

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5031445号
(P5031445)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int.Cl.

F 1

H05B 33/12 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)H05B 33/12
H05B 33/14
H05B 33/22
H05B 33/22C
B
B
D

請求項の数 7 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2007-142822 (P2007-142822)
 (22) 出願日 平成19年5月30日 (2007.5.30)
 (65) 公開番号 特開2008-10410 (P2008-10410A)
 (43) 公開日 平成20年1月17日 (2008.1.17)
 審査請求日 平成22年5月24日 (2010.5.24)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-155159 (P2006-155159)
 (32) 優先日 平成18年6月2日 (2006.6.2)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (74) 代理人 100108741
 弁理士 渡邊 順之
 (72) 発明者 鈴木 恒徳
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 瀬尾 哲史
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 審査官 池田 博一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光素子、発光装置並びに電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と陰極との間に、発光層を有し、
 前記発光層は、第1の層と第2の層とを有し、
 前記第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、
 前記第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、
 前記第1の層は、前記第2の層に接し、前記第2の層と前記陽極との間に設けられており、

前記第1の有機化合物は発光性を有し、

前記第2の有機化合物は電子輸送性を有し、

10

前記第3の有機化合物は発光性及び電子トラップ性を有し、

前記第4の有機化合物は電子輸送性を有することを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

陽極と陰極との間に、発光層を有し、
 前記発光層は、第1の層と第2の層とを有し、
 前記第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、
 前記第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、
 前記第1の層は、前記第2の層に接し、前記第2の層と前記陽極との間に設けられており、

前記第1の有機化合物は発光性を有し、

20

前記第2の有機化合物は電子輸送性を有し、
前記第3の有機化合物は発光性及び第4の有機化合物の最低空軌道準位より0.3eV以上低い最低空軌道準位を有し、

前記第4の有機化合物は電子輸送性を有することを特徴とする発光素子。

【請求項3】

請求項1又は請求項2において、

前記陽極と前記発光層との間に正孔輸送層を有し、

前記陰極と前記発光層との間に電子輸送層を有することを特徴とする発光素子。

【請求項4】

請求項1ないし請求項3のいずれか1項において、

前記第1の有機化合物の発光色と、前記第3の有機化合物の発光色とは、同じ色系統であることを特徴とする発光素子。

【請求項5】

請求項1ないし請求項4のいずれか1項において、

前記第1の有機化合物の発光スペクトルのピーク値と、前記第3の有機化合物の発光スペクトルのピーク値の差は30nm以内であることを特徴とする発光素子。

【請求項6】

請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の発光素子を有する発光装置。

【請求項7】

請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の発光素子を有する照明装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電流励起型の発光素子に関する。また、発光素子を有する発光装置、電子機器に関する。

より詳しくは、本発明は、色純度に優れ、寿命の長い発光素子に関する。さらに、色純度に優れ寿命の長い発光装置及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、エレクトロルミネッセンス(Electroluminescence)を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光性の物質を含む層を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、発光性の物質からの発光を得ることができる。

30

【0003】

このような発光素子は自発光型であるため、液晶ディスプレイに比べ画素の視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。また、このような発光素子は、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

そして、これらの発光素子は膜状に形成することができるため、大面積の素子を形成することにより、面状の発光を容易に得ることができる。このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

40

【0005】

そのエレクトロルミネッセンスを利用した発光素子は、発光性の物質が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって大別できるが、本発明は、発光性の物質に有機化合物を用いるものである。

その場合、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア(電子および正孔)が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、

50

その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。

【0006】

このようなメカニズムから、このような発光素子は電流励起型の発光素子と呼ばれる。なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。

【0007】

このような発光素子に関しては、その素子特性を向上させる上で、材料に依存した問題が多く、これらを克服するために素子構造の改良や材料開発等が行われている。

例えば、特許文献1では、発光層を二層とし、色系統の異なる蛍光性物質を複数種類ドーピングすることにより、色安定性を確保し、長寿命の有機EL素子を開示している。しかしながら、特許文献1では、色系統の異なる蛍光性物質を複数種類ドーピングしているため、色安定性の良い白色発光を得ることはできるが、色純度の良い発光は得られない。

【0008】

また、発光性の有機化合物を用いた発光素子は、発光性の無機化合物を用いた発光素子に比べ、低電圧での駆動が可能であるが、素子の寿命が短いという問題を有している。よって、発光素子のさらなる長寿命化が望まれている。

【特許文献1】特開2000-68057号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0009】

したがって、本発明は、発光性の物質が有機化合物を用いた場合において、純度に優れ、寿命の長い発光素子を提供することを課題とする。また、色純度に優れ寿命の長い発光装置及び電子機器を提供することも課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、発光領域を発光層の中央付近にすることで、課題を解決できることを見出した。

すなわち、両電極の間に正孔輸送層と電子輸送層がある場合には、発光領域を発光層と正孔輸送層との界面や発光層と電子輸送層との界面ではなく、発光層の中央付近にすることで、課題を解決できることを見出した。

また、正孔輸送層と電子輸送層がない場合にも、両電極と発光層との界面ではなく、発光層の中央付近にすることで、課題を解決できることを見出した。

本発明は、前記のような知見に基づいて開発されたものであり、本発明の発光素子には多くの態様がある。

【0011】

その第1態様は、第1の電極と第2の電極の間に、発光層を有し、発光層は、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に設けられており、第2の有機化合物は電子輸送性を有し、第3の有機化合物は電子トラップ性を有し、第4の有機化合物は電子輸送性を有し、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は、同じ色系統であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とするものである。

【0012】

第2の態様は、第1の電極と第2の電極の間に、発光層を有し、発光層は、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に設けられており、第2の有機化合物は電子輸送性を有し、第3の有機化合物は第4の有機化合物の最低空軌道準位より0.3eV以上低い最低空軌道準位を有し、第4の

10

20

30

40

50

有機化合物は電子輸送性を有し、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は、同じ色系統であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とするものである。

【0013】

第3の態様は、第1の電極と第2の電極の間に、発光層を有し、発光層は、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に設けられており、第2の有機化合物は電子輸送性を有し、第3の有機化合物は第4の有機化合物の最低空軌道準位より0.3eV以上低い最低空軌道準位を有し、第4の有機化合物は電子輸送性を有し、第1の有機化合物の発光スペクトルのピーク値と、第3の有機化合物の発光スペクトルのピーク値の差は30nm以内であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とするものである。

10

【0014】

第4の態様は、第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に設けられており、第2の有機化合物は電子輸送性を有し、第3の有機化合物は電子トラップ性を有し、第4の有機化合物は電子輸送性を有し、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は、同じ色系統であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とするものである。

20

【0015】

第5の態様は、第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に設けられており、第2の有機化合物は電子輸送性を有し、第3の有機化合物は第4の有機化合物の最低空軌道準位より0.3eV以上低い最低空軌道準位を有し、第4の有機化合物は電子輸送性を有し第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は、同じ色系統であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とするものである。

30

【0016】

第6の態様は、第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第2の層は、第3の有機化合物と、第4の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に設けられており、第2の有機化合物は電子輸送性を有し、第3の有機化合物は第4の有機化合物の最低空軌道準位より0.3eV以上低い最低空軌道準位を有し、第4の有機化合物は電子輸送性を有し、第1の有機化合物の発光スペクトルのピーク値と、第3の有機化合物の発光スペクトルのピーク値の差は30nm以内であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とするものである。

40

【0017】

それら多くの発光素子の態様においては、第1の層と第2の層は接して設けられていることが好ましい。

【0018】

また、本発明は、上述した発光素子を有する発光装置も範疇に含むものである。本明細

50

書中における発光装置とは、画像表示デバイス、発光デバイス、もしくは光源（照明装置を含む）等を含む。また、発光素子が形成されたパネルにコネクター、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの後にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュール等も全て発光装置に含むものである。

さらに、発光素子がその発光を制御する制御手段を具備する場合についても本発明の発光装置に含むものである。

【0019】

10

また、本発明の発光素子を表示部に用いた電子機器も本発明の範疇に含むものである。さらに、本発明の電子機器は、表示部を有し、該表示部は、上述した発光素子と発光素子の発光を制御する制御手段とを備えたものを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

本発明の発光素子は、発光層と正孔輸送層との界面または発光層と電子輸送層との界面ではなく、発光層の中央付近に発光領域が形成されているため、素子が劣化しにくく、寿命の長い発光素子を得ることができる。

なお、正孔輸送層と電子輸送層がない場合にも、両電極と発光層との界面ではなく、発光層の中央付近にすることで、同様の効果を得ることができる。

20

【0021】

また、本発明の発光素子は、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は同系色であるため、第1の有機化合物だけでなく、第3の有機化合物が発光しても、色純度の良い発光を得ることができる。

さらに、本発明の発光素子を発光装置および電子機器に適用することにより、色純度に優れ、寿命の長い発光装置および電子機器を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

30

以下において、本発明を実施するための最良の形態を含む本発明の各種実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更することが可能である。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0023】

（実施の形態1）

本発明の発光素子の一態様について図1（A）を用いて以下に説明する。

本発明の発光素子は、一対の電極間に複数の層を有する。当該複数の層は、電極から離れたところに発光領域が形成されるように、つまり電極から離れた部位でキャリアの再結合が行われるように、キャリア注入性の高い物質やキャリア輸送性の高い物質からなる層を組み合わせて積層されたものである。

40

【0024】

本形態において、発光素子は、第1の電極102と、第2の電極104と、第1の電極102と第2の電極104との間に設けられたEL層103とから構成されている。なお、本形態では第1の電極102は陽極として機能し、第2の電極104は陰極として機能するものとして、以下説明をする。つまり、第1の電極102の方が第2の電極104よりも電位が高くなるように、第1の電極102と第2の電極104に電圧を印加したときに、発光が得られるものとして、以下説明をする。

