

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2009年4月2日 (02.04.2009)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/041688 A1

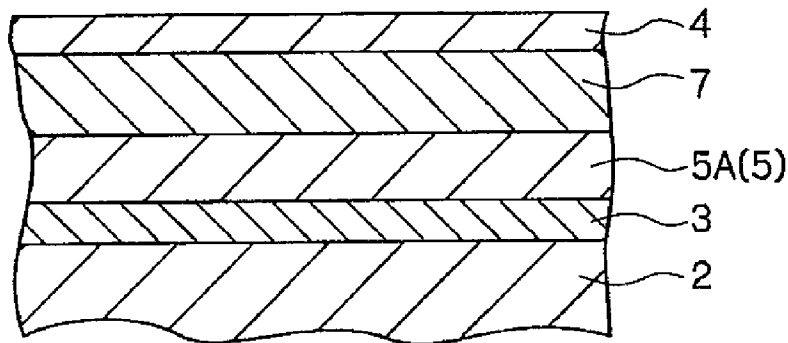
- (51) 国際特許分類:  
H05B 33/14 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)  
C09K 11/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/067667
- (22) 国際出願日: 2008年9月29日 (29.09.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2007-256371 2007年9月28日 (28.09.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目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): 赤井 智紀 (AKAI, Tomonori) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 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, 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: LIGHT-EMITTING DEVICE

(54) 発明の名称: 発光素子

[図1]



1

(57) Abstract: Disclosed is a light-emitting device having a light-emitting layer composed of a monomolecular film of quantum dots, which is enhanced in luminance and luminous efficiency. Specifically disclosed is a light-emitting device (1) comprising at least an anode (3), a hole transporting light-emitting layer (5) composed of a hole transporting material and a quantum dot (11), an electron transporting layer (7) and a cathode (4) in this order. The hole mobility of the electron transporting layer (7) is lower than that of tris(8-quinolinolato)aluminum complex (Alq3), and the hole transporting light-emitting layer (5) is so formed as to emit light when excitons generated in the electron transporting layer (7) are transferred into the light-emitting layer.

(57) 要約: 本発明は、量子ドットの単分子膜からなる発光層を有する発光素子において、その輝度と発光効率を高めた発光素子を提供する。本発明は、少なくとも、陽極3と、正孔輸送材料及び量子ドット11を含む材料からなる正孔輸送発光層5と、電子輸送層7と、陰極4とをその順で有する発光素子1であって、電子輸送層7の正孔移動度は、トリス(8-キノリノラト)アルミニ

[続葉有]



WO 2009/041688 A1



SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,  
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, 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 (AT, BE, BG,

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

## 明 細 書

### 発光素子

### 関連出願

- [0001] 本願は、日本国特許出願2007-256371(2007年9月28日付け出願)に基づくパリ4条の優先権主張を伴う特許出願である。従って、本願は、この特許出願明細書、図面等の開示された事項の全てを包含するものである。

### 技術分野

- [0002] 本発明は、発光素子に関し、更に詳しくは、量子ドットを含有するEL発光層を備えた発光素子に関する。

### 背景技術

- [0003] 有機エレクトロルミネセンス素子(以下、有機EL素子ともいう。)は、陽極と陰極との間に有機発光層を挟んだ積層構造を有する発光素子であり、陽極から注入された正孔と陰極から注入された電子とが発光層内で起こる再結合に起因して生じる発光を利用した自発光デバイスである。こうした有機EL素子の課題は、有機発光層を構成する発光材料の長寿命化と発光効率の向上であり、現在、その課題克服のための研究が活発に行われている。
- [0004] 一方、粒径によって発光色を調整できる半導体微粒子(「量子ドット」と呼ばれている。)をEL発光材料として用いた発光デバイスが提案されている(例えば、文献:Seth Coe et.al., Nature, 420, 800-803(2002)を参照)。同文献には、量子ドットの代表例として、CdSeからなるコアと、その周囲に設けられたZnSシェルと、さらにその周囲に設けられたキャッピング化合物とで構成されたコアシェル構造のものが例示されている。この量子ドットを発光材料として用いた発光素子は、上記の有機EL材料を用いた発光素子よりも発光スペクトルの幅が狭く、色純度を高められるという利点がある。
- [0005] しかし、同文献の図1に示されているように、同文献で提案された発光素子が有する発光層は量子ドットの単分子膜であるので、両電極から注入された電荷が再結合して生じた励起子はその単分子膜に到達してEL発光に消費される機会が乏しく、十分な輝度と発光効率を達成できないという問題がある。なお、同文献では、発光層と

電子輸送層との間に正孔ブロック層を設けて発光層内での再結合の確率を上げようとした例も提案されているが、十分に高い輝度と発光効率をもたらしてはいない。

[0006] なお、特表2005-502176号公報及び特表2007-513478号公報には、量子ドットを宿主材料内に分散させてなる発光層を有し、その発光層内での電荷の再結合の確率を上げようとした発光素子の例が提案されている。この発光素子は、生じた励起子が発光層内を移動して量子ドットをEL発光させようとするものである。

#### 発明の開示

[0007] 本発明は、十分な輝度と発光効率を達成できないという上記非特許文献1での課題を解決するものであって、その目的は、量子ドットをEL発光材料とした発光層を備える発光素子において、輝度と発光効率を高めた発光素子を提供することにある。

[0008] 上記課題を解決するための本発明の発光素子は、少なくとも、陽極と、正孔輸送材料及び量子ドットを含む材料からなる正孔輸送発光層と、電子輸送層と、陰極とをその順で有する発光素子であって、前記電子輸送層の正孔移動度は、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体( $\text{Alq}_3$ )の正孔移動度よりも小さく、前記正孔輸送発光層は、前記電子輸送層で発生した励起子が該発光層内に移動して発光することを特徴とする。

[0009] この発明によれば、電子輸送層の正孔移動度を、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体( $\text{Alq}_3$ )の正孔移動度よりも小さくしたので、陽極から正孔輸送発光層へ注入された正孔の一部は正孔輸送発光層内で電子と再結合し、その他の正孔は正孔輸送発光層を通過して正孔輸送発光層に近い側の電子輸送層内で電子と再結合することになる。その結果、電子輸送層内での再結合によって発生した励起子は容易に正孔輸送発光層内に移動して量子ドットをEL発光させるように消費されるので、実質的に量子ドットの発光に寄与する再結合領域が広がり、発光効率が向上する。

[0010] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のイオン化ポテンシャルの絶対値を $I_p(\text{ETL})$ とし、前記正孔輸送材料のイオン化ポテンシャルの絶対値を $I_p(\text{HTL})$ としたとき、 $[I_p(\text{ETL})] < [I_p(\text{HTL}) + 1.0\text{eV}]$ を満たすように構成する。

[0011] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記電子輸送層の正孔移動度が $10^{-7}\text{c}$

