さにて形成されてもよい。なお、電子輸送層112は、例えば、リチウムキノレート(LiQ)、フッ化リチウム(LiF)などを用いて形成することができる。

【0049】

電子注入層114は、第2電極116からの電子の注入を容易にする機能を備えた層であり、必要に応じて、電子輸送層112上(場合によっては、発光層110上)に形成される。この電子注入層114は、真空蒸着法などを用いて形成される。また、電子注入層114は、具体的には、約0.1nm~約10nm、より具体的には、約0.1nm~約3nmの厚さにて形成されてもよい。なお、電子注入層114は、例えば、フッ化リチウム(LiF)、塩化ナトリウム(NaCl)、フッ化セシウム(CsF)、酸化リチウム(Li₂O)、酸化バリウム(BaO)などを用いて形成することができる。

【0050】

第2電極116は、例えば、カソード(陰極)であり、蒸着法またはスパッタリング法などを用いて電子注入層114上に形成される。具体的には、第2電極116は、仕事関数が小さい金属、合金、導電性化合物等で反射型電極として形成される。第2電極116は、例えば、リチウム(Li)、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)、アルミニウム-リチウム(Al-Li)、カルシウム(Ca)、マグネシウム-インジウム(Mg-In)、マグネシウム-銀(Mg-Ag)などで形成されてもよい。また、第2電極116は、酸化インジウムスズ(ITO)、酸化インジウム亜鉛(IZO)などを用いて透過型電極として形成されてもよい。

【0051】

以上、図1を参照しながら、本実施形態に係る有機EL素子100の全体構成について、簡単に説明した。

【0052】

[正孔輸送層の構成について]

次に、図2を参照しながら、本実施形態に係る有機EL素子100が備える正孔輸送層108の構成について、詳細に説明する。

【0053】

本実施形態に係る正孔輸送層108は、図2に模式的に示したように、複数の層から構成される。複数の層から構成される正孔輸送層108は、全ての層が互いに異なる化合物を主成分としていてもよく、複数の層のうち一部の層が同一の化合物を主成分とする層であってもよい。図2に示した例では、最も陽極側に位置する正孔輸送層151から、最も

10

20

30

40

50

発光層側に位置する正孔輸送層 159 まで、5つの層から構成される場合を図示している。しかしながら、正孔輸送層 108 を構成する層の数は、図 2 に示した例に限定されるものではなく、2 層以上であればよい。

【0054】

ここで、本実施形態に係る正孔輸送層 108 では、複数層からなる正孔輸送層 108 のうち、最も厚みが厚い層を、第 1 の正孔輸送層の一例である正孔輸送層 A とした場合に、正孔輸送層 A における正孔移動度が、正孔輸送層 A と発光層 110 との間に位置する残りの正孔輸送層 108 のうち少なくとも 1 層における正孔移動度よりも大きくなっている。

【0055】

図 2 に示した例では、5つの層から構成される正孔輸送層 108 のうち、最も厚みが厚い層は、正孔輸送層 153 である。従って、かかる場合には、正孔輸送層 153 が、上記正孔輸送層 A として取り扱われる。また、正孔輸送層 153 と発光層 110 との間に位置する正孔輸送層は、正孔輸送層 155 ~ 正孔輸送層 159 である。従って、正孔輸送層 153 の正孔移動度は、これら 3 つの正孔輸送層のうち少なくとも 1 層における正孔移動度よりも大きい値となっている。

【0056】

正孔輸送層 108 を構成する複数の層の正孔移動度が上記のように構成されることで、正孔輸送層 108 のうち陽極に近い側（すなわち、正孔が入ってくる側）に正孔移動度の大きな輸送層の厚膜を形成することとなり、発光層 110 に近い側に正孔移動度の小さな輸送層を形成することとなる。その結果、正孔移動度の大きな輸送層の厚膜により、有機 EL 素子の低駆動電圧化を保持しつつ、多くの正孔を発光層に注入することができ、有機 EL 素子の高効率化を図ることが可能となる。このように、本実施形態に係る正孔輸送層 108 は、正孔移動度の大きな（換言すれば、正孔輸送能の優れた）正孔輸送材料と、正孔移動度の相対的に小さな（換言すれば、正孔輸送能がそれほど優れていない）正孔輸送材料と、を意図的に組み合わせることで、有機 EL 素子の低駆動電圧下及び高効率化を実現する層である。

【0057】

なお、以下では、説明の便宜上、「正孔輸送層 A と発光層 110 との間に位置する残りの正孔輸送層 108 のうち少なくとも 1 層」のことを、「正孔輸送層 B」と略記する。

