

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5530608号
(P5530608)

(45) 発行日 平成26年6月25日 (2014. 6. 25)

(24) 登録日 平成26年4月25日 (2014. 4. 25)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/22

B

H O 5 B 33/14

A

H O 5 B 33/22

D

請求項の数 7 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2008-226584 (P2008-226584)
 (22) 出願日 平成20年9月4日 (2008. 9. 4)
 (65) 公開番号 特開2009-88491 (P2009-88491A)
 (43) 公開日 平成21年4月23日 (2009. 4. 23)
 審査請求日 平成23年7月4日 (2011. 7. 4)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-237910 (P2007-237910)
 (32) 優先日 平成19年9月13日 (2007. 9. 13)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

前置審査

(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 3 9 8 番地
 (72) 発明者 鈴木 恒徳
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 下垣 智子
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 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 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

審査官 本田 博幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子および発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と陰極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、
 前記第 1 の層は、前記発光層と前記陽極との間に設けられており、
 前記第 2 の層は、前記発光層と前記陰極との間に設けられており、
 前記第 1 の層は、正孔輸送性の第 1 の有機化合物と、前記第 1 の有機化合物の正孔輸送性を低下させる第 2 の有機化合物とを含み、
 前記第 2 の有機化合物は、前記第 1 の有機化合物中に分散されており、
 前記第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、前記第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、
 前記第 4 の有機化合物は、前記第 3 の有機化合物中に分散されており、
前記第 4 の有機化合物は、正孔輸送性であり、
前記第 3 の有機化合物の最低空軌道準位と前記第 4 の有機化合物の最低空軌道準位との差は 0 . 3 e V より小さいことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記第 3 の有機化合物は、金属錯体であり、
 前記第 4 の有機化合物は、芳香族アミンであることを特徴とする発光素子。

【請求項 3】

陽極と陰極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、

前記第 1 の層は、前記発光層と前記陽極との間に設けられており、
前記第 2 の層は、前記発光層と前記陰極との間に設けられており、
前記第 1 の層は、正孔輸送性の第 1 の有機化合物と、前記第 1 の有機化合物の正孔輸送性を低下させる第 2 の有機化合物とを含み、
前記第 2 の有機化合物は、前記第 1 の有機化合物中に分散されており、
前記第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、前記第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、
前記第 4 の有機化合物は、前記第 3 の有機化合物中に分散されており、
前記第 4 の有機化合物は、電子トラップ性であり、
前記発光層に含まれる発光材料は第 1 の燐光性化合物であり、
前記第 4 の有機化合物は第 2 の燐光性化合物であることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 4】

陽極と陰極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、
前記第 1 の層は、前記発光層と前記陽極との間に設けられており、
前記第 2 の層は、前記発光層と前記陰極との間に設けられており、
前記第 1 の層は、正孔輸送性の第 1 の有機化合物と、前記第 1 の有機化合物の正孔輸送性を低下させる第 2 の有機化合物とを含み、
前記第 2 の有機化合物は、前記第 1 の有機化合物中に分散されており、
前記第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、前記第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、
前記第 4 の有機化合物は、前記第 3 の有機化合物中に分散されており、
前記第 4 の有機化合物は、前記第 3 の有機化合物の最低空軌道準位より 0 . 3 e V 以上低い最低空軌道準位を有し、
前記発光層に含まれる発光材料は第 1 の燐光性化合物であり、
前記第 4 の有機化合物は第 2 の燐光性化合物であることを特徴とする発光素子。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、
前記第 1 の層における前記第 2 の有機化合物の濃度は、1 重量 % 以上 20 重量 % 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、
前記第 2 の有機化合物は、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントリリン誘導体のいずれかであることを特徴とする発光素子。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の発光素子を有する発光装置。

【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。

40

【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。

【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

50

も大きな利点である。また、非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

また、これらの発光素子は膜状に形成することが可能であるため、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。

【0005】

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きく分けられる。

【0006】

発光性の物質が有機化合物である場合、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、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。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。