【0025】

基板101は発光素子の支持体として用いられる。基板101としては、例えばガラス、またはプラスチックなどを用いることができる。なお、発光素子の作製工程において支

50

持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。

【0026】

第1の電極102としては、仕事関数の大きい（具体的には4.0eV以上）金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ（ITO：Indium Tin Oxide）、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛（IZO：Indium Zinc Oxide）、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等が挙げられる。

【0027】

これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタにより成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。例えば、酸化インジウム-酸化亜鉛（IZO）は、酸化インジウムに対し1～20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。また、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）は、酸化インジウムに対し酸化タンゲステンを0.5～5wt%、酸化亜鉛を0.1～1wt%含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。

【0028】

これらのほかにも、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タンゲステン（W）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、パラジウム（Pd）、または金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン：TiN）等が挙げられる。

【0029】

EL層103は、層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、またはバイポーラ性（電子及び正孔の輸送性の高い物質）の物質等から成る層と、本実施の形態で示す発光層とを適宜組み合わせて構成すればよい。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層等を適宜組み合わせて構成することができる。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。図1では、一例として、第1の電極102、正孔輸送層112、発光層111、電子輸送層113、第2の電極104が順に積層した構成を示している。

【0030】

第1の電極102と正孔輸送層112との間に正孔注入層を設けてよい。正孔注入層は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入性の高い物質としては、モリブデン酸化物（MoO_x）やバナジウム酸化物（VO_x）、ルテニウム酸化物（RuO_x）、タンゲステン酸化物（WO_x）、マンガン酸化物（MnO_x）等を用いることができる。この他にも、フタロシアニン（略称：H₂Pc）や銅フタロシアニン（略称：CuPc）等のフタロシアニン系の化合物、或いはポリ（エチレンジオキシチオフェン）/ポリ（3,4-スチレンスルホン酸）（PEDOT/PSS）等の高分子等によっても正孔注入層を形成することができる。

【0031】

また、正孔注入層として、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることができる。このように正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させたものを用いることにより、電極の仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第1の電極102として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料を用いることができる。

なお、本明細書中において、複合とは、単に複数の材料を混合させるだけでなく、混合することによって材料間での電荷の授受が行われ得る状態になることを言う。

【0032】

アクセプター性物質としては、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル等を挙げることができる

10

20

30

40

50

。また、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンクスチル、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【0033】

複合材料に用いる正孔輸送性の高い物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。具体的には、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。以下では、複合材料に用いることのできる正孔輸送性の高い有機化合物を具体的に列挙する。

【0034】

例えば、芳香族アミン化合物としては、N, N' - ビス(4-メチルフェニル) - N, N' - デフェニル - p - フェニレンジアミン（略称：D TDPPA）、4, 4' - ビス[N - (4 - デフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ]ビフェニル（略称：DPA B）、4, 4' - ビス(N - {4 - [N' - (3 - メチルフェニル) - N' - フェニルアミノ]フェニル} - N - フェニルアミノ)ビフェニル（略称：D NTPD）、1, 3, 5 - トリス[N - (4 - デフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ]ベンゼン（略称：DPA 3 B）等を挙げることができる。

【0035】

複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、具体的には、3 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA 1）、3, 6 - ビス[N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA 2）、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル)アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN 1）等を挙げることができる。

【0036】

また、複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、他に、4, 4' - デ(N - カルバゾリル)ビフェニル（略称：CBP）、1, 3, 5 - トリス[4 - (N - カルバゾリル)フェニル]ベンゼン（略称：TCPB）、9 - [4 - (N - カルバゾリル)フェニル - 10 - フェニルアントラセン（略称：CzPA）、1, 4 - ビス[4 - (N - カルバゾリル)フェニル] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

【0037】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素としては、例えば、2 - tert - ブチル - 9, 10 - デ(2 - ナフチル)アントラセン（略称：t - BuDNA）、2 - tert - ブチル - 9, 10 - デ(1 - ナフチル)アントラセン、9, 10 - ビス(3, 5 - デフェニルフェニル)アントラセン（略称：DPPA）、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス(4 - フェニルフェニル)アントラセン（略称：t - BuDBA）、9, 10 - デ(2 - ナフチル)アントラセン（略称：DNA）、9, 10 - デフェニルアントラセン（略称：DPA nth）等が挙げられる。

【0038】

さらに、2 - tert - ブチルアントラセン（略称：t - BuAnth）、9, 10 - ビス(4 - メチル - 1 - ナフチル)アントラセン（略称：DMNA）、9, 10 - ビス[2 - (1 - ナフチル)フェニル] - 2 - tert - ブチル - アントラセン、9, 10 - ビス[2 - (1 - ナフチル)フェニル]アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - デ(1 - ナフチル)アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - デ(2 - ナフチル)アントラセン等が挙げられる。

【0039】

10

20

30

40

50

それらに加えて、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス(2-フェニルフェニル) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス[(2, 3, 4, 5, 6-ペンタフェニル)フェニル] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン等が挙げられる。さらに、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有し、炭素数14~42である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

【0040】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよく、そのような芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4' - ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル(略称: DPVBi)、9, 10 - ビス[4-(2, 2-ジフェニルビニル)フェニル]アントラセン(略称: DPVPA)等が挙げられる。

さらに、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称: PVK)やポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称: PVTPA)等の高分子化合物を用いることもできる。

【0041】

正孔輸送層112は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質としては、例えば、4, 4' - ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPBまたは-NPD)やN, N' - ビス(3-メチルフェニル)-N, N' - デジフェニル-[1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - デジアミン(略称: TPD)、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(略称: TDATA)、4, 4', 4''' - トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: MTDATA)、4, 4' - ビス[N-(スピロ-9, 9' - ピフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: BSB)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。

【0042】

ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層を二層以上積層したものとしてもよい。

【0043】

発光層111は、発光性の高い物質を含む層である。本発明の発光素子において、発光層は、第1の層121と第2の層122を有する。第1の層121は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを有し、第2の層122は、第3の有機化合物と第4の有機化合物を有する。

【0044】

第1の層121に含まれる第1の有機化合物は、発光性の高い物質であり、種々の材料を用いることができる。具体的には、青色系の発光材料として、N, N' - ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル] - N, N' - デジフェニルスチルベン - 4, 4' - デジアミン(略称: YGAS)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPA)などが挙げられる。

【0045】

また、緑色系の発光材料として、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、N-[9, 10-ビス(1, 1' - ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCABPhA)、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, N', N' - トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称: 2DPAAPA)、N-[9, 10-ビス(1, 1' - ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, N', N' - トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称: 2DPAABPhA)、9, 10-ビス(1, 1' - ビフェニル-2-イル)-N

10

20

30

40

50

- [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 2 Y G A B P h A) 、 N , N , 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称 : D P h A P h A) などが挙げられる。

【 0 0 4 6 】

また、黄色系の発光材料として、ルブレン、5 , 1 2 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 , 1 1 - ジフェニルテトラセン (略称 : B P T) などが挙げられる。さらに、赤色系の発光材料として、N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) テトラセン - 5 , 1 1 - ジアミン (略称 : p - m P h T D) 、 7 , 1 3 - ジフェニル - N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) アセナフト [1 , 2 - a] フルオランテン - 3 , 1 0 - ジアミン (略称 : p - m P h A F D) などが挙げられる。

10

【 0 0 4 7 】

第 1 の層 1 2 1 に含まれる第 2 の有機化合物は、正孔輸送性よりも電子輸送性の方が高い物質であり、また、上述した発光性の高い物質を分散させる物質である。好ましくは正孔と電子の移動度の差が 10 倍以内である、いわゆるバイポーラ性の材料である。具体的には、9 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C z P A) 、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (I I I) (略称 : A 1 q) 、 4 , 4 ' - (キノキサリン - 2 , 3 - ジイル) ビス (N , N - ジフェニルアニリン) (略称 : T P A Q n) 、 9 , 1 0 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A n t h) 、 N , N ' - (キノキサリン - 2 , 3 - ジイルジ - 4 , 1 - フェニレン) ビス (N - フェニル - 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - アミン) (略称 : B P A P Q) 、 4 , 4 ' - (キノキサリン - 2 , 3 - ジイル) ビス { N - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアニリン } (略称 : Y G A P Q) 、 9 , 1 0 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A n t h) などが挙げられる。

20

【 0 0 4 8 】

第 2 の層 1 2 2 に含まれる第 3 の有機化合物は、電子をトラップする機能を有する有機化合物である。したがって、第 3 の有機化合物は、第 2 の層 1 2 2 に含まれる第 4 の有機化合物の最低空軌道準位 (L U M O 準位) より 0 . 3 e V 以上低い最低空軌道準位 (L U M O 準位) を有する有機化合物であることが好ましい。また、第 3 の有機化合物は発光してもよいが、その場合は発光素子の色純度を保つため、第 1 の有機化合物の発光色と第 3 の有機化合物の発光色は同系色であることが好ましい。

30

すなわち、例えば前記第 1 の有機化合物が Y G A 2 S や Y G A P A のような青色系の発光を示す場合、第 3 の有機化合物はアクリドン、クマリン 1 0 2 、クマリン 6 H 、クマリン 4 8 0 D 、クマリン 3 0 などの青色～青緑色の発光を示す物質が好ましい。