【0058】

より詳細には、上記正孔輸送層 A の正孔移動度は、 $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、正孔輸送層 B の正孔移動度が、 $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において、 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であることが好ましい。正孔輸送層 A 及び正孔輸送層 B の正孔移動度を上記の範囲とすることで、駆動電圧の増加を抑制しつつ、発光効率を更に向上させることが可能となる。

【0059】

ここで、正孔輸送層 A の厚みについては、特に限定されるものではないが、例えば、 $20 \text{ nm} \sim 300 \text{ nm}$ 程度とすることが好ましい。正孔輸送層 A の厚みが 20 nm 未満である場合には、陽極/陰極電極間のリーク (leak) が発生する可能性が高くなるため、好ましくない。また、正孔輸送層 A の厚みが 300 nm 超過となる場合には、有機 EL 素子 100 の駆動電圧が高くなり消費電力の観点より好ましくない。

【0060】

また、正孔輸送層 B の厚みは、正孔輸送層 A の厚みの $1/10$ 以下とすることが好ましい。正孔輸送層 B の厚みが正孔輸送層 A の厚みの $1/10$ 以下となることで、正孔輸送度が相対的に小さな輸送層の厚みを薄くすることが可能となり、正孔を正孔輸送層 108 と発光層 110 との界面に集めて励起子密度を更に増加させて、より確実に素子の高効率化を図ることが可能となる。なお、正孔輸送層 B の厚みは、小さければ小さいほど良いが、膜形成の観点より、その厚みは、 5 nm 以上とすることが好ましい。

【0061】

10

20

30

40

50

なお、正孔を正孔輸送層 108 と発光層 110 との界面に効率的に集めるという観点において、正孔輸送層 B は、正孔輸送層 A と発光層 110 との間に位置する正孔輸送層であれば良いが、正孔輸送層 A よりも正孔移動度の相対的に小さな正孔輸送層は、なるべく発光層 110 側（より好ましくは、発光層 110 との界面を形成する位置）に設けることが好ましい。例えば図 2 に示した例では、正孔輸送層 159 は、正孔輸送層 A を構成する化合物よりも正孔移動度の相対的に小さな化合物からなる正孔輸送層（すなわち、正孔輸送層 B）となることが好ましい。

【0062】

[正孔輸送層を形成する化合物について]

続いて、本実施形態に係る正孔輸送層 108 を形成する化合物について、詳細に説明する。

10

【0063】

本実施形態に係る正孔輸送層 108 では、正孔輸送層 A よりも陽極側に位置する正孔輸送層（例えば図 2 の場合、正孔輸送層 151）を形成する化合物については、特に限定するものではなく、任意の正孔輸送材料を用いることができる。

【0064】

また、正孔輸送層 A（例えば図 2 の場合、正孔輸送層 153）を形成する正孔輸送材料についても特に限定されるものではなく、任意の正孔輸送材料を用いることが可能であり、正孔輸送層として形成した際に $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ の正孔移動度が実現される正孔輸送材料を用いることが好ましい。すなわち、本実施形態においては、正孔輸送層としての正孔移動度が重要であり、ある正孔輸送材料に対してドーピングすることで、上記のような正孔輸送層としての正孔移動度を実現してもよい。

20

【0065】

また、正孔輸送層 B を形成する正孔輸送材料についても、正孔輸送層 A を形成する正孔輸送材料よりも相対的に小さな正孔移動度を有しているものであれば特に限定されるものではなく、任意の正孔輸送材料を用いることが可能であり、正孔輸送層として形成した際に $0.3 \text{ MV/cm} \sim 1.0 \text{ MV/cm}$ の電界の範囲において $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ の正孔移動度が実現される正孔輸送材料を用いることが好ましい。

【0066】

なお、正孔輸送層 B を形成する正孔輸送材料としては、以下に示すように、アミノカルバゾール誘導体であってもよく、モノアミン誘導体であってもよく、カルバゾール誘導体であってもよい。

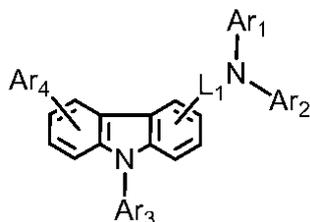
30

【0067】

正孔輸送層 B を形成しうるアミノカルバゾール誘導体の具体例としては、例えば、下記一般式 (1a) 又は一般式 (1b) で表される化合物を挙げることができる。

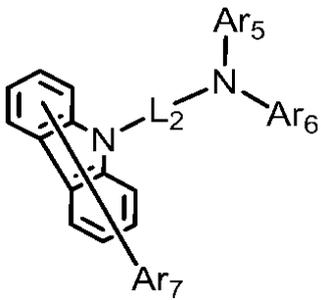
【0068】

【化 4】



・・・(1a)