【0007】

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。

【0008】

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。

【0009】

例えば、非特許文献1では、正孔ブロック層を設けることにより、燐光材料を用いた発光素子を効率良く発光させている。

【非特許文献1】テツオ ツツイ、外8名、ジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジックス、vol. 38、L1502-L1504(1999)。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、非特許文献1に記載されているように正孔ブロック層は耐久性がなく、発光素子の寿命は短く、そのため発光素子のさらなる長寿命化が望まれている。

【0011】

以上のようなことから、本発明は寿命の長い発光素子を提供することを課題とする。また、寿命の長い発光装置および電子機器を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、キャリアの移動を制御する層を設けることで、発光効率の高い発光素子が得られることを見出した。また、寿命の長い発光素子が得られることを見いだした。

【0013】

よって、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層と第1の層と第2の層を有し、第1の層は、発光層と第1の電極との間に設けられており、第2の層は、発光層と第2の電極との間に設けられており、第1の層は、正孔輸送性の第1の有機化合物と、該第1の有機化合物の正孔輸送性を低下させる第2の有機化合物とを含み、該第2の有機化合物は、該第1の有機化合物中に分散されており、第2の層は、電子輸送性の第3の有機化合物と、該第3の有機化合物の電子輸送性を低下させる第4の有機化合物とを含み、該第4の有機化合物は、該第3の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

また、本発明の一は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層を有し、第 1 の層は、発光層と第 1 の電極との間に設けられており、第 2 の層は、発光層と第 2 の電極との間に設けられており、第 1 の層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、第 1 の有機化合物は、第 2 の有機化合物よりも多く含まれており、第 1 の有機化合物は、正孔輸送性であり、第 2 の有機化合物は、正孔が注入されない物質であり、かつ、第 1 の有機化合物の正孔輸送性を下げる物質であり、第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、該第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、該第 4 の有機化合物は、該第 3 の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

10

【 0 0 1 5 】

また、本発明の一は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層を有し、第 1 の層は、発光層と第 1 の電極との間に設けられており、第 2 の層は、発光層と第 2 の電極との間に設けられており、第 1 の層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、第 1 の有機化合物は、第 2 の有機化合物よりも多く含まれており、第 1 の有機化合物は、正孔輸送性であり、第 2 の有機化合物は、双極子モーメントが 2 . 0 デバイ以上の正孔ブロック材料であり、第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、該第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、該第 4 の有機化合物は、該第 3 の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

20

【 0 0 1 6 】

また、本発明の一は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層を有し、第 1 の層は、発光層と第 1 の電極との間に設けられており、第 2 の層は、発光層と第 2 の電極との間に設けられており、第 1 の層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、第 1 の有機化合物は、第 2 の有機化合物よりも多く含まれており、第 1 の有機化合物は、正孔輸送性であり、第 2 の有機化合物のイオン化ポテンシャルと、第 1 の有機化合物のイオン化ポテンシャルとの差は、0 . 5 e V 以上であり、かつ、第 2 の有機化合物の双極子モーメントは 2 . 0 デバイ以上であり、第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、該第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、該第 4 の有機化合物は、該第 3 の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

30

【 0 0 1 7 】

また、本発明の一は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層を有し、第 1 の層は、発光層と第 1 の電極との間に設けられており、第 2 の層は、発光層と第 2 の電極との間に設けられており、第 1 の層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、第 1 の有機化合物は、第 2 の有機化合物よりも多く含まれており、第 1 の有機化合物は、正孔輸送性であり、第 2 の有機化合物のイオン化ポテンシャルは 5 . 8 e V 以上であり、かつ、第 2 の有機化合物の双極子モーメントは 2 . 0 デバイ以上であり、第 2 の層は、電子輸送性の第 3 の有機化合物と、該第 3 の有機化合物の電子輸送性を低下させる第 4 の有機化合物とを含み、該第 4 の有機化合物は、該第 3 の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

40

【 0 0 1 8 】

また、本発明の一は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層と第 1 の層と第 2 の層を有し、第 1 の層は、発光層と第 1 の電極との間に設けられており、第 2 の層は、発光層と第 2 の電極との間に設けられており、第 1 の層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物