【 0 0 4 9 】

さらに、前記第 1 の有機化合物が 2 P C A P A 、 2 P C A B P h A 、 2 D P A P A 、 2 D P A B P h A 、 2 Y G A B P h A 、 D P h A P h A のような緑色系の発光を示す場合、第 3 の有機化合物は N , N ' - ジメチルキナクリドン (略称 : D M Q d) 、 N , N ' - ジフェニルキナクリドン (略称 : D P Q d) 、 9 , 1 8 - ジヒドロベンゾ [h] ベンゾ [7 , 8] キノ [2 , 3 - b] アクリジン - 7 , 1 6 - ジオン (略称 : D M N Q d - 1) 、 9 , 1 8 - ジメチル - 9 , 1 8 - ジヒドロベンゾ [h] ベンゾ [7 , 8] キノ [2 , 3 - b] アクリジン - 7 , 1 6 - ジオン (略称 : D M N Q d - 2) 、 クマリン 3 0 、 クマリン 6 、 クマリン 5 4 5 T 、 クマリン 1 5 3 などの青緑色～黄緑色の発光を示す物質が好ましい。

40

【 0 0 5 0 】

また、前記第 1 の有機化合物がルブレン、B P T のような黄色系の発光を示す場合、第 3 の有機化合物は D M Q d 、 (2 - { 2 - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : D C M C z) などの黄緑色～黄橙色の発光を示す物質が好ましい。

【 0 0 5 1 】

さらに、前記第 1 の有機化合物が p - m P h T D 、 p - m P h A F D のような赤色系の

50

発光を示す場合、第3の有機化合物は(2-[2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル]-6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル(略称:DCM1)、{2-メチル-6-[2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1H,5H-ベンゾ[i]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCM2)、{2-(1,1-ジメチルエチル)-6-[2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-1H,5H-ベンゾ[i]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCJTB)、ナイルレッドなどの橙色~赤色の発光を示す物質が好ましい。上述した化合物は、発光素子に用いられる化合物の中でもLUMO準位が低い化合物であり、後述する第4の有機化合物に添加することで良好な電子トラップ性を示す。

10

【0052】

前記のとおりではあるものの、第3の有機化合物としては、前記列挙した物質の中でも、DMQd、DPQd、DMNQd-1、DMNQd-2のようなキナクリドン誘導体が化学的に安定であるため好ましい。すなわち、キナクリドン誘導体を適用することにより、特に発光素子を長寿命化することができる。また、キナクリドン誘導体は緑色系の発光を示すため、本発明の発光素子の素子構造は、緑色系の発光素子に対して特に有効である。緑色は、フルカラーディスプレイを作製する際には最も輝度が必要な色であるため、劣化が他の色に比して大きくなってしまう場合があるが、本発明を適用することによりそれを改善することができる。

【0053】

20

第2の層122に含まれる第4の有機化合物は、電子輸送性を有する化合物である。つまり、正孔輸送性よりも電子輸送性の方が高い物質である。具体的には、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Alq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称:Znq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称:BA1q)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnBTZ)等が挙げられる。

【0054】

また、先に述べたように、第3の有機化合物のLUMO準位は、第4の有機化合物のLUMO準位より0.3eV以上低いことが好ましい。したがって、用いる第3の有機化合物の種類に応じて、そのような条件を満たすように適宜第4の有機化合物を選択すればよい。例えば、実施例にて後述するように、第3の有機化合物としてDPQdを用いる場合、第4の有機化合物としてAlqを用いることで、上述の条件を満たすようになる。

30

【0055】

なお、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は同系色であることが好ましいため、第1の有機化合物の発光スペクトルのピーク値と第3の有機化合物の発光スペクトルのピーク値との差は、30nm以内であることが好ましい。30nm以内であることにより、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は、同系色となる。よって、電圧等の変化により、第3の有機化合物が発光した場合にも、発光素子の発光色の変化を抑制することができる。

40

【0056】

ただし、第3の有機化合物が必ずしも発光する必要はない。例えば、第1の有機化合物の方が発光効率が高い場合は、実質的に第1の有機化合物の発光のみが得られるように、第2の層122における第3の有機化合物の濃度を調節する(第3の有機化合物の発光が抑制されるように、その濃度を若干低くする)ことが好ましい。この場合、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は同系色である(すなわち、同程度のエネルギー・ギャップを持つ)ため、第1の有機化合物から第3の有機化合物へのエネルギー移動は生じにくく、高い発光効率が得られる。

【0057】

電子輸送層113は、電子輸送性の高い物質を含む層である。例えば、トリス(8-キ

50

ノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略称:BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称:BA1q)など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等からなる層である。

さらに、この他ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnBTZ)などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。

【0058】

また、金属錯体以外にも、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBDA)や、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、3-(4-ビフェニリル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、バソフェナントロリン(略称:BPhen)、バソキュプロイン(略称:BCP)なども用いることができる。

ここに述べた物質は、主に10⁻⁶cm³/Vs以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層を二層以上積層したものとしてもよい。

【0059】

また、電子輸送層113と第2の電極104との間に、電子注入性の高い物質を含む層である電子注入層を設けてもよい。電子注入層としては、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF₂)等のようなアルカリ金属もしくはアルカリ土類金属の化合物を用いることができる。さらに、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属もしくはアルカリ土類金属を含有させたもの、例えばAlq中にマグネシウム(Mg)を含有させたもの等を用いることもできる。なお、電子注入層として、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有させたものを用いることにより、第2の電極104からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

【0060】

第2の電極104を形成する物質としては、仕事関数の小さい(具体的には3.8eV以下が好ましい。)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、及びこれらを含む合金(MgAg、AlLi)、並びにユウロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属及びこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、第2の電極104と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第2の電極104として用いることができる。

【0061】

また、EL層103の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、インクジェット法またはスピンドル法など用いても構わない。さらに、各電極または各層ごとに異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0062】

以上のような構成を有する本発明の発光素子は、第1の電極102と第2の電極104との間に生じた電位差により電流が流れ、EL層103において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。より具体的には、EL層103中の発光層111において、第1

10

20

30

40

50

の層 121 および第 1 の層 121 と第 2 の層 122 との界面付近にかけて発光領域が形成されるような構成となっている。この原理に関し、以下に説明する。

【0063】

図 21 は、図 1 で示した本発明の発光素子のバンド図の一例である。図 21 において、第 1 の電極 102 から注入された正孔は、正孔輸送層 112 を通り第 1 の層 121 に注入される。ここで、第 1 の層 121 を構成する第 2 の有機化合物は、正孔輸送性よりも電子輸送性の方が高い物質であり、好ましくは正孔と電子の移動度の差が 10 倍以内である、いわゆるバイポーラ性の材料であるため、第 1 の層 121 に注入された正孔は移動が遅くなる。

【0064】

したがって、もし第 2 の層 122 を設けない従来の発光素子であれば、発光領域は正孔輸送層 112 と第 1 の層 121 との界面近傍に形成される。その場合、電子が正孔輸送層 112 にまで達してしまい、正孔輸送層 112 を劣化させる恐れがある。また、経時的に正孔輸送層 112 にまで達してしまう電子の量が増えていくと、経時的に再結合確率が低下していくことになるため、輝度の経時劣化が起こってしまう。その結果、素子寿命の低下に繋がってしまう。

10

【0065】

本発明の発光素子においては、発光層 111 において、第 2 の層 122 がさらに設けられている点が特徴である。第 2 の電極 104 から注入された電子は、電子輸送層 113 を通り第 2 の層 122 に注入される。ここで、第 2 の層 122 は、電子輸送性を有する第 4 の有機化合物に、電子をトラップする機能を有する第 3 の有機化合物を添加した構成となっている。そのため、第 2 の層 122 に注入された電子は、その移動が遅くなり、第 1 の層 121 への電子注入が制御される。

20

【0066】

その結果、従来では正孔輸送層 112 と第 1 の層 121 との界面近傍で形成されたはずの発光領域が、本発明の発光素子においては、第 1 の層 121 から、第 1 の層 121 と第 2 の層 122 との界面付近にかけて形成されることになる。したがって、電子が正孔輸送層 112 にまで達してしまい、正孔輸送層 112 を劣化させる可能性が低くなる。また正孔に関しても、第 1 の層 121 における第 2 の有機化合物が電子輸送性であるため、正孔が電子輸送層 113 にまで達して電子輸送層 113 を劣化させる可能性は低い。

30

【0067】

さらに、本発明においては、第 2 の層 122 において、単に電子移動度の遅い物質を適用するのではなく、電子輸送性を有する有機化合物に電子をトラップする機能を有する有機化合物を添加している点が重要である。このような構成とすることで、単に第 1 の層 121 への電子注入を制御するだけではなく、その制御された電子注入量が経時的に変化するのを抑制することができる。また、第 1 の層 121 における第 2 の有機化合物が電子輸送性であり、かつ第 1 の層 121 には発光物質である第 1 の有機化合物が添加されているため、第 1 の層 121 における正孔の量に関しても経時的に変化しにくい。以上のことから本発明の発光素子は、発光素子において経時的にキャリアバランスが悪化して再結合確率が低下していく現象を防ぐことができるため、輝度の経時劣化を抑制することができる。したがって、素子寿命の向上に繋がる。

40

【0068】

なお、以上の説明においては、第 1 の層と第 2 の層の組み合わせ、具体的には第 2 の有機化合物、第 3 の有機化合物及び第 4 の有機化合物の組み合わせにより、発光素子において経時的にキャリアバランスが悪化して再結合確率が低下していく現象を防ぐことができ、その結果輝度の経時劣化を抑制することができる長所を発現することについて、正孔輸送層 112 及び電子輸送層 113 の存在する場合を例にして述べたが、この長所については正孔輸送層 112 及び電子輸送層 113 の存否にかかわりなく発現するものであり、そのことは以上の説明から自ずと理解できるところである。