40



・・・(1b)

10

【0069】

ここで、上記一般式(1a)及び(1b)において、 $Ar_1 \sim Ar_7$ は、置換もしくは無置換のアリール基、又は、置換もしくは無置換のヘテロアリール基であり、 $L_1 \sim L_2$ は、結合基、置換もしくは無置換のアリーレン基、又は、置換もしくは無置換のヘテロアリーレン基である。

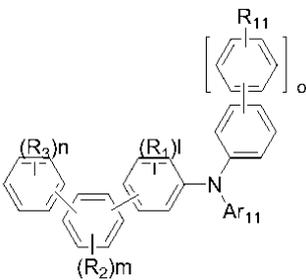
【0070】

また、正孔輸送層Bを形成しうるモノアミン誘導体の具体例としては、例えば、下記一般式(2)で表される化合物を挙げることができる。

【0071】

【化5】

20



・・・(2)

【0072】

30

ここで、上記一般式(2)において、 R_1 、 R_2 及び R_3 は、それぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の炭素数1~15のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6~30のアリール基、又は、置換もしくは無置換の炭素数1~30のヘテロアリール基であり、 l 、 m 、 n は、それぞれ0~4、0~4、0~5、を満たす整数であり、 Ar_{11} は、置換又は無置換の炭素数6~30のアリール基であり、 R_{11} は、水素原子、フッ素原子、置換シリル基であり、 o は、0~3を満たす整数である。ただし、 o が2以上のとき、 R_{11} は上記の中で異なってもよい。

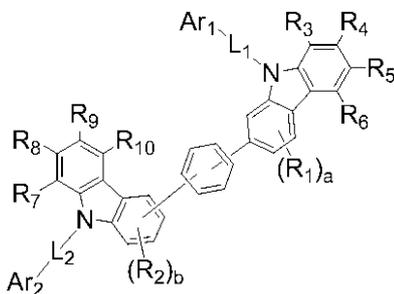
【0073】

また、正孔輸送層Bを形成しうるカルバゾール誘導体の具体例としては、例えば、下記一般式(3)で表される化合物を挙げることができる。

40

【0074】

【化6】



50

・・・(3)

【0075】

ここで、上記一般式(3)において、 Ar_1 は、炭素数6～30のアリール基、炭素数1～30のヘテロアリール基、又は、炭素数1～15のアルキル基であり、 $R_1 \sim R_{17}$ は、炭素数6～30のアリール基、炭素数1～30のヘテロアリール基、炭素数1～15のアルキル基、アルコキシ基、ハロゲン原子、水素原子、又は、重水素原子であり、 Ar_2 は、炭素数6～30の窒素、酸素、硫黄、リン、ケイ素からなる群より選択されるヘテロ原子を含んでもよい縮合環、又は、炭素と窒素とからなる縮合環であり、 Ar_1 及び Ar_2 は、互いに異なる置換基であり、 a 及び b は、0～3であり、 L_1 及び L_2 は、単結合又は2価の連結基を表し、隣接した複数の $R_1 \sim R_{10}$ は結合し、飽和又は不飽和の環を形成してもよい(ただし、 R_1 と R_6 、又は、 R_2 と R_{10} が結合し、芳香環を形成することはない)。

10

【0076】

ここで、本明細書において、炭素数1～15のアルキル基の具体的な例としては、メチル(methyl)基、エチル(ethyl)基、プロピル(propyl)基、イソプロピル(isopropyl)基、シクロプロピル(cyclopropyl)基、ブチル(butyl)基、イソブチル(isobutyl)基、tert-ブチル(tertiary butyl)基、シクロブチル(cyclobutyl)基、ペンチル(pentyl)基、イソペンチル(isopentyl)基、ネオペンチル(neopentyl)基、シクロペンチル(cyclopentyl)基、ヘキシル(hexyl)基、シクロヘキシル(cyclohexyl)基、ヘプチル(heptyl)基、オクチル(octyl)基、ノニル(nonyl)基、デシル(decyl)基のような $C_1 - C_{15}$ の鎖状または環状アルキル基を挙げることができる。

20

【0077】

また、本明細書において、炭素数1～15のアルコキシ基とは、 $-OA$ (ただし、 A は、前述のような非置換の $C_1 - C_{15}$ アルキル基)の化学式を有する官能基である。 $C_1 - C_{15}$ アルコキシ基の具体的な例としては、メトキシ(methoxy)基、エトキシ(ethoxy)基、プロポキシ(propoxy)基などが挙げられる。