$\text{m}^2/\text{V}/\text{sec}$ 以下であるように構成する。

- [0012] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記正孔移動度の測定は、ITO(150nm)/PEDOT(20nm)/ $\alpha$  NPD(20nm)/測定対象(100nm)/Au(100nm)からなるテストピースを構成し、該テストピースに10Vを印加した時のホールオンリー素子での電流値を測定して行うように構成する。
- [0013] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記電子輸送層の厚さが30nm以上150nm以下であるように構成する。
- [0014] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記電子輸送層がBAIq2を電子輸送性材料として含むように構成する。
- [0015] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記電子輸送層の少なくとも前記正孔輸送発光層側の部位に、前記正孔輸送発光層側の部位での再結合確率を高めるためのドーパントが含まれているように構成する。
- [0016] 本発明の発光素子の好ましい態様として、前記正孔輸送発光層は、正孔輸送材料と量子ドットとが互いに分散してなる層、正孔輸送性材料と量子ドットとが相分離して得られた正孔輸送層と量子ドット単分子膜とからなる層、及びこれらの中間状態からなる層のいずれかの層であるように構成する。
- [0017] 本発明の発光素子によれば、陽極から正孔輸送発光層へ注入された正孔の一部は正孔輸送発光層内で電子と再結合し、そこで再結合に寄与できなかった他の正孔は正孔輸送発光層を通過して正孔輸送発光層に近い側の電子輸送層内で電子と再結合し、いずれも量子ドットの発光に寄与することになる。そして、電子輸送層内での再結合によって発生した励起子は容易に正孔輸送発光層内に移動し、量子ドットをEL発光させるように消費される。その結果、実質的に量子ドットの発光に寄与する再結合領域が広がり、発光効率が向上する。

#### 図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本発明の発光素子の一例を示す模式断面図である。  
[図2]本発明の発光素子の一例を示す模式断面図である。  
[図3]本発明の発光素子の発光原理を説明するための模式図である。  
[図4]実施例で用いた各層を構成する材料のイオン化ポテンシャルを示すエネルギー

ーダイアグラムである。

### 符号の説明

- [0019] 1 発光素子  
2 基材  
3 陽極  
4 陰極  
5 発光層  
5A 単一層  
5B 量子ドット単分子膜  
6 正孔輸送層  
7 電子輸送層  
7A 再結合領域  
11 量子ドット  
12 励起子

### 発明の具体的な説明

[0020] 以下、本発明の発光素子の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施形態及び図面に限定解釈されるものではない。

[0021] 図1は、本発明の発光素子の一例を示す模式断面図であり、図2は、本発明の発光素子の他の一例を示す模式断面図であり、図3は、本発明の発光素子の発光原理を説明するための模式図である。本発明の発光素子1は、図1及び図2に示すように、少なくとも、陽極3と、正孔輸送材料及び量子ドットを含む材料からなる正孔輸送発光層5と、電子輸送層7と、陰極4とをその順で有するものである。そして、電子輸送層7の正孔移動度を、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体(Alq3)の正孔移動度よりも小さくし、正孔輸送発光層5を、電子輸送層7で発生した励起子はその正孔輸送発光層5内に移動して発光するように構成している。

[0022] ここでいう、「正孔輸送発光層5」とは、図1に示すように、正孔輸送材料及び量子ドットとが互いに分散してなる単一層5A、及び、図2に示すように、正孔輸送性材料及び量子ドットとが相分離して得られた正孔輸送層6と量子ドット単分子膜5Bとからなる複合

層のいずれも含むものとして定義し、さらに、これらの中間状態からなる層、すなわち完全に相分離はしていないが単一層とまでは言えないような層をも含むものとして定義する。なお、以下においては、この正孔輸送発光層5を単に「発光層5」と略記して説明する。

[0023] 次に、本発明の発光素子の構成要素について詳しく説明するが、以下の具体例のみに限定解釈されるものではない。なお、以下において、「上」「下」との表現を使う場合、図1を平面視した場合における上側が「上」の意味であり、下側が「下」の意味である。

[0024] (基材)

基材2は、図1の例では陽極3の下地基材として設けられているが、特に図1の例に限定されず、陰極4の上側に設けられていてもよい、その両方に設けられていてもよい。基材2の透明性は光の出射方向によって任意に選択され、ボトムエミッション型の発光素子とする場合には、図1に示す基材2は透明である必要がある。基材の種類や形状、大きさ、厚さ等の構造は特に限定されるものではなく、発光素子1の用途や基材上に積層する各層の材質等により適宜決めることができる。例えば、Al等の金属、ガラス、石英又は樹脂等の各種の材料からなるものを用いることができる。具体的には、例えば、ガラス、石英、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリメタクリレート、ポリメチルメタクリレート、ポリメチルアクリレート、ポリエステル、ポリカーボネート等を挙げることができる。また、基材2の形状としては、枚葉状でも連続状でもよく、具体的には、例えばカード状、フィルム状、ディスク状、チップ状等を挙げることができる。

[0025] (電極)

陽極3、陰極4は、EL発光材料である量子ドットを発光させるための正孔と電子を注入するための電極であり、通常は、図1に示すように、陽極3は基材2上に設けられ、陰極4は少なくとも発光層5と電子輸送層7を陽極3との間に挟んだ状態で、その陽極3に対向して設けられる。

[0026] 陽極3としては、金属、導電性酸化物、導電性高分子等の薄膜が用いられる。具体的には、例えば、ITO(インジウム錫オキシド)、酸化インジウム、IZO(インジウム亜

鉛オキサイド)、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 等の透明導電膜、金、クロムのようなホール注入性が良好な仕事関数の大きな金属、ポリアニリン、ポリアセチレン、ポリアルキルチオフェン誘導体、ポリシラン誘導体のような導電性高分子等を挙げることができる。こうした陽極3は、真空蒸着、スパッタリング、CVD等の真空プロセスあるいは塗布により形成することができ、その膜厚は使用する材料等によっても異なるが、例えば10nm～1000nm程度であることが好ましい。

[0027] 陰極4としては、金属、導電性酸化物、導電性高分子等の薄膜が用いられる。具体的には、例えば、アルミ、銀等の単体金属、 $\text{MgAg}$ 等のマグネシウム合金、 $\text{AlLi}$ 、 $\text{AlCa}$ 、 $\text{AlMg}$ 等のアルミニウム合金、 $\text{Li}$ 、 $\text{Ca}$ をはじめとするアルカリ金属類、それらアルカリ金属類の合金のような電子注入性が良好な仕事関数の小さな金属等を挙げることができる。陰極4は、上述した陽極3の場合と同様、真空蒸着、スパッタリング、CVD等の真空プロセスあるいは塗布により形成され、その膜厚は使用する材料等によっても異なるが、例えば10nm～1000nm程度であることが好ましい。

[0028] (発光層)