【0069】

50

発光は、第1の電極102または第2の電極104のいずれか一方または両方を通じて外部に取り出される。従って、第1の電極102または第2の電極104のいずれか一方または両方は、透光性を有する電極である。第1の電極102のみが透光性を有する電極である場合、図1(A)に示すように、発光は第1の電極102を通じて基板側から取り出される。また、第2の電極104のみが透光性を有する電極である場合、図1(B)に示すように、発光は第2の電極104を通じて基板と逆側から取り出される。第1の電極102および第2の電極104がいずれも透光性を有する電極である場合、図1(C)に示すように、発光は第1の電極102および第2の電極104を通じて、基板側および基板と逆側の両方から取り出される。

【0070】

10

なお、第1の電極102と第2の電極104との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。発光領域と金属とが近接することによって生じる消光を防ぐように、第1の電極102および第2の電極104から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成であり、発光層が第1の層121と第2の層122とを有する構成であれば、上記以外のものでもよい。

つまり、EL層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、またはバイポーラ性(電子及び正孔の輸送性の高い物質)の物質等から成る層を、本発明の発光層と自由に組み合わせて構成すればよい。

【0071】

20

図2に示す発光素子は、基板301上に、陰極として機能する第2の電極304、EL層303、陽極として機能する第1の電極302とが順に積層された構成となっている。EL層303は、正孔輸送層312、発光層311、電子輸送層313を有し、発光層311は第1の層321と第2の層322を有する。第1の層321は、第2の層322よりも陽極として機能する第1の電極側に設けられている。

【0072】

本実施の形態においては、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に発光素子を作製している。一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、パッシブ型の発光装置を作製することができる。また、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に、例えば、薄膜トランジスタ(TFT)を形成し、TFTと電気的に接続された電極上に発光素子を作製してもよい。これにより、TFTによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置を作製できる。

30

【0073】

なお、TFTの構造は、特に限定されない。スタガ型のTFTでもよいし、逆スタガ型のTFTでもよい。また、TFT基板に形成される駆動用回路についても、N型およびP型のTFTからなるものでもよいし、若しくはN型のTFTまたはP型のTFTのいずれか一方からのみなるものであってもよい。また、TFTに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定されない。非晶質半導体膜を用いてもよいし、結晶性半導体膜を用いてもよい。

【0074】

40

本実施の形態の発光素子は、発光層と正孔輸送層との界面または発光層と電子輸送層との界面に発光領域が形成されているのではなく、発光層の中央付近に発光領域が形成されている。そのため、正孔輸送層や電子輸送層に発光領域が近接することによる、正孔輸送層や電子輸送層の劣化の影響を受けることがない。また、キャリアバランスの経時的な変化(特に電子注入量の経時的变化)を抑制することができる。したがって、劣化しにくく、寿命の長い発光素子を得ることができる。

【0075】

また、本発明の発光素子は、第1の有機化合物の発光色と第3の有機化合物の発光色は同系色であるため、第1の有機化合物だけでなく、第3の有機化合物が発光しても、色純度の良い発光を得ることができる。

50

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0076】

(実施の形態2)

本実施の形態は、本発明に係る複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子（以下、積層型素子という）の態様について、図3を参照して説明する。この発光素子は、第1の電極と第2の電極との間に、複数の発光ユニットを有する積層型発光素子である。発光ユニットとしては、実施の形態1で示したEL層103と同様な構成を用いることができる。つまり、実施の形態1で示した発光素子は、1つの発光ユニットを有する発光素子であり、本実施の形態では、複数の発光ユニットを有する発光素子について説明する。

【0077】

10

図3において、第1の電極501と第2の電極502との間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されており、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512との間には電荷発生層513が設けられている。第1の電極501と第2の電極502は実施の形態1と同様なものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよく、その構成は実施の形態1と同様なものを適用することができる。

【0078】

20

電荷発生層513には、有機化合物と金属酸化物の複合材料が含まれている。この有機化合物と金属酸化物の複合材料は、実施の形態1で示した複合材料であり、有機化合物とバナジウム酸化物やモリブデン酸化物やタンゲステン酸化物等の金属酸化物を含む。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔輸送性有機化合物として正孔移動度が $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。

【0079】

30

なお、電荷発生層513は、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を組み合わせて形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせて形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせて形成してもよい。

【0080】

いずれにしても、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512に挟まれる電荷発生層513は、第1の電極501と第2の電極502に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。例えば、図3において、第1の電極の電位の方が第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層513は、第1の発光ユニット511に電子を注入し、第2の発光ユニット512に正孔を注入するものであればよい。

40

【0081】

本実施の形態では、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での長寿命素子を実現できる。また、照明を応用例とした場合は、電極材料の抵抗による電圧降下を小さくできるので、大面積での均一発光が可能となる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

【0082】

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにすることで、発光素子全体とし

50

て、所望の色の発光を得ることができる。例えば2つの発光ユニットを有する発光素子において、第1の発光ユニットの発光色と第2の発光ユニットの発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。

なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色を発光する物質から得られた光を混合すると、白色発光を得ることができる。また、3つの発光ユニットを有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第1の発光ユニットの発光色が赤色であり、第2の発光ユニットの発光色が緑色であり、第3の発光ユニットの発光色が青色である場合、発光素子全体としては、白色発光を得ることができる。

また、本実施の形態においても他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0083】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の発光素子を有する発光装置について説明する。

本実施の形態では、画素部に本発明の発光素子を有する発光装置について図4を用いて説明する。なお、図4(A)は、発光装置を示す上面図、図4(B)は図4(A)をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。点線で示された601は駆動回路部(ソース側駆動回路)、602は画素部、603は駆動回路部(ゲート側駆動回路)である。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0084】

なお、引き回し配線608はソース側駆動回路601及びゲート側駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0085】

次に、断面構造について図4(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

なお、ソース側駆動回路601はNチャネル型TFT623とPチャネル型TFT624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバ一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0086】

また、画素部602はスイッチング用TFT611と、電流制御用TFT612とそのドレインに電気的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

【0087】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2μm~3μm)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、光の照射によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光の照射によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【0088】

第1の電極613上には、EL層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。ここで、第1の電極613に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気

10

20

30

40

50

伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第1の電極を陽極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の大きい(仕事関数4.0eV以上)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。

【0089】

例えば、珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ膜、酸化インジウム-酸化亜鉛膜、窒化チタン膜、クロム膜、タンゲステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等の積層膜を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

10

【0090】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンドルコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1及び実施の形態2で示した発光層を有している。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、デンドリマーを含む)であっても良い。また、EL層に用いる材料としては、有機化合物だけでなく、無機化合物を用いてもよい。

【0091】

また、第2の電極617に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第2の電極を陰極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の小さい(仕事関数3.8eV以下)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLi)等が挙げられる。

20

【0092】

なお、EL層616で生じた光を第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜(酸化インジウム-酸化スズ(ITO)、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛(IZO)、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWO)等)との積層を用いることも可能である。

30

【0093】

また、シール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた空間607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、空間607には、充填材が充填されており、不活性気体(窒素やアルゴン等)が充填される場合の他、シール材605が充填される場合もある。

【0094】

さらに、シール材605にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

40

【0095】

以上のようにして、本発明の発光素子を有する発光装置を得ることができる。

その発光装置は、実施の形態1及び実施の形態2で示した発光素子を有する。そのため、寿命の長い本発明の発光素子を含むことによって、寿命の長い発光装置を得ることができる。また、色純度に優れた発光装置を得ることができる。

【0096】

以上のように、本実施の形態では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するア

50

クティプ型の発光装置について説明したが、この他、トランジスタ等の駆動用の素子を特に設けずに発光素子を駆動させるパッシブ型の発光装置であってもよい。図5には本発明を適用して作製したパッシブ型の発光装置の斜視図を示す。

【0097】

図5において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺)の方が上辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。また、パッシブ型の発光装置においても、寿命の長い本発明の発光素子を含むことによって、寿命の長い発光装置を得ることができる。また、色純度に優れた発光装置を得ることができる。

【0098】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態3に示す発光装置をその一部に含む本発明の電子機器について説明する。本発明の電子機器は、実施の形態1及び実施の形態2で示した発光素子を有する、寿命の長い表示部を有する。また、色純度に優れた発光素子を有するため、色再現性に優れた表示部を得ることができる。

【0099】

本発明の発光装置を用いて作製された電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置(カーオーディオ、オーディオコンポ等)、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等)、記録媒体を備えた画像再生装置(具体的にはDigital Versatile Disc(DVD)等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置)などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図6に示す。

【0100】

図6(A)は本発明に係るテレビ装置であり、筐体9101、支持台9102、表示部9103、スピーカー部9104、ビデオ入力端子9105等を含む。このテレビ装置において、表示部9103は、実施の形態1及び実施の形態2で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部9103も同様の特徴を有するため、このテレビ装置は寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうるテレビ装置を提供することができる。また、色純度に優れた発光素子を有するため、色再現性に優れた表示部を有するテレビ装置を得ることができる。

【0101】

図6(B)は本発明に係るコンピュータであり、本体9201、筐体9202、表示部9203、キーボード9204、外部接続ポート9205、ポインティングマウス9206等を含む。このコンピュータにおいて、表示部9203は、実施の形態1及び実施の形態2で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部9203も同様の特徴を有するため、このコンピュータは寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうるコンピュータを提供することができる。また、色純度に優れた発光素子を有するため、色再現性に優れた表示部を有するコンピュータを得ることができる。