30

【0078】

また、本明細書において、無置換の炭素数6～30のアリール基とは、一つ以上の芳香族環を含む $C_6 - C_{30}$ 炭素環を有する一価基を表す。前述のアリール基が、2以上の環を含む場合、2以上の環は、互いに融合されてもよい。

【0079】

置換又は無置換の $C_6 - C_{30}$ アリール基の具体的な例としては、フェニル(phenyl)基、ペンタレニル(pentalenyl)基、インデニル(indenyl)基、ナフチル(naphthyl)基、アントラセニル(anthracenyl)基、アズレニル(azulenyl)基、ヘプタレニル(heptalenyl)基、アセナフチレニル(acenaphthylene)基、フェナレニル(phenalenyl)基、フルオレニル(flourenyl)基、アントラキノリル(anthraquinonyl)基、フェナントリル(phenanthryl)基、ビフェニル(biphenyl)基、トリフェニレニル(triphenylene)基、ピレニル(pyrenyl)基、クリセニル(chrysenyl)基、ピセニル(picenyl)基、ペリレニル(perylene)基、ペンタフェニル(pentaphenyl)基、ペンタセニル(pentacenyl)基、テトラフェニレニル(tetraphenylene)基、ヘキサフェニル(hexaphenyl)基、ヘキサセニル(hexacacenyl)基、ルビセニル(rubicyenyl)基、トリナフチレニル(trinaphthylene)基、ヘプタフェニル(heptaphenyl)基、ピラントレニル(pyranthrene)基などを挙げることができる。

40

【0080】

50

また、本明細書において、無置換の炭素数 1 ~ 30 のヘテロアリアル基とは、N、O、P 又は S のうちから選択された 1 個以上のヘテロ (hetero) 原子を含み、残りの環原子が C である 1 以上の芳香族環を含む環を有する一価基を表す。ここで、前述のヘテロアリアル基が 2 以上の環を含む場合、2 以上の環は互いに融合されていてもよい。

【0081】

非置換の C₁ - C₃₀ ヘテロアリアル基の具体的な例としては、ピラゾリル (pyrazolylyl) 基、イミダゾリル (imidazolylyl) 基、オキサゾリル (oxazololylyl) 基、チアゾリル (thiazolylyl) 基、トリアゾリル (triazolylyl) 基、テトラゾリル (tetrazolylyl) 基、オキサジアゾリル (oxadiazolylyl) 基、ピリジニル (pyridinylyl) 基、ピリダジニル (pyridazininylyl) 基、ピリミジニル (pyrimidininylyl) 基、トリアジニル (triazininylyl) 基、カルバゾリル (carbazolylyl) 基、インドリル (indolylyl) 基、キノリニル (quinolininylyl) 基、イソキノリニル基 (isoquinolininylyl)、ベンゾイミダゾリル (benzoimidazolylyl) 基、イミダゾピリジニル (imidazopyridinylyl) 基、イミダゾピリミジニル (imidazopyrimidininylyl) 基などを挙げるができる。

10

【0082】

以上のような正孔輸送材料は、市販のものを用いてもよいし、任意の合成法により合成したものを用いてもよい。

【0083】

以上、本実施形態に係る正孔輸送層 108 の構成について、詳細に説明した。

20

【実施例】

【0084】

以下では、実施例及び比較例を示しながら、本発明の実施形態に係る有機 EL 素子について、具体的に説明する。なお、以下に示す実施例は、本発明の実施形態に係る有機 EL 素子のあくまでも一例であって、本発明の実施形態に係る有機 EL 素子が下記の例に限定されるものではない。

【0085】

< 正孔輸送材料の合成 >

まず、以下に示す実施例で使用する正孔輸送材料を、以下のようにして合成した。

30

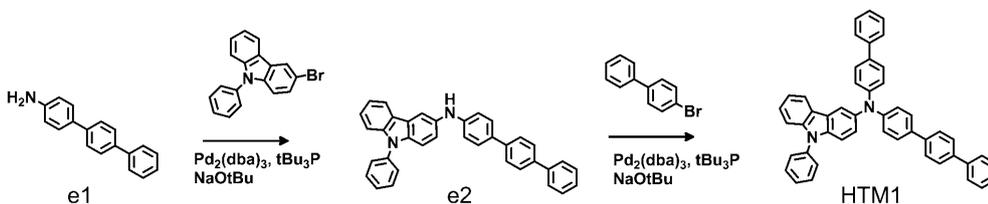
【0086】

正孔輸送材料 HTM1 の合成

以下の化学反応式は、正孔輸送材料 HTM1 の合成プロセスを図示したものである。

【0087】

【化 7】



40

【0088】

[化合物 e 2 の合成]