発光層5は、陽極3と陰極4とに挟まれた態様で設けられ、陽極3から注入された正孔(ホール)が陰極4から注入された電子(エレクトロン)と再結合し、その再結合によって生じた励起子(エキシトン)によって、発光層5を構成するEL材料である量子ドット11が発光する。なお、上記したように、この発光層5は、図1に示すように、正孔輸送材料と量子ドットとが互いに分散してなる単一層5Aであってもよいし、図2に示すように、正孔輸送性材料と量子ドットとが相分離して得られた正孔輸送層6と量子ドット単分子膜5Bとからなる複合層であってもよいし、さらに、これらの中間状態からなる層(完全に相分離はしていないが単一層とまでは言えないような層)であってもよい。

[0029] 発光層5を構成する量子ドット(Quantum dot)11は、粒径によって発光色を調整できる半導体微粒子である。この量子ドット11は、ナノ粒子(Nanoparticle)、ナノ結晶(Nanocrystal)とも呼ばれるものであり、その代表例としては、 $\text{CdSe}$ からなるコアと、その周囲に設けられた $\text{ZnS}$ シェルと、さらにその周囲に設けられたキャッピング化合物とで構成されたものを例示できる。この量子ドット11は、その粒径により発光色を異にするものであり、例えば、 $\text{CdSe}$ からなるコアのみから構成される量子ドットの場合、粒

経が2.3nm、3.0nm、3.8nm、4.6nmの時の蛍光スペクトルのピーク波長は、528nm、570nm、592nm、637nmである。

[0030] 量子ドット11としては、半導体のナノメートルサイズの微粒子(半導体ナノ結晶)であり、量子閉じ込め効果(量子サイズ効果)を生じる発光材料であれば特に限定されない。具体的には、MgS、MgSe、MgTe、CaS、CaSe、CaTe、SrS、SrSe、SrTe、BaS、BaSe、BaTe、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、HgSe及びHgTeのようなII-VI族半導体化合物、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaAs、GaP、GaN、GaSb、InN、InAs、InP、InSb、TiN、TiP、TiAs及びTiSbのようなIII-V族半導体化合物、Si、Ge及びPbのようなIV族半導体等を含有する半導体結晶の他、InGaPのような3元素以上を含んだ半導体化合物が挙げられる。或いは、上記半導体化合物に、 $\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cu}^+$ のような希土類金属のカチオン又は遷移金属のカチオンをドーピングしてなる半導体結晶を用いることができる。

[0031] 中でも、作製の容易性、可視域での発光を得られる粒径の制御性、蛍光量子収率の観点から、CdS、CdSe、CdTe、InGaP等の半導体結晶が好適である。

[0032] 量子ドット11は、1種の半導体化合物からなるものであっても、2種以上の半導体化合物からなるものであってもよく、例えば、半導体化合物からなるコアと、該コアと異なる半導体化合物からなるシェルとを有するコアシェル型構造を有していてもよい。コアシェル型の量子ドットとしては、励起子が、コアに閉じ込められるように、シェルを構成する半導体化合物として、コアを形成する半導体化合物よりもバンドギャップの高い材料を用いることで、量子ドットの発光効率を高めることができる。このようなバンドギャップの大小関係を有するコアシェル構造(コア/シェル)としては、例えば、CdSe/ZnS、CdSe/ZnSe、CdSe/CdS、CdTe/CdS、InP/ZnS、GaP/ZnS、Si/ZnS、InN/GaN、InP/CdSSe、InP/ZnSeTe、GaInP/ZnSe、GaInP/ZnS、Si/AlP、InP/ZnSTe、GaInP/ZnSTe、GaInP/ZnSSe等が挙げられる。

[0033] 量子ドット11のサイズは、所望の波長の光が得られるように、量子ドットを構成する材料によって適宜制御すればよい。量子ドットは粒径が小さくなるに従い、エネルギーバンドギャップが大きくなる。すなわち、結晶サイズが小さくなるにつれて、量子ドットの発光は青色側へ、つまり、高エネルギー側へとシフトする。そのため、量子ドットの

サイズを変化させることにより、紫外領域、可視領域、赤外領域のスペクトルの波長領域にわたって、その発光波長を調節することができる。

[0034] 一般的には、量子ドット11の粒径(直径)は0.5~20nmの範囲であることが好ましく、特に1~10nmの範囲であることが好ましい。なお、量子ドットのサイズ分布が狭いほど、より鮮明な発光色を得ることができる。

[0035] また、量子ドット11の形状は特に限定されず、球状、棒状、円盤状、その他の形状であってもよい。量子ドットの粒径は、量子ドットが球状でない場合、同体積を有する真球状であると仮定したときの値とすることができる。

[0036] 量子ドット11の粒径、形状、分散状態等の情報については、透過型電子顕微鏡(TEM)により得ることができる。また、量子ドットの結晶構造、また粒径については、X線結晶回折(XRD)により知ることができる。さらには、UV-Vis吸収スペクトルによって、量子ドットの粒径、表面に関する情報を得ることもできる。

[0037] 量子ドット11の一例としては、例えば、CdSeからなるコアと、その周囲に設けられたZnSシェルと、さらにその周囲に設けられたキャッピング化合物とを基本構造としたCdSe/ZnS型のコアシェル構造からなるものを好ましく例示できる。こうしたコアシェル構造において、コアは半導体化合物からなり、シェルは該コアと異なる半導体化合物からなり、コアを形成する半導体化合物よりもバンドギャップの高い材料を用いることで、励起子がコアに閉じ込められるように作用する。また、キャッピング化合物は分散剤として作用する。こうしたキャッピング化合物の具体例としては、例えば、TOPO(トリ-n-オクチルフォスフィンオキシド)、TOP(トリオクチルホスフィン)、TBP(トリブチルホスフィン)等が挙げられ、そうした材料により、有機溶媒中に分散することができる。

[0038] 発光層5は、図1に示す単一層5Aからなるものであっても、図2に示す量子ドット単分子膜5Bを有するものであっても、通常、単一の量子ドット11で構成され、所定の発光色を発するが、異なる発光色を発光させる2種以上の量子ドットを同時に用いて構成してもよい。また、図2に示すような量子ドット単分子膜5Bを形成した場合には、所定の発光色を発光する量子ドットで単分子膜を形成し、その上に、他の発光色を発光する量子ドットで単分子膜を形成するようにして、単分子膜の積層形態としてもよい。

。

[0039] 発光層5の形成方法は特に限定されないが、例えば、図1に示す単一層5Aを形成する場合には、ホスト材料となる正孔輸送材料と量子ドット11との混合溶液を調整し、その混合溶液を塗布して形成することができる。一方、図2に示す量子ドット単分子膜5Bと正孔輸送層6とからなる複合層を形成する場合には、正孔輸送層6の形成と同時に形成することができる。具体的には、例えば、正孔輸送層形成用材料であるTPD(N, N'-ビス-(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス-(フェニル)-ベンジジン)と量子ドットとの混合溶液を調製し、その混合溶液を塗布することによって正孔輸送層6を形成するとともに、その正孔輸送層6と相分離した量子ドット11からなる単分子膜5Bを形成することができる。このときの相分離は、TPDが有するフェニル基と、量子ドット11のキャッピング化合物であるアルキル基とが相溶しないことにより起こるので、この原理と同様にして、正孔輸送層形成用材料が有する基と量子ドットが有するキャッピング化合物とを選択すれば、相分離によって正孔輸送層6と量子ドット単分子膜5Bとを同時に形成することができる。こうした相分離による量子ドット単分子膜5Bと正孔輸送層6との同時形成は製造上、極めて有効である。