【0102】

図6(C)は本発明に係る携帯電話であり、本体9401、筐体9402、表示部9403、音声入力部9404、音声出力部9405、操作キー9406、外部接続ポート9407、アンテナ9408等を含む。この携帯電話において、表示部9403は、実施の

10

20

30

40

50

形態 1 及び実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9403 も同様の特徴を有するため、この携帯電話は寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうる携帯電話を提供することができる。また、色純度に優れた発光素子を有するため、色再現性に優れた表示部を有する携帯電話を得ることができる。

【0103】

図 6 (D) は本発明に係るカメラであり、本体 9501、表示部 9502、筐体 9503、外部接続ポート 9504、リモコン受信部 9505、受像部 9506、バッテリー 9507、音声入力部 9508、操作キー 9509、接眼部 9510 等を含む。このカメラにおいて、表示部 9502 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9502 も同様の特徴を有するため、このカメラは寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうるカメラを提供することができる。また、色純度に優れた発光素子を有するため、色再現性に優れた表示部を有するカメラを得ることができる。

【0104】

以上の様に、本発明の発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。本発明の発光装置を用いることにより、長時間の使用に耐えうる、寿命の長い表示部を有する電子機器を提供することが可能となる。また、色再現性に優れた表示部を有する電子機器を得ることができる。

【0105】

また、本発明の発光装置は、照明装置として用いることもできる。本発明の発光素子を照明装置として用いる一様を、図 7 を用いて説明する。

図 7 は、本発明の発光装置をバックライトとして用いた液晶表示装置の一例である。図 7 に示した液晶表示装置は、筐体 901、液晶層 902、バックライト 903、筐体 904 を有し、液晶層 902 は、ドライバ IC 905 と接続されている。また、バックライト 903 には、本発明の発光装置が用いられており、端子 906 により、電流が供給されている。

【0106】

本発明の発光装置を液晶表示装置のバックライトとして用いることにより、寿命の長いバックライトが得られる。また、本発明の発光装置は、面発光の照明装置であり大面積化も可能であるため、バックライトの大面積化が可能であり、液晶表示装置の大面積化も可能になる。さらに、本発明の発光装置は薄型で低消費電力であるため、表示装置の薄型化、低消費電力化も可能となる。

【0107】

図 8 は、本発明を適用した発光装置を、照明装置である電気スタンドとして用いた例である。図 8 に示す電気スタンドは、筐体 2001 と、光源 2002 を有し、光源 2002 として、本発明の発光装置が用いられている。本発明の発光装置は長寿命であるため、電気スタンドも長寿命となる。

【0108】

図 9 は、本発明を適用した発光装置を、室内の照明装置 3001 として用いた例である。本発明の発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、本発明の発光装置は、長寿命であるため、長寿命の照明装置として用いることが可能となる。このように、本発明を適用した発光装置を、室内の照明装置 3001 として用いた部屋に、図 6 (A) で説明したような、本発明に係るテレビ装置 3002 を設置して公共放送や映画を鑑賞することができる。このような場合、両装置は長寿命であるので、照明装置やテレビ装置の買い換え回数を減らすことができ、環境への負荷を低減することができる。

【実施例 1】

10

20

30

40

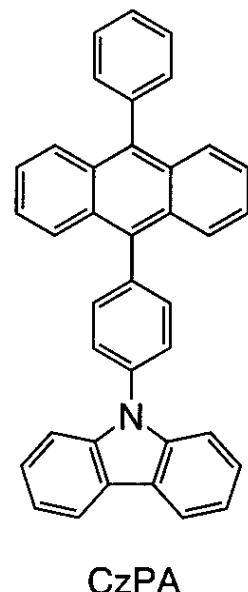
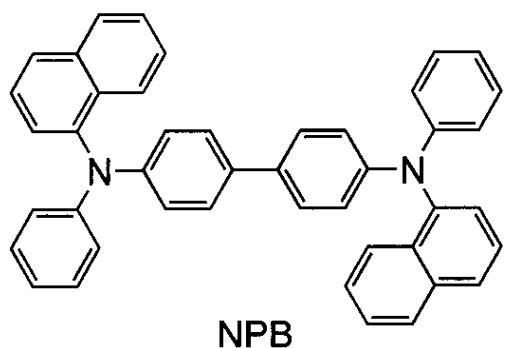
50

【0109】

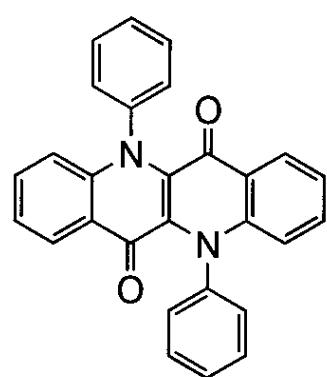
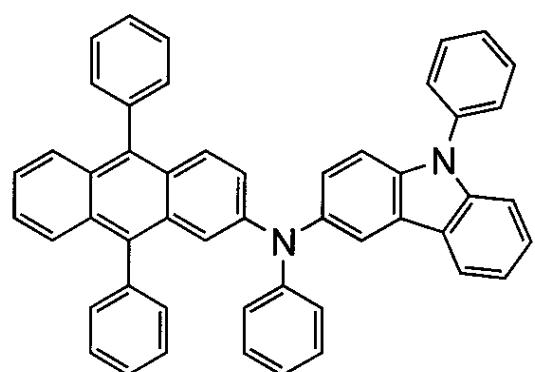
本実施例では、本発明の発光素子について具体的に図10を用いて説明する。本実施例で用いる有機化合物の構造式を以下に示す。

【0110】

【化1】

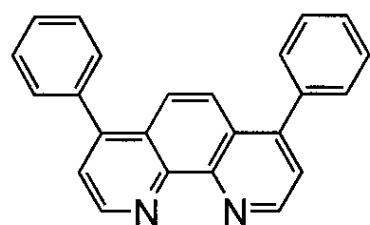
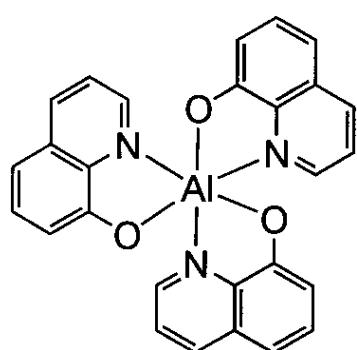


10



20

30



40

【0111】

50

(発光素子1)

まず、ガラス基板2101上に、酸化珪素を含む酸化インジウム-酸化スズをスパッタリング法にて成膜し、第1の電極2102を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0112】

次に、第1の電極2102が形成された面が下方となるように、第1の電極2102が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、10⁻⁴Pa程度まで減圧した後、第1の電極2102上に、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)と酸化モリブデン(VI)とを共蒸着することにより、複合材料を含む層2103を形成した。その膜厚は50nmとし、NPBと酸化モリブデン(VI)の比率は、重量比で4:1=(NPB:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源を用いて同時に蒸着を行う蒸着法である。

続いて、抵抗加熱を用いた蒸着法により、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)を10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層2104を形成した。

【0113】

次に、正孔輸送層2104上に、発光層2105を形成した。まず、正孔輸送層2104上に、第1の有機化合物である9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzPA)と、第2の有機化合物であるN-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPA)とを共蒸着することにより、第1の発光層2121を30nmの膜厚で形成した。ここで、CzPAと2PCAPAとの重量比は、1:0.05(=CzPA:2PCAPA)となるように調節した。

【0114】

さらに、第1の層2121上に、第4の有機化合物であるトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:A1q)と、第3の有機化合物であるN,N'-ジフェニルキナクリドン(略称:DPAQd)とを共蒸着することにより、第2の層2122を10nmの膜厚で形成した。ここで、A1qとDPAQdとの重量比は、1:0.005(=A1q:DPAQd)となるように調節した。

【0115】

続いて、抵抗加熱による蒸着法を用いて、発光層2105上にバソフェナントロリン(略称:BPhen)を30nmの膜厚となるように成膜し、電子輸送層2106を形成し、その後電子輸送層2106上に、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように成膜することにより、電子注入層2107を形成した。

最後に、抵抗加熱による蒸着法を用い、アルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極2108を形成し、発光素子1を作製した。

【0116】

(比較発光素子2)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含む酸化インジウム-酸化スズをスパッタリング法にて成膜し、第1の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0117】

次に、第1の電極が形成された面が下方となるように、第1の電極が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、10⁻⁴Pa程度まで減圧した後、第1の電極上に、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)と酸化モリブデン(VI)とを共蒸着することにより、複合材料を含む層を形成した。その膜厚は50nmとし、NPBと酸化モリブデン(VI)の比率は、重量比で4:1=(NPB:酸化モリブデン)となるように調節した。

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-

10

20

30

40

50

-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)を10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0118】

次に、正孔輸送層上に、発光層を形成した。9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzPA)とN-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPA)とを共蒸着することにより、発光層を40nmの膜厚で形成した。ここで、CzPAと2PCAPAとの重量比は、1:0.05(=CzPA:2PCAPA)となるように調節した。

【0119】

その後抵抗加熱による蒸着法を用いて、発光層上にバソフェナントロリン(略称:BPhen)を30nmの膜厚となるように成膜し、電子輸送層を形成した。

その電子輸送層上に、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように成膜することにより、電子注入層を形成した。

最後に、抵抗加熱による蒸着法を用い、アルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子2を作製した。

【0120】

発光素子1の電流密度-輝度特性を図11に示す。また、電圧-輝度特性を図12に示す。また、輝度-電流効率特性を図13に示す。また、1mAの電流を流したときの発光スペクトルを図14に示す。

発光素子1は、輝度3000cd/m²のときのCIE色度座標は(x=0.29, y=0.62)であり、緑色の発光を示した。また、輝度3000cd/m²のときの電流効率は10.7cd/Aであり、電圧は5.8V、電流密度は、29.4mA/cm²であった。