4 - ターフェニルアミン (e 1) (3 . 3 9 g)、3 - プロモ - 9 - フェニルカルバゾール (4 . 4 5 g)、トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (0) ・ クロロホルム付加物 (0 . 7 1 5 g)、ナトリウム - t - ブトキシド (3 . 9 8 g)、トリ - t - ブチルホスフィン (1 . 6 M キシレン溶液 0 . 8 6 4 m l) をキシレン (5 0 0 m L) に加えて脱気し、アルゴン雰囲気下、120 で 12 時間加熱した。反応液を冷却し、水に投入後、トルエンで抽出した。有機層を水、飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸マグネシウム

50

で乾燥し、濃縮した。残渣をシリカゲルクロマトグラフィーで精製し、カルバゾリルアミン e 2 (5 . 5 8 g) を得た。

【 0 0 8 9 】

[化合物 H T M 1 の合成]

カルバゾリルアミン e 2 (4 . 6 5 g)、4 - アミノ - p - ビフェニル (2 . 6 7 g)、トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (0) ・クロロホルム付加物 (0 . 4 9 5 g)、ナトリウム - t - ブトキシド (3 . 9 8 g)、トリ - t - ブチルホスフィン (1 . 6 M キシレン溶液 0 . 5 9 7 m L) をキシレン (3 0 0 m L) に加えて脱気し、アルゴン雰囲気下、1 2 0 で 1 8 時間加熱した。反応液を冷却し、水に投入後、トルエンで抽出した。有機層を水、飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥し、濃縮した。残渣をフロリジル、シリカゲルのショートカラムで精製し、化合物 H T M 1 (4 . 7 6 g) を得た。

10

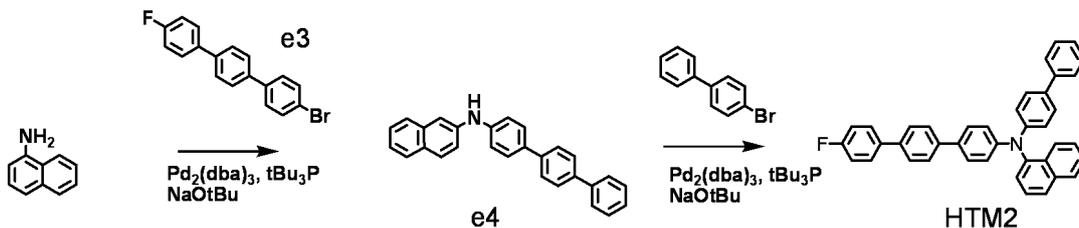
【 0 0 9 0 】

正孔輸送材料 H T M 2 の合成

以下の化学反応式は、正孔輸送材料 H T M 2 の合成プロセスを図示したものである。

【 0 0 9 1 】

【 化 8 】



20

【 0 0 9 2 】

[化合物 e 4 の合成]

1 - ナフチルアミン (2 . 8 2 g)、プロモフルオロターフェニル e 3 (6 . 4 5 g)、トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (0) ・クロロホルム付加物 (1 . 0 2 g)、ナトリウム - t - ブトキシド (5 . 6 9 g)、トリ - t - ブチルホスフィン (1 . 6 M キシレン溶液 1 . 2 3 m L) をキシレン (5 0 0 m L) に加えて脱気し、アルゴン雰囲気下、1 2 0 で 1 8 時間加熱した。反応液を冷却し、水に投入後、トルエンで抽出した。有機層を水、飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥し、濃縮した。残渣をシリカゲルクロマトグラフィーで精製し、フルオロターフェニルアミン e 4 (5 . 5 3 g) を得た。

30

【 0 0 9 3 】

[化合物 H T M 2 の合成]

フルオロターフェニルアミン e 4 (4 . 2 5 g)、4 - アミノ - p - ビフェニル (3 . 0 6 g)、トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (0) ・クロロホルム付加物 (0 . 5 6 5 g)、ナトリウム - t - ブトキシド (3 . 1 5 g)、トリ - t - ブチルホスフィン (1 . 6 M キシレン溶液 0 . 6 8 3 m L) をキシレン (3 0 0 m L) に加えて脱気し、アルゴン雰囲気下、1 2 0 で 2 4 時間加熱した。反応液を冷却し、水に投入後、トルエンで抽出した。有機層を水、飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥し、濃縮した。残渣をフロリジル、シリカゲルのショートカラムで精製し、化合物 H T M 2 (3 . 8 5 g) を得た。