[0040] 得られた発光層5の厚さは、例えば図1に示すような正孔輸送材料と量子ドット11とを含む単一層5Aの場合には、通常は、10nm~200nmである。一方、図2に示す量子ドット単分子膜5Bが形成された場合には、その単分子膜5Bの厚さは、用いた量子ドット11の粒径とほぼ同じであることが好ましく、通常、1nm以上10nm以下である。

。

[0041] (正孔輸送材料、正孔輸送層)

図1に示す態様では発光層5を構成し、図2に示す態様では正孔輸送層6の構成材料となる正孔輸送材料について説明する。図1に示す発光層5においては、陽極3から注入された正孔(ホール)を内部に分散する量子ドット11の輸送に寄与し、図1に示すように、陽極3上に、必要に応じて設けられた正孔注入層を介して設けられる。一方、図2に示す正孔輸送層6においては、陽極3から注入された正孔(ホール)を量子ドット単分子膜5B側に輸送するように作用し、陽極3上に、必要に応じて設けられた正孔注入層を介して設けられる。

[0042] 正孔輸送材料としては、低分子であっても高分子であってもよく、例えばアリアルアミン誘導体、アントラセン誘導体、カルバゾール誘導体、チオフェン誘導体、フルオレン誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体、スピロ化合物等を挙げることができる。上記の相分離によって正孔輸送層6と単分子膜5Bとを同時形成する場合は上記したN, N'-ビス-(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス-(フェニル)-ベンジジン(TPD)を好ましく用いることができるが、これに限らず、例えば、アリアルアミン誘導体の具体的としては、ビス(N-(1-ナフチル-N-フェニル)-ベンジジン( $\alpha$ -NPD)、コポリ[3, 3'-ヒドロキシ-テトラフェニルベンジジン/ジエチレングリコール]カーボネート(PC-TPD-DEG)等を挙げることができる。カルバゾール類の具体例としては、ポリビニルカルバゾール(PVK)等を挙げることができる。チオフェン誘導体類の具体例としては、ポリ[(9, 9-ジオクチルフルオレニル-2, 7-ジイル)-co-(ビチオフェン)]等を挙げることができる。フルオレン誘導体の具体例としては、ポリ[(9, 9-ジオクチルフルオレニル-2, 7-ジイル)-co-(4, 4'-(N-(4-sec-ブチルフェニル))ジフェニルアミン)](TFB)等を挙げることができる。スピロ化合物の具体例としては、ポリ[(9, 9-ジオクチルフルオレニル-2, 7-ジイル)-alt-co-(9, 9'-スピロ-ビフルオレン-2, 7-ジイル)]等を挙げることができる。これらの材料は単独で用いてもよく2種以上を併用してもよい。

[0043] なお、図2に示す態様で正孔輸送層6を形成する場合、その正孔輸送層6は各種の方法で成膜でき、その厚さは使用する材料等によっても異なるが、例えば1nm~200nm程度の範囲内であることが好ましい。

[0044] (電子輸送層)

電子輸送層7は、発光層5と陰極4との間に設けられ、通常は、陰極4から注入された電子を発光層5側に輸送するように作用するが、本発明においては、図3に示すように、陰極4から注入された電子eと、陽極3から注入された正孔hとを、この電子輸送層7内で再結合させている。特に、発光層5に近い側で再結合させることが好ましい。

[0045] その理由を図2の態様を用いて説明する。すなわち、量子ドット単分子膜5Bを有する発光層5は、図3に示すように、量子ドット11の単分子膜5Bが発光部位となるので、その単分子膜5Bの厚さT1は通常、量子ドット11の粒径と同じ2nm~6nm程度で

、厚くても10nm程度と極めて薄いため、陽極3から注入された正孔hは薄い単分子膜5Bを突き抜け易く、薄い単分子膜5B内でその正孔hと陰極4から注入された電子eとが再結合する確率は小さい。そのため、上記非特許文献1では、ホールブロック層を単分子膜と電子輸送層との間に設けている。本発明では、非特許文献1のような手段ではなく、図3に示すように、正孔hと電子eとを単分子膜5Bに近い側の電子輸送層7内で再結合させ、その再結合によって発生した励起子が近くの単分子膜5Bに移動することによって、単分子膜5Bを構成する量子ドット11の効率的なEL発光を可能にしている。

[0046] なお、同様のことは、図1に示す正孔輸送材料と量子ドット11との単一層5A(発光層5)でも同様のことが言える。すなわち、この単一層5Aは、図2に示す単分子膜5Bほど薄くはないが、陽極3から注入された正孔hはその単一層5Aを突き抜け易く、単一層5A内でその正孔hと陰極4から注入された電子eとが再結合する確率は小さい。本発明では、正孔hと電子eとを単一層5A(発光層5)に近い側の電子輸送層7内で再結合させ、その再結合によって発生した励起子が近くの単一層5Aに移動することによって、単一層5A内に分散する量子ドット11の効率的なEL発光を可能にしている。

[0047] 例えば後述の実施例で示すように、BAIq2で形成した電子輸送層7は、Alq3で形成した、 $10^{-7} \text{cm}^2/\text{V}/\text{sec}$ 以下の正孔移動度を持つ電子輸送層よりも正孔移動度が小さい。また、電子輸送層に使われる電子輸送材料は、一般的に、電子移動度が正孔移動度よりも高い。したがって、BAIq2で電子輸送層を形成した場合、Alq3で電子輸送層を形成した場合よりも正孔と電子の移動度の差がより大きくなり、正孔と電子が電子輸送層中の発光層側の界面近傍で再結合する可能性が高い。この再結合は、電子輸送層7と発光層5の界面近くで起こることが好ましく、そして再結合によって生じた励起子が容易に量子ドット11に供給されることが好ましく、そのためには、他の正孔輸送層6や他の電子輸送層等の厚さや電荷移動度等を考慮し、発光層5の近くの領域7Aが再結合領域となるように、電子輸送層7内の全面又は一部分の正孔移動度を遅くし、再結合中心となるドーパントを添加してもよい。