【0121】

また、発光素子1に関し、初期輝度を3000cd/m²として、定電流駆動による連続点灯試験を行ったところ、640時間後でも初期輝度の89%の輝度を保っており、長寿命な発光素子であることがわかった。一方、比較発光素子2に関し、同様に初期輝度を3000cd/m²とした連続点灯試験を行ったところ、640時間後では輝度が初期輝度の76%にまで低下しており、発光素子1よりも寿命が短かった。

よって、本発明を適用することにより、長寿命な発光素子が得られることがわかった。

【実施例2】

【0122】

(発光素子3)

本実施例2では、本発明の発光素子について図10を用いて具体的に説明する。

まず、ガラス基板2101上に、酸化珪素を含む酸化インジウム-酸化スズをスパッタリング法にて成膜し、第1の電極2102を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0123】

次に、第1の電極2102が形成された面が下方となるように、第1の電極2102が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、10⁻⁴Pa程度まで減圧した後、第1の電極2102上に、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)と酸化モリブデン(VI)とを共蒸着することにより、複合材料を含む層2103を形成した。その膜厚は50nmとし、NPBと酸化モリブデン(VI)の比率は、重量比で4:1=(NPB:酸化モリブデン)となるように調節した。

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)を10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層2104を形成した。

【0124】

10

20

30

40

50

次に、正孔輸送層 2104 上に、発光層 2105 を形成した。まず、正孔輸送層 2104 上に、第2の有機化合物である 9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CZPA)と、第1の有機化合物である N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)とを共蒸着することにより、第1の発光層 2121 を 30 nm の膜厚で形成した。ここで、CZPA と 2PCAPA との重量比は、1:0.05 (= CZPA : 2PCAPA) となるように調節した。

【0125】

さらに、第1の層 2121 上に、第4の有機化合物であるトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Alq)と、第3の有機化合物である N,N'-ジフェニルキナクリドン(略称: DPQd)とを共蒸着することにより、第2の層 2122 を 10 nm の膜厚で形成した。ここで、Alq と DPQd との重量比は、1:0.005 (= Alq : DPQd) となるように調節した。

【0126】

その後抵抗加熱による蒸着法を用いて、発光層 2105 上に Alq を 30 nm の膜厚となるように成膜し、電子輸送層 2106 を形成した。

さらに、電子輸送層 2106 上に、フッ化リチウム(LiF)を 1 nm の膜厚となるように成膜することにより、電子注入層 2107 を形成した。

最後に、抵抗加熱による蒸着法を用い、アルミニウムを 200 nm の膜厚となるように成膜することにより、第2の電極 2108 を形成し、発光素子 3 を作製した。

【0127】

(比較発光素子 4)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含む酸化インジウム-酸化スズをスパッタリング法にて成膜し、第1の電極を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

続いて、第1の電極が形成された面が下方となるように、第1の電極が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、10⁻⁴ Pa 程度まで減圧した後、第1の電極上に、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPB)と酸化モリブデン(VI)とを共蒸着することにより、複合材料を含む層を形成した。その膜厚は 50 nm とし、NPB と酸化モリブデン(VI)の比率は、重量比で 4:1 (= NPB : 酸化モリブデン) となるように調節した。

【0128】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPB)を 10 nm の膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

続いて、正孔輸送層上に、発光層を形成した。9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CZPA)と N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)とを共蒸着することにより、発光層を 40 nm の膜厚で形成した。ここで、CZPA と 2PCAPA との重量比は、1:0.05 (= CZPA : 2PCAPA) となるように調節した。

【0129】

その後抵抗加熱による蒸着法を用いて、発光層上に Alq を 30 nm の膜厚となるように成膜し、電子輸送層を形成した。

さらに、電子輸送層上に、フッ化リチウム(LiF)を 1 nm の膜厚となるように成膜することにより、電子注入層を形成した。

最後に、抵抗加熱による蒸着法を用い、アルミニウムを 200 nm の膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子 4 を作製した。

【0130】

発光素子 3 の電流密度-輝度特性を図 15 に示す。また、電圧-輝度特性を図 16 に示

10

20

30

40

50

す。また、輝度 - 電流効率特性を図 17 に示す。また、1 mA の電流を流したときの発光スペクトルを図 18 に示す。

発光素子 3 は、輝度 3000 cd/m^2 のときの CIE 色度座標は ($x = 0.29$, $y = 0.62$) であり、緑色の発光を示した。また、輝度 3000 cd/m^2 のときの電流効率は 11.0 cd/A であり、電圧は 8.0 V 、電流密度は、 28.3 mA/cm^2 であった。

【0131】

また、発光素子 3 に関し、初期輝度を 3000 cd/m^2 として、定電流駆動による連続点灯試験を行ったところ、640 時間後でも初期輝度の 90 % の輝度を保っており、長寿命な発光素子であることがわかった。一方、比較発光素子 4 に関し、同様に初期輝度を 3000 cd/m^2 とした連続点灯試験を行ったところ、470 時間後には初期輝度の 88 % にまで輝度が低下しており、発光素子 3 よりも寿命が短かった。

よって、本発明を適用することにより、長寿命な発光素子が得られることがわかった。

【実施例 3】

【0132】

本実施例では、実施例 1 および実施例 2 で作製した発光素子 1 および発光素子 3 における第 2 の層に用いた、トリス (8-キノリノラト) アルミニウム (III) (略称 : Alq) と、N, N' -ジフェニルキナクリドン (略称 : DPQd) の還元反応特性について、サイクリックボルタンメトリ (CV) 測定によって調べた。また、その測定から、Alq および DPQd の LUMO 準位を求めた。なお測定には、電気化学アナライザー (ビー・エー・エス (株) 製、型番 : ALS モデル 600A) を用いた。

【0133】

CV 測定における溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド (DMF) ((株)アルドリッヂ製、99.8%、カタログ番号 ; 22705-6) を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ- n -ブチルアンモニウム (n -Bu₄NClO₄) ((株)東京化成製、カタログ番号 ; T0836) を 100 mmol/L の濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を 1 mmol/L の濃度となるように溶解させて調製した。また、作用電極としては白金電極 (ビー・エー・エス (株) 製、PTE 白金電極) を、補助電極としては白金電極 (ビー・エー・エス (株) 製、VC-3 用 Pt カウンター電極 (5 cm)) を、参照電極としては Ag / Ag⁺電極 (ビー・エー・エス (株) 製、RE5 非水溶媒系参照電極) をそれぞれ用いた。なお、測定は室温 (20 ~ 25) で行った。

【0134】

(参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーの算出)

まず、本実施例 3 で用いる参照電極 (Ag / Ag⁺電極) の真空準位に対するポテンシャルエネルギー (eV) を算出した。つまり、Ag / Ag⁺電極のフェルミ準位を算出した。メタノール中におけるフェロセンの酸化還元電位は、標準水素電極に対して $+0.610 \text{ [V vs. SHE]}$ であることが知られている (参考文献 ; Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, 83-96, 2002)。一方、本実施例 3 で用いる参照電極を用いて、メタノール中におけるフェロセンの酸化還元電位を求めたところ、 $+0.20 \text{ V [vs. Ag / Ag⁺]}$ であった。したがって、本実施例 3 で用いる参照電極のポテンシャルエネルギーは、標準水素電極に対して 0.41 [eV] 低くなっていることがわかった。

【0135】

ここで、標準水素電極の真空準位からのポテンシャルエネルギーは -4.44 eV であることが知られている (参考文献 ; 大西敏博・小山珠美著、高分子EL材料 (共立出版) 、p. 64-67)。以上のことから、本実施例 3 で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、 $-4.44 - 0.41 = -4.85 \text{ [eV]}$ であると算出できた。

【0136】

(測定例 1 ; Alq)

10

20

30

40

50

本測定例1では、Alqの還元反応特性について、サイクリックボルタントリ(CV)測定によって調べた。スキャン速度は0.1V/secとした。測定結果を図19に示す。なお、還元反応特性の測定は、参照電極に対する作用電極の電位を-0.69Vから-2.40Vまで走査した後、-2.40Vから-0.69Vまで走査することにより行った。

【0137】

図19に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は-2.20V、酸化ピーク電位 E_{pa} は-2.12Vと読み取ることができる。したがって、半波電位(E_{pc} と E_{pa} の中間の電位)は-2.16Vと算出できる。このことは、Alqは-2.16[V vs. Ag/Ag⁺]の電気エネルギーにより還元されることを示しており、このエネルギーはLUMO準位に相当する。ここで、上述した通り、本実施例3で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、-4.85[eV]であるため、AlqのLUMO準位は、-4.85 - (-2.16) = -2.69[eV]であることがわかった。

10

【0138】

(測定例2; DPQd)

本測定例2では、DPQdの還元反応特性について、サイクリックボルタントリ(CV)測定によって調べた。スキャン速度は0.1V/secとした。測定結果を図20に示す。なお、還元反応特性の測定は、参照電極に対する作用電極の電位を-0.40Vから-2.10Vまで走査した後、-2.10Vから-0.40Vまで走査することにより行った。また、DPQdは溶解性が悪く、1mmol/Lの濃度となるように溶液を調製しようとしても溶け残りが生じたため、溶け残りが沈殿した状態で上澄み液を採取し、測定に使用した。

20

【0139】

図20に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は-1.69V、酸化ピーク電位 E_{pa} は-1.63Vと読み取ることができる。したがって、半波電位(E_{pc} と E_{pa} の中間の電位)は-1.66Vと算出できる。このことは、DPQdは-1.66[V vs. Ag/Ag⁺]の電気エネルギーにより還元されることを示しており、このエネルギーはLUMO準位に相当する。ここで、上述した通り、本実施例3で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、-4.85[eV]であるため、DPQdのLUMO準位は、-4.85 - (-1.66) = -3.19[eV]であることがわかった。