40

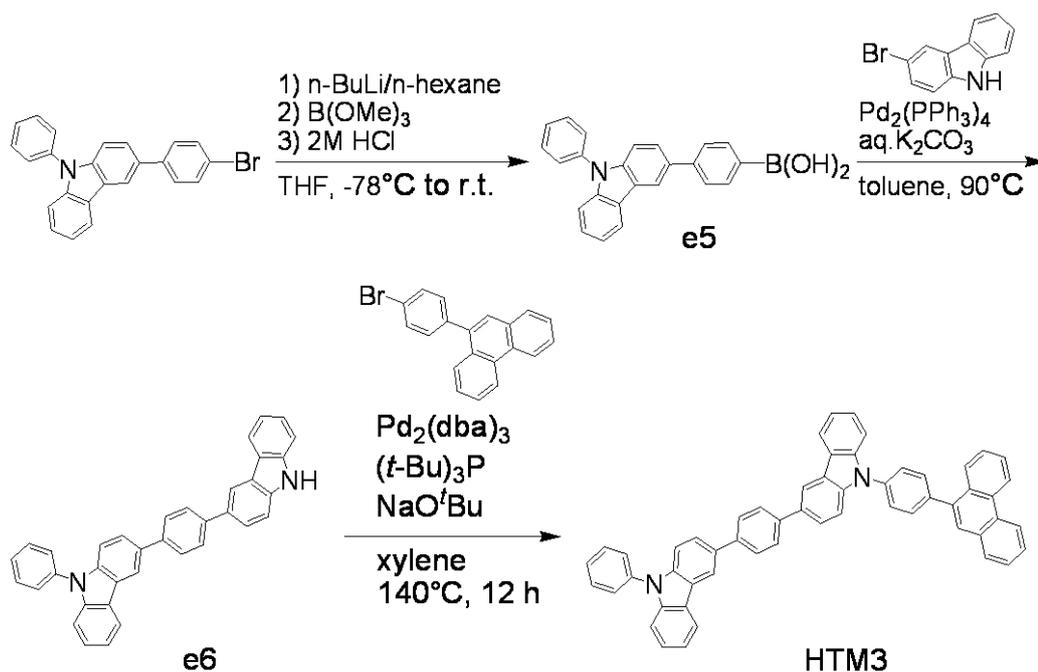
【 0 0 9 4 】

正孔輸送材料 H T M 3 の合成

以下の化学反応式は、正孔輸送材料 H T M 3 の合成プロセスを図示したものである。

【 0 0 9 5 】

【化9】



10

20

【0096】

[化合物 e 5 の合成]

アルゴン雰囲気下で、1 L の四つ口フラスコに 3 - (4 - プロモフェニル) - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール 20.0 g を入れ、350 mL の THF 溶媒中にて - 78 で 5 分攪拌した。そこへ、1.64 M の n - ブチルリチウム (n - ヘキサン溶液) 36.7 mL 加え - 78 で 1 時間攪拌した。次にトリメトキシボラン 11.2 mL 加え、室温で 2 時間攪拌した。その後、2 M の塩酸水溶液 200 mL を加え、室温で 3 時間攪拌した。有機層を分取して溶媒留去した。その後、酢酸エチル / ヘキサン溶媒系で再沈殿を行い、白色固体の化合物 e 5 を 15.69 g (収率 85 %) 得た。

【0097】

[化合物 e 6 の合成]

アルゴン雰囲気下で、1 L の四つ口フラスコに、化合物 e 5 14.0 g と 3 - プロモカルバゾール 10.4 g、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (Pd (PPh₃)₄) 3.12 g、炭酸カリウム (K₂CO₃) 10.7 g、水 80 mL、エタノール 30 mL を加え、400 mL のトルエン溶媒中にて 90 で 4 時間攪拌した。空冷後、有機層を分取して溶媒留去した。その後、トルエンで再結晶を行い、白色固体の化合物 e 6 を 13.1 g (収率 70 %) 得た。

【0098】

[化合物 HTM 3 の合成]

アルゴン雰囲気下、500 mL の三つ口フラスコに、化合物 e 6 9.70 g と 2 - プロモフェナントレン 6.76 g、トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (0) (Pd₂(dba)₃) 1.45 g、トリ - tert - ブチルホスフィン ((t - Bu)₃P) 510 mg、ナトリウム tert - ブトキシド 5.77 g を加えて、50 mL キシレン溶媒中にて 120 で 12 時間加熱攪拌した。空冷後、水を加えて有機層を分取し、溶媒留去した。得られた粗生成物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒を使用) で精製後、トルエン / ヘキサン混合溶媒で再結晶を行い、白色固体の化合物 HTM 3 を 10.7 g (収率 75 %) 得た。