[0048] ドーパントとして、蛍光発光又は燐光発光するドーパントが添加されていてもよく、

例えば、ペリレン誘導体、クマリン誘導体、ルブレン誘導体、キナクリドン誘導体、スクリウム誘導体、ポルフィリン誘導体、スチリル色素、テトラセン誘導体、ピラゾリン誘導体、デカシクレン、フェノキサゾン、キノキサリン誘導体、カルバゾール誘導体、フルオレン誘導体等を挙げることができる。具体的には、1-tert-ブチル-ペリレン(TBP)、クマリン6、ナイルレッド、1,4-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ベンゼン(DPVBi)、1,1,4,4-テトラフェニル-1,3-ブタジエン(TPB)等を挙げることができる。さらに、燐光系のドーパントとして、白金やイリジウムなどの重金属イオンを中心に有し、燐光を示す有機金属錯体を使用することができる。具体的には、 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 、 $(\text{ppy})_2\text{Ir}(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{BQ})_3$ 、 $(\text{BQ})_2\text{Ir}(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{THP})_3$ 、 $(\text{THP})_2\text{Ir}(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{BO})_3$ 、 $(\text{BO})_2\text{Ir}(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{BT})_3$ 、 $(\text{BT})_2\text{Ir}(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{BTP})_3$ 、 $(\text{BTP})_2\text{Ir}(\text{acac})$ 、 $\text{FIr}_6$ 、PtOEP等を用いることができる。

[0049] この電子輸送層7の正孔移動度が、上記したような正孔移動度を持っているか否かは、以下の測定によって評価できる(詳しくは後述の実施例中で説明する)。すなわち、正孔移動度の測定として、ITO(150nm)/PEDOT(20nm)/ $\alpha$ -NPD(20nm)/測定対象(100nm)/Au(100nm)からなるテストピースを構成する。ここでの「測定対象」とは、正孔移動度を測定しようとする対象材料である。こうした構成となるように作製したテストピースを準備し、そのテストピースの両電極間に10Vを印加し、その時のホールオンリー素子での電流値を測定する。こうした測定から得られた結果を、例えばAlq3を測定対象とした結果と比較して、正孔移動度の大小について評価することができる。なお、こうした正孔移動度は、移動度を測定する一般的な手法である、Time of Flight法(過渡光電流測定法、TOF法)などを用いることも可能である。

[0050] その再結合領域7Aの厚さT2は、例えば1nm~10nmであることが好ましく、その結果、正孔hと電子eとの好ましい再結合位置を、例えば図3に示すように、量子ドット単分子膜5Bの厚さT1と再結合領域7Aの厚さT2との和(T1+T2)とすることができる。例えば非特許文献1に記載のホールブロック層を設けた場合よりも著しく厚くすることができる。その結果、発光層5を構成する量子ドット11の効率的なEL発光を可能にし、輝度と発光効率の向上を実現できる。

- [0051] なお、電子輸送層7が備える正孔移動度の下限は特に限定されない。また、電子輸送層7の厚さも同様に一概に決めることはできないが、通常、30nm以上150nm以下であり、好ましくは50nm～120nmであり、さらに好ましくは70nm～100nmである。
- [0052] こうした電子輸送層7の形成材料としては、例えば金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、シロール誘導体、シクロペンタジエン誘導体、シリル化合物等が挙げられる。具体的には、オキサジアゾール誘導体としては、(2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール)(PBD)等が挙げられ、フェナントロリン類としてはバソキュプロイン(BCP)、バソフェナントロリン(BPhen)等が挙げられ、アルミニウム錯体としてはトリス(8-キノリノール)アルミニウム錯体( $Alq_3$ )、ビス(2-メチル-8-キノリノール)(p-フェニルフェノラート)アルミニウム錯体( $BAlq_2$ )等が挙げられる。特に、 $BAlq_2$ は好ましく用いられる。こうした電子輸送層7は、真空蒸着法あるいは上記材料を含有した電子輸送層形成用途工液を用いた塗布法により形成される。
- [0053] 特に、電子輸送層7を形成する電子輸送材料のイオン化ポテンシャルの絶対値を $I_p(ETL)$ とし、正孔輸送層6を形成する正孔輸送材料のイオン化ポテンシャルの絶対値を $I_p(HTL)$ としたとき、 $[I_p(ETL)] < [I_p(HTL) + 1.0eV]$ を満たすことが好ましい。こうした関係を有する電子輸送材料と正孔輸送材料で、それぞれ電子輸送層7と正孔輸送層6とを構成したので、上記のような再結合領域7Aを、電子輸送層7の発光層側に形成することができる。
- [0054] なお、このときのイオン化ポテンシャルは、光電子分光装置AC-1(理研計器製)を用いて測定した仕事関数の値を適用した。測定は、洗浄済みのITO付きガラス基板(三容真空社製)上に、測定しようとする材料で形成した層を単層として形成し、前記の光電子分光装置AC-1で光電子が放出されるエネルギー値で決定した。測定条件としては、50nWの光量で0.05eV刻みで行った。
- [0055] (その他の層)
- 電子注入層(図示しない)は、必要に応じて設けられ、陰極4から電子が注入され易いように作用する。電子注入層の形成材料としては、アルミニウム、フッ化リチウム、ス

トロンチウム、酸化マグネシウム、フッ化マグネシウム、フッ化ストロンチウム、フッ化カルシウム、フッ化バリウム、酸化アルミニウム、酸化ストロンチウム、カルシウム、ポリメチルメタクリレートポリスチレンスルホン酸ナトリウム、リチウム、セシウム、フッ化セシウム等のようにアルカリ金属類、及びアルカリ金属類のハロゲン化物、アルカリ金属の有機錯体等を挙げることができる。こうした電子注入層は、各種の方法で成膜でき、その厚さは使用する材料等によっても異なるが、例えば0.1nm～30nm程度の範囲内であることが好ましい。

[0056] 正孔注入層(図示しない)は、必要に応じて設けられ、陽極3から正孔(ホール)が注入され易いように作用する。正孔注入層の形成材料としては、例えばポリ(3,4)エチレンジオキシチオフェン/ポリスチレンスルホネート(略称PEDOT/PSS、バイエル社製、商品名; Baytron P CH8000、水溶液として市販。)等、従来から正孔注入層形成用材料として知られているものを用いることができる。こうした正孔注入層は、各種の方法で成膜でき、その厚さは使用する材料等によっても異なるが、例えば1nm～100nm程度の範囲内であることが好ましい。

[0057] パッシベーション層(図示しない)も必要に応じて設けられ、形成した発光層5や電子輸送層7等が、水蒸気や酸素で劣化しないようにするために、素子全体を覆うように設けられる層である。こうしたパッシベーション層の形成材料としては、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸化窒化ケイ素等を挙げることができる。その厚さは、形成材料によっても異なるが、水蒸気や酸素で劣化しない程度の厚さで形成される。

[0058] 反射層(図示しない)も必須の層ではないが、発光層5で生じた光を効率的に外部に取り出すための層であり、発光効率を高めるために設けられる層であるので好ましく設けられる。この反射層は独立の層として単独で設けてもよいし、全反射層と半透明反射層とのペアで構成した共振器構造として設けてもよい。こうした反射層は、通常、透明導電膜や、金、クロムのような金属層が好ましく用いられる。

[0059] (エネルギーダイアグラム)

次に、エネルギーダイアグラムにより本発明の発光素子の特徴を説明する。図4は、後述する実施例で用いた各層を構成する材料のイオン化ポテンシャルを示すエネルギーダイアグラムである。本願では、電子輸送層7としてHOMOのエネルギー値が5