30

【0140】

なお、上述のようにして求めたAlqとDPQdのLUMO準位を比較すると、DPQdのLUMO準位はAlqよりも0.50[eV]も低いことがわかる。このことは、DPQdをAlq中に添加することにより、DPQdが電子トラップとして作用することを意味する。したがって、本発明の発光素子の第2の層において、第3の有機化合物としてDPQdを、第4の有機化合物としてAlqを用いた実施例1および実施例2の素子構造は、本発明に好適な構造である。

【図面の簡単な説明】

【0141】

- 【図1】本発明の発光素子を説明する図。
- 【図2】本発明の発光素子を説明する図。
- 【図3】本発明の発光素子を説明する図。
- 【図4】本発明の発光装置を説明する図。
- 【図5】本発明の発光装置を説明する図。
- 【図6】本発明の電子機器を説明する図。
- 【図7】本発明の電子機器を説明する図。
- 【図8】本発明の照明装置を説明する図。
- 【図9】本発明の照明装置を説明する図。
- 【図10】実施例の発光素子を説明する図。

40

- 【図11】実施例1で作製した発光素子の電流密度・輝度特性を示す図。

50

【図12】実施例1で作製した発光素子の電圧-輝度特性を示す図。

【図13】実施例1で作製した発光素子の輝度-電流効率特性を示す図。

【図14】実施例1で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図15】実施例2で作製した発光素子の電流密度-輝度特性を示す図。

【図16】実施例2で作製した発光素子の電圧-輝度特性を示す図。

【図17】実施例2で作製した発光素子の輝度-電流効率特性を示す図。

【図18】実施例2で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図19】Alqの還元反応特性を示す図。

【図20】DPQdの還元反応特性を示す図。

【図21】本発明の発光素子を説明する図。

10

【符号の説明】

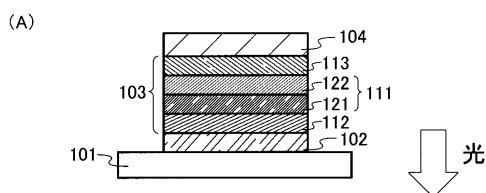
【0142】

101	基板	
102	第1の電極	
103	EL層	
104	第2の電極	
111	発光層	
112	正孔輸送層	20
113	電子輸送層	
121	第1の層	
122	第2の層	
301	基板	
302	第1の電極	
303	EL層	
304	第2の電極	
311	発光層	
312	正孔輸送層	
313	電子輸送層	
321	第1の層	30
322	第2の層	
501	第1の電極	
502	第2の電極	
511	第1の発光ユニット	
512	第2の発光ユニット	
513	電荷発生層	
601	ソース側駆動回路	
602	画素部	
603	ゲート側駆動回路	
604	封止基板	
605	シール材	40
607	空間	
608	引き回し配線	
609	FPC(フレキシブルプリントサーキット)	
610	素子基板	
611	スイッチング用TFT	
612	電流制御用TFT	
613	第1の電極	
614	絶縁物	
616	EL層	
617	第2の電極	50

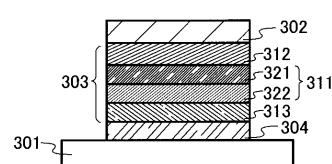
6 1 8	発光素子	
6 2 3	N チャネル型 TFT	
6 2 4	P チャネル型 TFT	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライト	
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	10
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	EL 層	
9 5 6	電極	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
2 1 0 1	ガラス基板	
2 1 0 2	第 1 の電極	
2 1 0 3	複合材料を含む層	20
2 1 0 4	正孔輸送層	
2 1 0 5	発光層	
2 1 0 6	電子輸送層	
2 1 0 7	電子注入層	
2 1 0 8	第 2 の電極	
2 1 2 1	第 1 の発光層	
2 1 2 2	第 2 の発光層	
3 0 0 1	照明装置	
3 0 0 2	テレビ装置	
9 1 0 1	筐体	30
9 1 0 2	支持台	
9 1 0 3	表示部	
9 1 0 4	スピーカー部	
9 1 0 5	ビデオ入力端子	
9 2 0 1	本体	
9 2 0 2	筐体	
9 2 0 3	表示部	
9 2 0 4	キーボード	
9 2 0 5	外部接続ポート	
9 2 0 6	ポインティングマウス	40
9 4 0 1	本体	
9 4 0 2	筐体	
9 4 0 3	表示部	
9 4 0 4	音声入力部	
9 4 0 5	音声出力部	
9 4 0 6	操作キー	
9 4 0 7	外部接続ポート	
9 4 0 8	アンテナ	
9 5 0 1	本体	
9 5 0 2	表示部	50

9 5 0 3	筐体
9 5 0 4	外部接続ポート
9 5 0 5	リモコン受信部
9 5 0 6	受像部
9 5 0 7	バッテリー
9 5 0 8	音声入力部
9 5 0 9	操作キー
9 5 1 0	接眼部

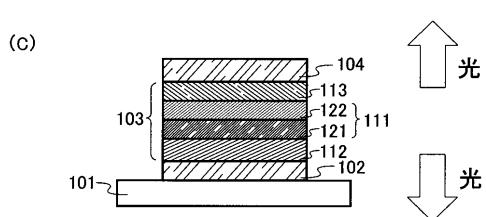
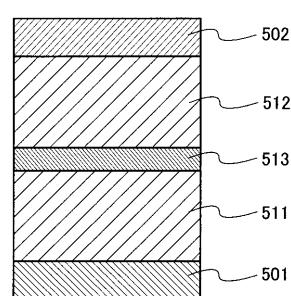
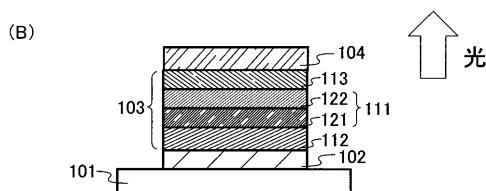
【図1】