30

40

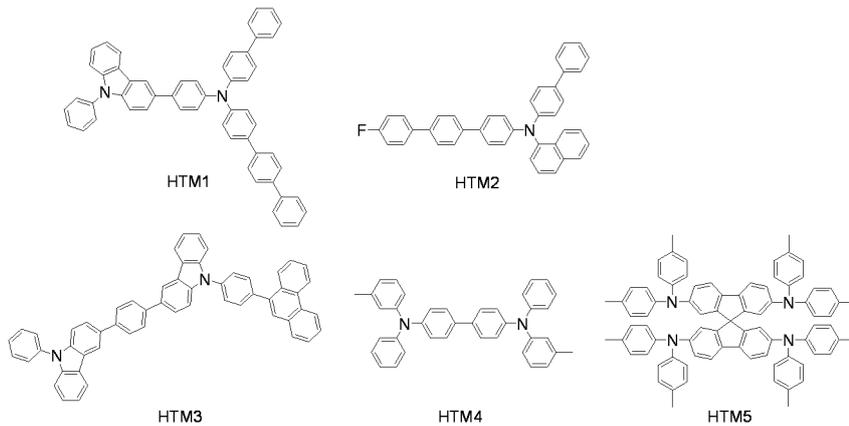
【0099】

なお、以下に示す HTM 4 及び HTM 5 は、Lumtec 社製のものをを用いた。

【0100】

50

【化 1 0】



10

【 0 1 0 1】

以下に示す実施例及び比較例では、図 3 に示す全体構成を有する有機 EL 素子 2 0 0 を製造して、得られた素子性能の検討を行った。製造した有機 EL 素子 2 0 0 の概略図を、図 3 に示す。

【 0 1 0 2】

製造した有機 EL 素子 2 0 0 は、陽極 2 0 4、陽極 2 0 4 上に配置された正孔注入層 2 0 6、正孔注入層 2 0 6 上に配置された正孔輸送層 2 0 8、正孔輸送層 2 0 8 上に配置された発光層 2 1 0、発光層 2 1 0 上に配置された電子輸送層 2 1 2 及び電子注入層 2 1 4、電子注入層 2 1 4 上に配置された陰極 2 1 6 から構成されている。このうち、正孔輸送層 2 0 8 を、下記表 1 に示したような物質を用いて複数層とした。

20

【 0 1 0 3】

より詳細には、本発明の実施例に係る有機 EL 素子の製造は、次のような手順で行った。まず、予めパターンニング (patterning) して洗浄処理を施した I T O - ガラス基板に、紫外線オゾン (O_3) による表面処理を行った。なお、かかる I T O 膜の膜厚は、150 nm であった。オゾン処理後、直ちに基板を真空蒸着装置に投入し、 1×10^{-5} Pa 以下で正孔注入材料として 4, 4', 4'' - トリス (N, N - (2 - ナフチル) フェニルアミノ) トリフェニルアミン (2 - T N A T A, 膜厚 60 nm) を上記 I T O 膜上に成膜した。

30

【 0 1 0 4】

次に、正孔輸送材料として、上記の化合物群 (H T M 1 ~ H T M 5) を用いて、全体の厚みが 80 nm である正孔輸送層 (H o l e T r a n s p o r t L a y e r : H T L) とした。次に、発光材料として 2, 5, 8, 11 - テトラ - t - プチルペリレン (T B P e) を、9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (A D N) に対して 3 v o l % の割合でドーピング (d o p e) した膜を共蒸着によって成膜した (膜厚 25 nm) 。

【 0 1 0 5】

続いて、電子輸送材料として トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (A l q₃) を成膜し (膜厚 25 nm)、次に、電子注入材料として フッ化リチウム (L i F) (膜厚 1 . 0 nm) 及び陰極として アルミニウム (膜厚 100 nm) を順次積層した。次いで、基板を真空蒸着装置からグローブボックスに取出し、グローブボックス内で基板とガラスをエポキシ樹脂で貼り合わせ、封止することで有機 EL 素子 2 0 0 とした。

40

【 0 1 0 6】

移動度測定

上記素子作製のようにして前処理を施した基板を蒸着装置に投入し、移動度を測定したい材料を 3 μ m 成膜し、次いで、A l を 100 nm 成膜し電極とした。上記のようにして封止を行った後、株式会社オプテル社製の移動度測定装置を用い、窒素レーザを I T O 透明電極側から照射した時に発生した電荷の A l 電極への移動速度から、移動度を求めた。