. 8eVのBAIq2を用いたので、正孔輸送層6のTPDのエネルギー値(5.4eV)との差が0.4eVと小さい値であり、正孔輸送層6に供給された正孔hは電子輸送層7内に比較的入りやすく、上記のように、所定厚さT2の再結合領域7Aを形成することができる。一方、例えば非特許文献1に記載のように、電子輸送層7としてHOMOのエネルギー値が6.5eVのTAZを用いた場合には、正孔輸送層6のTPDのエネルギー値(5.4eV)との差が1.1eVと大きく、そのTAZからなる電子輸送層7はホールブロック層として作用し、本発明のような再結合領域7Aを形成しにくく、電荷(正孔h、電子e)との再結合の機会が小さいものとなる。なお、電子輸送層7の形成材料として、BAIq2と同じHOMOのエネルギー値(5.8eV)を有するAlq3も使用可能であるが、そのAlq3は電荷移動度が比較的高いので、使用することができない。

[0060] 以上説明したように、本発明の発光素子1によれば、電子輸送層7の正孔移動度を、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体(Alq3)の正孔移動度よりも小さくしたので、陽極3から注入された正孔は発光層5を通過し、発光層5に近い電子輸送層7内で陰極4から注入された電子と再結合する。そして、その再結合によって発生した励起子12は容易に発光層5内に移動して量子ドット11をEL発光させるので、輝度と発光効率を向上させることができ、その結果、高い発光効率を実現できる。

### 実施例

[0061] 以下に、実施例を挙げて本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定解釈されるものではない。

[0062] (実施例1)

ガラス基板上に、まず、酸化インジウム錫(ITO)の薄膜(厚さ:150nm)をスパッタリング法により成膜して、陽極を形成した。陽極が形成された基板を洗浄し、UVオゾン処理を施した。その後、大気中にて、ITO薄膜上にポリエチレンジオキシチオフェン-ポリスチレンスルホン酸(略称:「PEDOT-PSS」)の溶液をスピコート法により塗布し、乾燥させて、正孔注入層(厚さ:20nm)を形成した。

[0063] 次に、低酸素(酸素濃度:0.1ppm以下)、低湿度(水蒸気濃度:0.1ppm以下)状態のグローブボックス中にて、上記正孔注入層上に、N,N'-ビス-(3-メチルフェニル)-N,N'-ビス-(フェニル)-ベンジジン(TPD)及び量子ドット(エヴィデント

テクノロジーズ社製、コア: CdSe、シェル: ZnS、発光波長: 520nm) をトルエンと混合した混合溶液をスピコートし、正孔輸送層及び発光層(合計厚さ: 40nm)を形成した。この正孔輸送層及び発光層は、TPDと量子ドットが相分離し、量子ドットからなる発光層が単分子膜となることで形成される。上記混合溶液におけるTPDと量子ドットの重量比は、TPD/量子ドット=9/2となるようにした。

[0064] 上記発光層まで形成された基板に対し、真空中(圧力:  $5 \times 10^{-5}$  Pa)にて、ビス(2-メチル-8-キノリナト)(p-フェニルフェノラート)アルミニウム錯体(BAlq<sub>2</sub>)を抵抗加熱蒸着法により成膜し、電子輸送層(厚さ: 80nm)を形成した。さらに、LiF(厚さ: 0.5nm)、Al(厚さ: 150nm)をこの順で抵抗加熱蒸着法により成膜し、電子注入層、陰極を形成した。さらに、低酸素(酸素濃度: 0.1ppm以下)、低湿度(水蒸気濃度: 0.1ppm以下)状態のグローブボックス中にて、無アルカリガラスにより封止し、発光素子を得た。

[0065] 得られた発光素子の陽極と陰極の間に電圧を印加し、基板平面に対して垂直な方向へ発光された光の輝度を測定したところ、量子ドットに起因した発光が見られた。また、発光素子を肉眼で観察した範囲では、ダークスポット等の発光欠陥は生じていなかった。

[0066] (比較例1)

実施例1において、BAlq<sub>2</sub>からなる電子輸送層の代わりに、TAZ(3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-tert-ブチルフェニル-1,2,4-トリアゾール)からなる厚さ10nmの層と、Alq<sub>3</sub>からなる厚さ40nmの電子輸送層とをその順で、真空中(圧力:  $5 \times 10^{-5}$  Pa)にて抵抗加熱蒸着法により形成した他は、実施例1と同様にして、比較例1の発光素子を作製した。

[0067] (比較例2)

実施例1において、BAlq<sub>2</sub>からなる電子輸送層の代わりに、Alq<sub>3</sub>からなる厚さ40nmの電子輸送層を形成した他は、実施例1と同様にして、比較例2の発光素子を作製した。

[0068] (実施例2)

実施例1において、TPDと量子ドットとの調合割合を9:5とした混合溶液を正孔注

入層上に塗布することによって正孔輸送層及び発光層を同時に形成し、さらにBAIq2からなる電子輸送層の代わりに、BAIq2からなる厚さ60nmの電子輸送層を形成した他は、実施例1と同様にして、実施例2の発光素子を作製した。

[0069] (実施例3)

実施例2において、BAIq2からなる電子輸送層の厚さを40nmに変更した他は、実施例2と同様にして、実施例3の発光素子を作製した。

[0070] (実施例4)

実施例2において、BAIq2からなる電子輸送層の厚さを20nmに変更した他は、実施例1と同様にして、実施例4の発光素子を作製した。

[0071] (膜厚の測定)

本発明で記述される各層の厚さは、特に記載がない限り、洗浄済みのITO付きガラス基板(三容真空社製)上へ上記と同様の手順でPEDOT-PSSを20nm積層し、その上に各層を単膜で形成し、作製した段差からPEDOT-PSSの膜厚を除いて測定することによって決定した。膜厚測定には、プローブ顕微鏡(エスアイアイ・ナノテクノロジー(株)製、Nanopics1000)を用いた。

[0072] (発光素子の電流効率と電力効率)

得られた発光素子の電流効率と寿命特性を評価した。電流効率と電力効率は、電流-電圧-輝度(I-V-L)測定により算出した。I-V-L測定は、陰極を接地して陽極に正の直流電圧を100mV刻みで走査(1sec./div.)して印加し、各電圧における電流と輝度を記録して行った。輝度はトプコン社製輝度計BM-8を用いて測定した。得られた結果をもとに、発光効率(cd/A)は発光面積と電流と輝度から計算して算出した。得られた結果を表1と表2に示した。

[0073] [表1]

表 1

	100nit時の発光効率 (Cd/A)	最高発光効率 (Cd/A)
実施例 1	2.9	3.6
比較例 1	1.3	3.2

\*) 100nit時…輝度が100Cd/m<sup>2</sup>のとき

[0074] [表2]

表 2

	100nit時の発光効率 (Cd/A)	最高発光効率 (Cd/A)
実施例 2	4. 2	16. 1
参考例 1	2. 8	9. 2
参考例 2	0. 3	0. 6