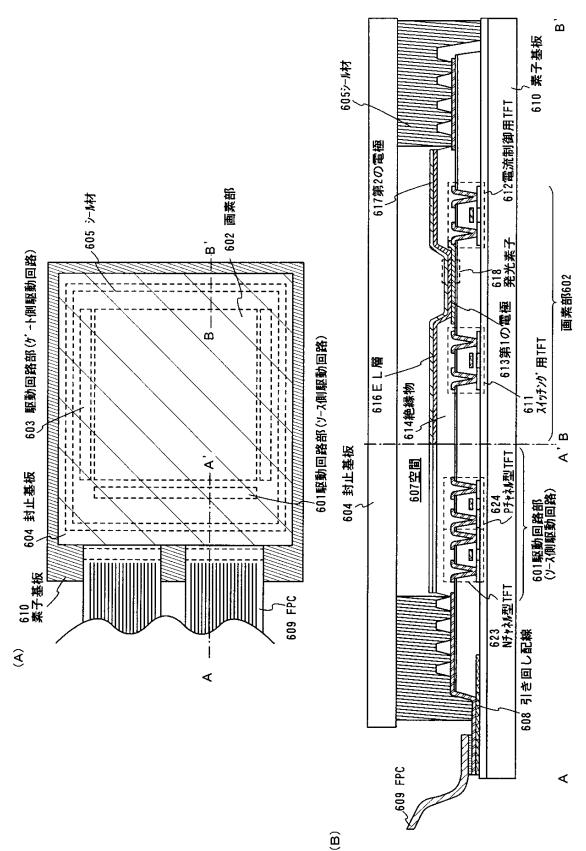
【図2】



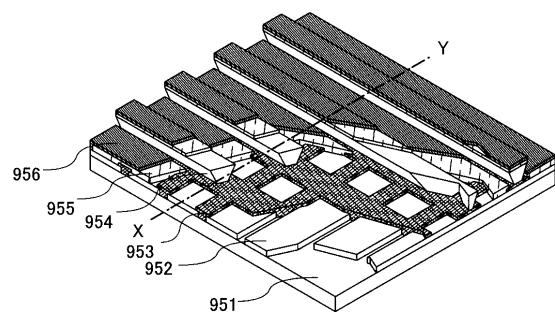
【図3】



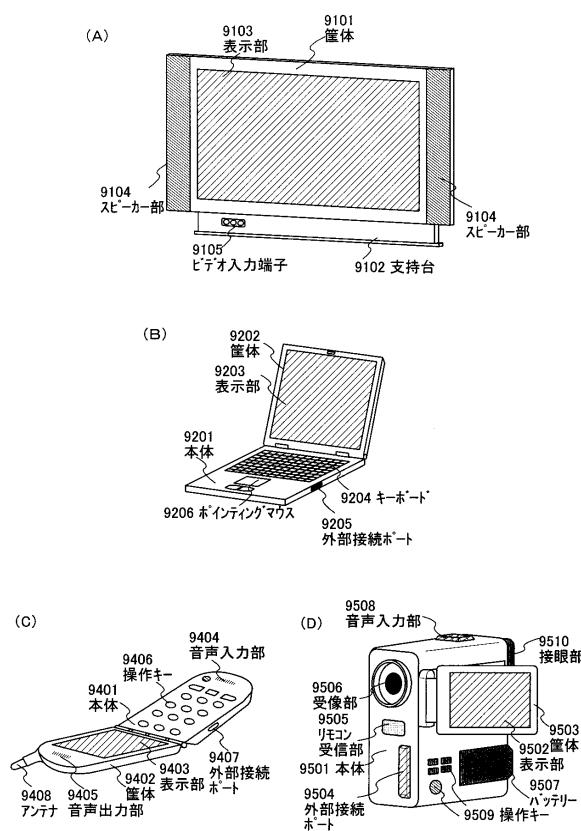
【図4】



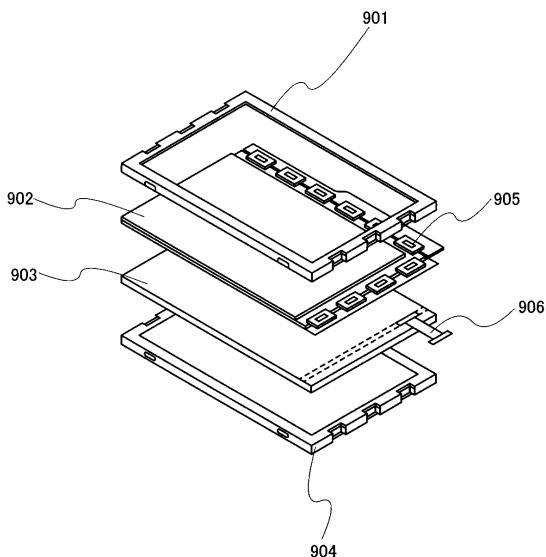
【図5】



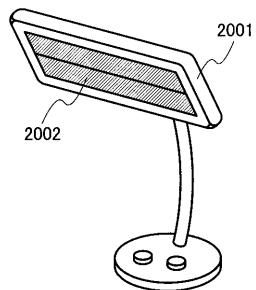
【図6】



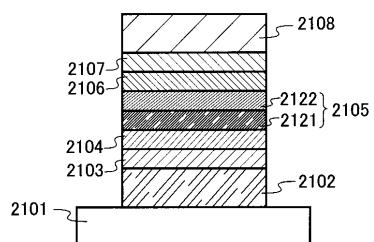
【図7】



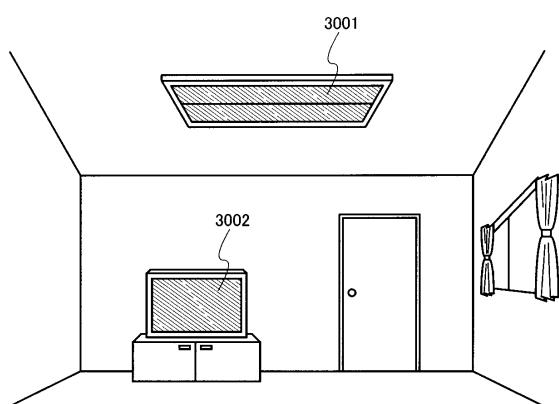
【図 8】



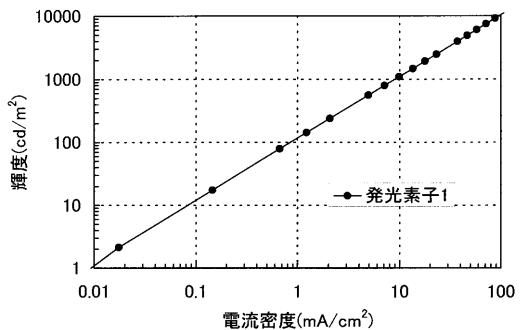
【図 10】



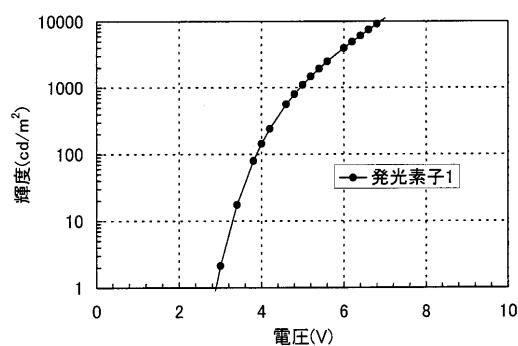
【図 9】



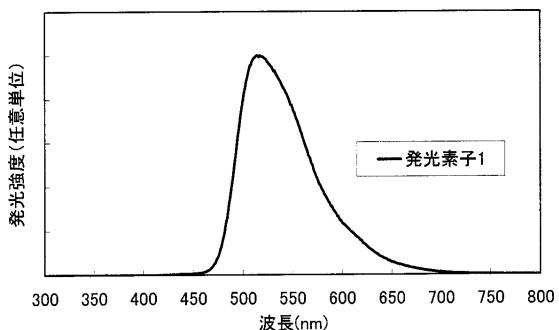
【図 11】



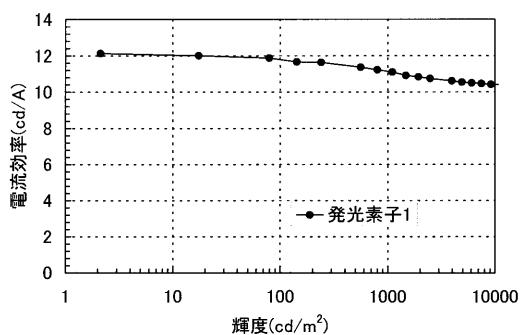
【図 12】



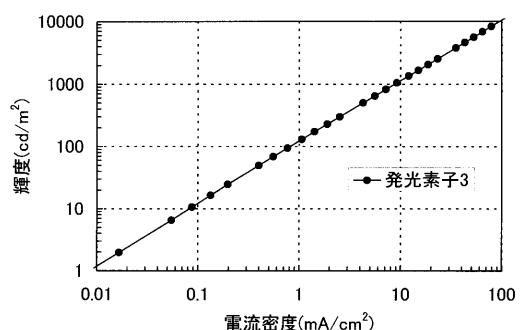
【図 14】



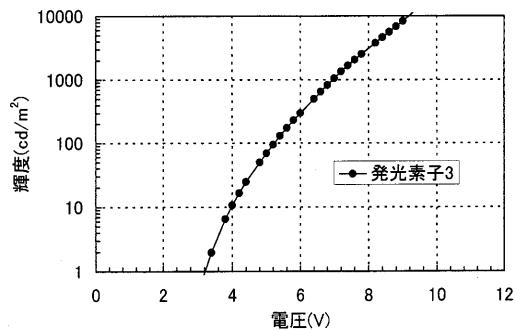
【図 13】



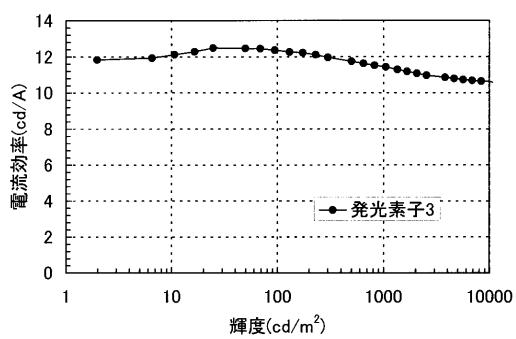
【図 15】



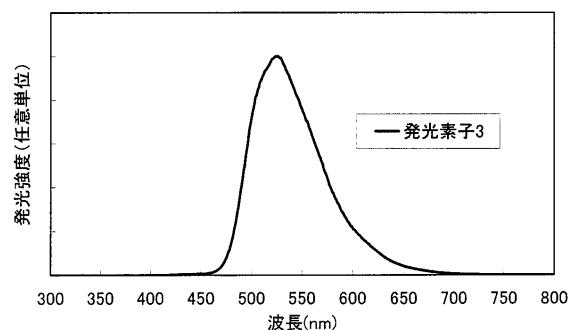
【図16】



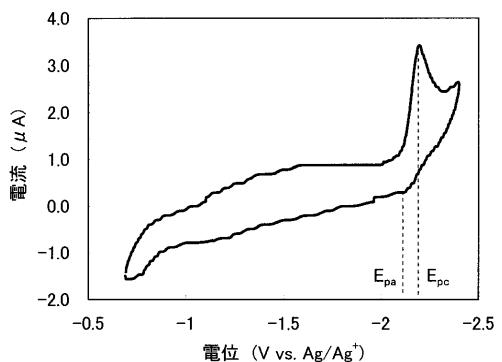
【図17】



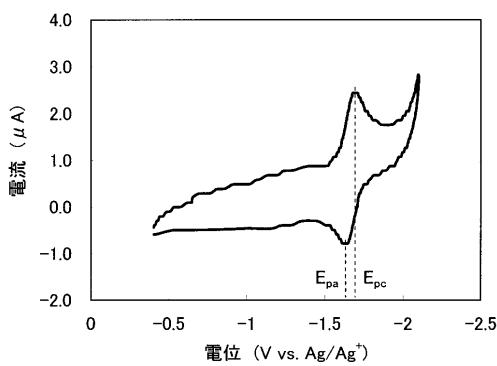
【図18】



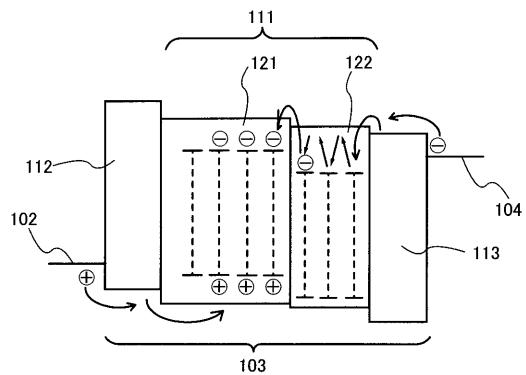
【図19】



【 図 2 0 】



【図21】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-038763(JP,A)
特開2006-066890(JP,A)
特開2000-68057(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/50-51/56
H01L 27/32
H05B 33/00-33/28