【 0 1 0 7】

50

用いた正孔輸送材料と膜厚、製造した有機EL素子200の発光効率、駆動電圧、及び輝度半減寿命を、以下の表1にまとめて示した。製造した有機EL素子200の特性の評価には、コニカミノルタ製輝度計CS-2000及びKeithley製ソースメータ-2400を用いた。下記の表1において、電流効率(c d / A)及び駆動電圧(V)は2.5(m A / c m²)の値であり、輝度半減寿命は初期輝度1000(c d / m²)で駆動した際の輝度が半分になる時間を測定した。なお、下記の表1においては、実施例1で得られた発光効率、駆動電圧及び寿命を100とした相対値で結果を示している。

【0108】

【表1】

表1 素子特性

		正孔輸送層			電流 効率	駆動 電圧	輝度 半減 寿命
		正孔輸送層 A	正孔輸送層 B	正孔輸送層 C			
実施例	1	HTM2 (72nm)	HTM1 (8nm)	—	100	100	100
	2	HTM2 (76nm)	HTM1 (4nm)	—	100	100	110
	3	HTM2 (78nm)	HTM1 (2nm)	—	100	100	110
	4	HTM2 (72nm)	HTM3 (8nm)	—	100	100	100
	5	HTM4 (72nm)	HTM1 (8nm)	—	100	90	90
	6	HTM5 (72nm)	HTM1 (8nm)	—	100	110	90
	7	HTM2 (72nm)	HTM1:HTM4 =8:2 (8nm)	—	90	100	100
	8	HTM2 (69nm)	HTM1 (8nm)	HTM4 (3nm)	100	100	100
	9	HTM2 (71nm)	HTM1 (8nm)	HTM2 (1nm)	100	100	100
比較例	1	HTM1 (72nm)	HTM2 (8nm)	—	80	200	50
	2	HTM3 (72nm)	HTM2 (8nm)	—	80	250	40
	3	HTM1 (72nm)	HTM3 (8nm)	—	40	500	10

【0109】

なお、各正孔輸送材料を用いて正孔移動度測定用サンプルを作製し測定したところ、0.7MV/cmでの正孔移動度は、HTM1が $6.8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、HTM2が $5.2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、HTM3が $1.3 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、HTM4が $1.1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、HTM5が $9.8 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であった。また、正孔移動度測定用サンプルにて、正孔輸送層部分をHTM1とHTM4の比を8対2で共蒸着したサンプルの0.7MV/cmでの正孔移動度は、 $2.0 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であった。

【0110】

上記表2から明らかなように、本発明の実施形態に係る実施例1～実施例9の有機EL素子は、比較例1～比較例3の有機EL素子に対して、高効率化及び長寿命化しているこ

10

20

30

40

50

とが分かる。

【0111】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

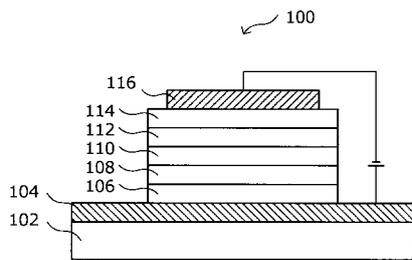
【0112】

- 100 有機発光素子
- 102 基板
- 104 第1電極
- 106 正孔注入層
- 108 正孔輸送層
- 110 発光層
- 112 電子輸送層
- 114 電子注入層
- 116 第2電極

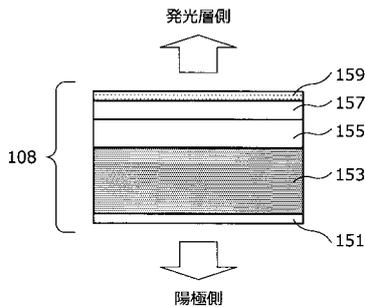
10

20

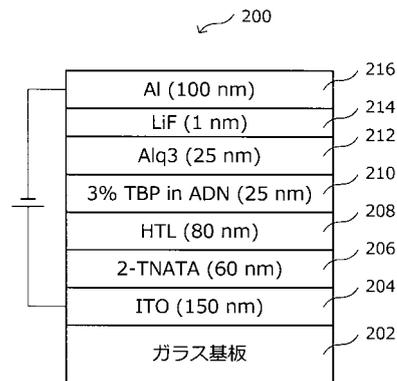
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC04 CC11 CC21 DD53 DD66 DD67 DD69 DD72
DD78 FF00 FF13 FF15
4C204 AB01 BB05 CB25 EB01 FB08 GB13 GB32