\*) 100nit時…輝度が100Cd/m<sup>2</sup>のとき

[0075] 比較例2の発光素子では、量子ドットの発光よりもAlq3の発光の方が強かった。これは、発光層から電子輸送層へ抜けた正孔が、さらに発光層界面から遠い電子輸送層内で再結合することによって、電子輸送層内のAlq3が発光してしまっていると考えられる(非特許文献1と同じ結果)。一方、比較例1の発光素子では、TAZからなる層がホールブロック層として作用しているために、TAZの発光やAlq3の発光が抑えられ、量子ドットによる強い発光がみられた(非特許文献1と同じ結果)。

[0076] さらに、実施例1の発光素子では、比較例1の場合よりも高い発光効率を示した。これは、実施例1の発光素子を構成する電子輸送層(BAlq2)に正孔が入り、再結合サイトとして利用できているためである。また、実施例2~4の発光素子の結果を比較すると、BAlq2からなる電子輸送層の膜厚が厚いほど、再結合サイトが、その電子輸送層内でより発光層側へ偏り、生成した励起子が効率的に発光層へと移動できているために、効率が高くなっている。

[0077] (正孔移動度の測定)

正孔移動度を簡易的に相対評価する方法として、以下の方法により、Alq3とBAlq2の正孔移動度を間接的に相対評価した。移動度測定用素子は以下のように測定した。

[0078] ガラス基板上に、まず、酸化インジウム錫(ITO)の薄膜(厚さ:150nm)をスパッタリング法により成膜して、陽極を形成した。陽極が形成された基板を洗浄し、UVオゾン処理を施した。その後、大気中にて、ITO薄膜上にポリエチレンジオキシチオフェン-ポリスチレンスルホン酸(略称:「PEDOT-PSS」)の溶液をスピコート法により塗布し、乾燥させて、正孔注入層(厚さ:20nm)を形成した。次に、真空中(圧力:5×1

$0^{-5}$ Pa)にて、 $\alpha$ -NPDとAlq3をその順で抵抗加熱蒸着法により成膜し、正孔輸送層(厚さ:20nm)と測定対象層(厚さ:100nm)を順に形成した。さらに、Au(厚さ:150nm)を抵抗加熱蒸着法により成膜し、陰極を形成した。さらに、低酸素(酸素濃度:0.1ppm以下)、低湿度(水蒸気濃度:0.1ppm以下)状態のグローブボックス中にて、無アルカリガラスにより封止し、移動度測定用素子1を得た。

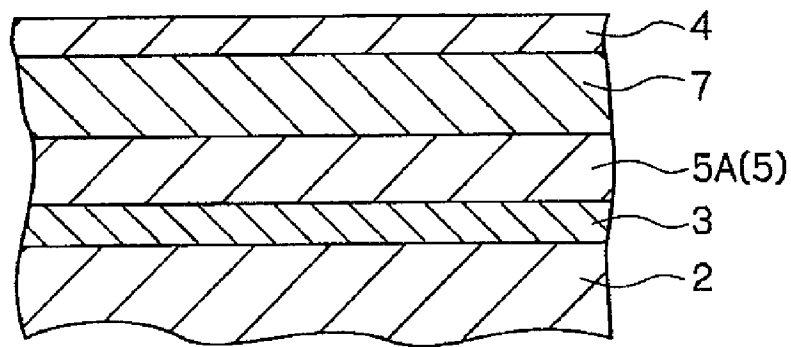
[0079] また、測定対象層としてAlq3の代わりにBAIq2を用いた以外は、上記と同様にして、移動度測定用素子2を得た。

[0080] 移動度測定用素子1、2に対して電圧を印加すると、発光が見られる電圧までは、電子が流れず、正孔のみが流れていると考えられる。さらに、高電圧下では、電流量は界面での注入障壁よりもバルクの移動度に大きく支配される。従って、高電圧下での電流量は、正孔輸送層と測定対象層の正孔移動度を反映しており、特に、測定対象層の正孔移動度が $\alpha$ -NPD( $10^{-3}$ cm<sup>2</sup>/V/sec)よりも低い場合には、より膜厚の厚い測定対象層の正孔移動度を反映する。例えば、移動度測定用素子1、2に対して、電圧を印加し、10V時の電流密度を比較すると、移動度測定用素子2の方が電流密度が低く、BAIq2の正孔移動度がAlq3よりも低いことがわかる。

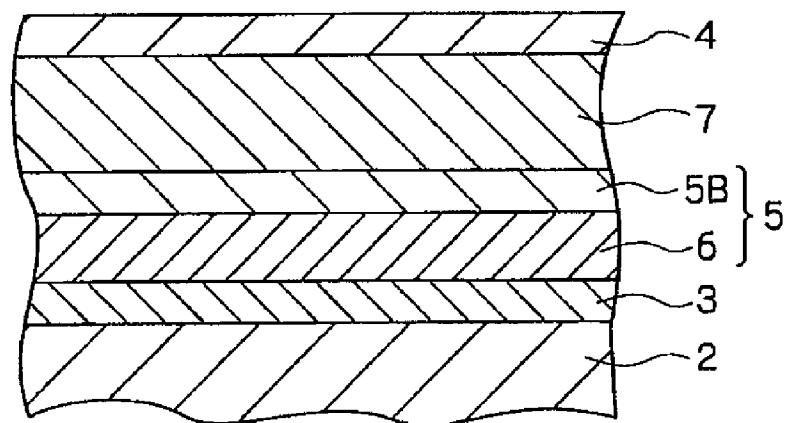
## 請求の範囲

- [1] 少なくとも、陽極と、正孔輸送材料及び量子ドットを含む材料からなる正孔輸送発光層と、電子輸送層と、陰極とをこれらの順で備えてなる発光素子であって、  
前記電子輸送層の正孔移動度が、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体(Alq3)の正孔移動度よりも小さいものであり、  
前記正孔輸送発光層は、前記電子輸送層で発生した励起子が該正孔輸送発光層内に移動して発光することを特徴とする、発光素子。
- [2] 前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のイオン化ポテンシャルの絶対値を $I_p$ (ETL)とし、前記正孔輸送材料のイオン化ポテンシャルの絶対値を $I_p$ (HTL)としたとき、 $[I_p(\text{ETL})] < [I_p(\text{HTL}) + 1.0\text{eV}]$ を満たす、請求項1に記載の発光素子。
- [3] 前記電子輸送層の正孔移動度が $10^{-7}\text{cm}^2/\text{V}/\text{sec}$ 以下である、請求項1に記載の発光素子。
- [4] 前記正孔移動度の測定が、ITO(150nm)/PEDOT(20nm)/ $\alpha$  NPD(20nm)/測定対象(100nm)/Au(100nm)からなるテストピースを構成し、該テストピースに10Vを印加した時のホールオンリー素子での電流値を測定して行う、請求項1に記載の発光素子。
- [5] 前記電子輸送層の厚さが30nm以上150nm以下である、請求項1に記載の発光素子。
- [6] 前記電子輸送層が電子輸送性材料としてBAIq2を含んでなる、請求項1に記載の発光素子。
- [7] 前記電子輸送層の少なくとも前記正孔輸送発光層側の部位に、前記正孔輸送発光層側の部位での再結合確率を高めるためのドーパントが含まれている、請求項1に記載の発光素子。
- [8] 前記正孔輸送発光層が、正孔輸送材料と量子ドットとが互いに分散してなる層、正孔輸送性材料と量子ドットとが相分離して得られた正孔輸送層、量子ドット単分子膜とからなる層、及びこれらの中間状態からなる層のいずれかの層である、請求項1に記載の発光素子。

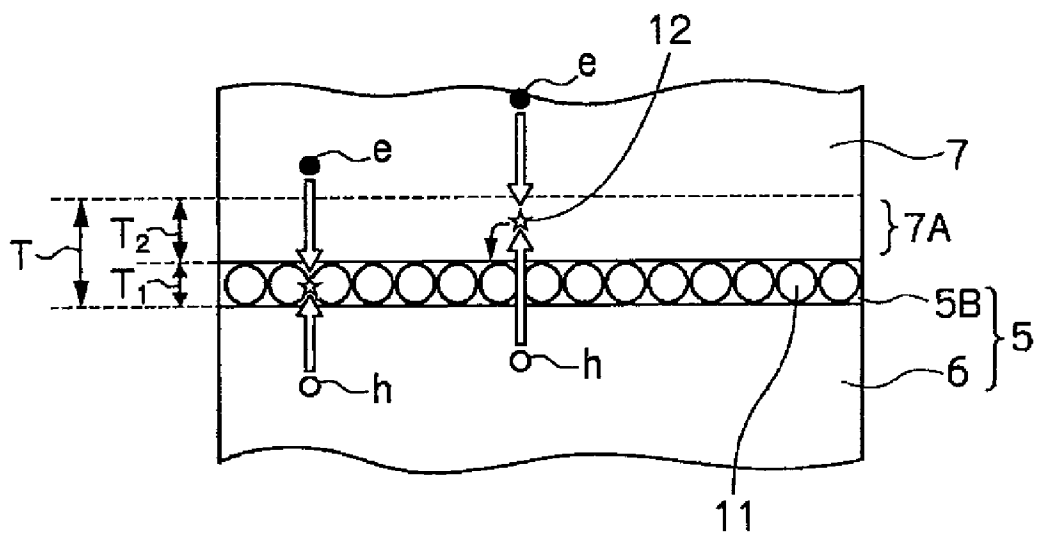
[図1]

1

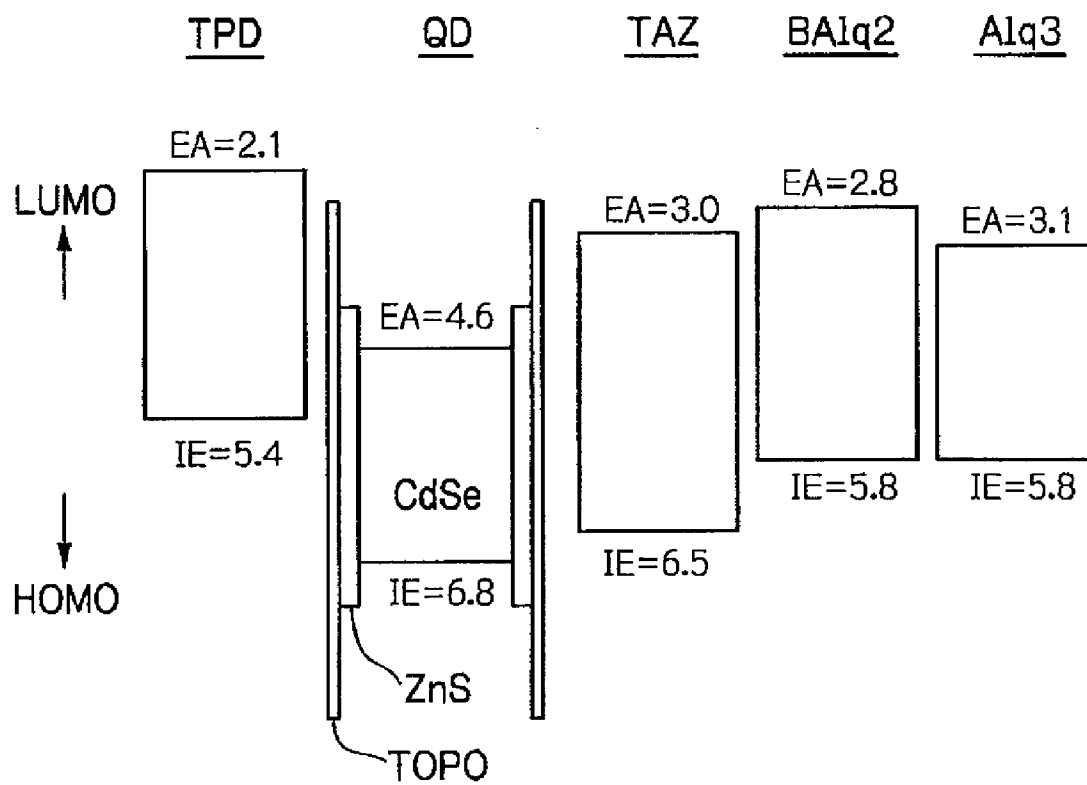
[図2]

1

[図3]



[図4]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/067667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
H05B33/14(2006.01) i, C09K11/06(2006.01) i, 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)  
H01L51/50-51/56, H01L27/32

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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	S. Coe et al., 'Electroluminescence from single monolayers of nanocrystals in molecular organic devices' NATURE, 2002, Vol.420, p.800-803	1-8
Y	JP 2006-66820 A (Japan Science and Technology Agency), 09 March, 2006 (09.03.06), Par. No. [0128] (Family: none)	1-8
Y	JP 2007-201436 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 09 August, 2007 (09.08.07), Par. No. [0002] & US 2007/0150206 A1	4

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15 December, 2008 (15.12.08)	Date of mailing of the international search report 22 December, 2008 (22.12.08)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2008/067667

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 2003-272850 A (Toyota Motor Corp.), 26 September, 2003 (26.09.03), Par. No. [0022] (Family: none)	7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H05B33/14(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i, 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 (IPC))  
 Int.Cl. H01L51/50-51/56, H01L27/32

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008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 請求の範囲の番号
Y	S. Coe et al., 'Electroluminescence from single monolayers of nanocrystals in molecular organic devices' NATURE, 2002, Vol. 420, p. 800-803	1-8
Y	JP 2006-66820 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2006.03.09、段落【0128】 (ファミリーなし)	1-8

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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 15.12.2008	国際調査報告の発送日 22.12.2008
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) 中山 佳美 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 請求の範囲の番号
Y	JP 2007-201436 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2007.08.09、段落【0002】 & US 2007/0150206 A1	4
Y	JP 2003-272850 A (トヨタ自動車株式会社) 2003.09.26、段落【0022】 (ファミリーなし)	7