50

物とを含み、第1の有機化合物は、第2の有機化合物よりも多く含まれており、第1の有機化合物は、正孔輸送性であり、第2の有機化合物のイオン化ポテンシャルと、第1の有機化合物のイオン化ポテンシャルとの差は、 0.5 eV 以上であり、かつ、第2の有機化合物は複素環を有する分子構造であり、第2の層は、電子輸送性の第3の有機化合物と、該第3の有機化合物の電子輸送性を低下させる第4の有機化合物とを含み、該第4の有機化合物は、該第3の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

【0019】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層と第1の層と第2の層を有し、第1の層は、発光層と第1の電極との間に設けられており、第2の層は、発光層と第2の電極との間に設けられており、第1の層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、第1の有機化合物は、第2の有機化合物よりも多く含まれており、第1の有機化合物は、正孔輸送性であり、第2の有機化合物のイオン化ポテンシャルは 5.8 eV 以上であり、かつ、第2の有機化合物は複素環を有する分子構造であり、第2の層は、電子輸送性の第3の有機化合物と、該第3の有機化合物の電子輸送性を低下させる第4の有機化合物とを含み、該第4の有機化合物は、該第3の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

10

20

【0020】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層と第1の層と第2の層を有し、第1の層は、発光層と第1の電極との間に設けられており、第2の層は、発光層と第2の電極との間に設けられており、第1の層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、第1の有機化合物は、第2の有機化合物よりも多く含まれており、第1の有機化合物は、正孔輸送性であり、第2の有機化合物は、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のいずれかであり、第2の層は、電子輸送性の第3の有機化合物と、該第3の有機化合物の電子輸送性を低下させる第4の有機化合物とを含み、該第4の有機化合物は、該第3の有機化合物中に分散されており、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、発光層からの発光が得られることを特徴とする発光素子。

30

【0021】

上記構成において、第2の有機化合物は、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、3-(4-ピフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール、パソキュプロインのいずれかであることが好ましい。

【0022】

また、上記構成において、第1の層における第2の有機化合物の濃度は、1重量%以上20重量%以下であることが好ましい。

【0023】

また、上記構成において、第1の層と発光層との間に層が設けられており、かつ、第1の層と第1の電極との間に層が設けられていることが好ましい。

40

【0024】

また、上記構成において、第1の層の膜厚は、1nm以上20nm以下であることが好ましい。

【0025】

上記構成において、第3の有機化合物は、電子輸送性であり、第4の有機化合物は、正孔輸送性であることが好ましい。

【0026】

また、第3の有機化合物の最低空軌道準位と第4の有機化合物の最低空軌道準位との差

50

は 0.3 eV より小さいことが好ましい。

【0027】

また、第3の有機化合物は、金属錯体であり、第4の有機化合物は、芳香族アミン化合物であることが好ましい。

【0028】

また、第3の有機化合物の双極子モーメントを P_1 、第4の有機化合物の双極子モーメントを P_2 とすると、 $P_1 / P_2 \geq 3$ または $P_1 / P_2 \leq 0.33$ の関係を満たすことが好ましい。

【0029】

また、上記構成において、第3の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、第4の有機化合物は、電子トラップ性の有機化合物であることが好ましい。

10

【0030】

また、第4の有機化合物は第3の有機化合物の最低空軌道準位より 0.3 eV 以上低い最低空軌道準位を有することが好ましい。

【0031】

また、第3の有機化合物は、金属錯体であることが好ましい。

【0032】

また、第4の有機化合物は、クマリン誘導体であることが好ましい。または、第4の有機化合物は、キナクリドン誘導体であることが好ましい。

【0033】

20

また、上記構成において、第2の層の膜厚は、 5 nm 以上 20 nm 以下であることが好ましい。

【0034】

また、上記構成において、第2の層と発光層とは接するように設けられていることが好ましい。

【0035】

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めるものである。本明細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）を含む。また、発光素子が形成されたパネルにコネクタ、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 の先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も全て発光装置に含むものとする。

30

【0036】

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めるものとする。したがって、本発明の電子機器は、表示部を有し、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ことを特徴とする。

【発明の効果】

40

【0037】

本発明の発光素子は、キャリアの移動を制御する層を設けており、キャリアバランスの経時変化を抑制することができる。よって、長寿命の発光素子を得ることができる。

【0038】

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、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】

【0039】

以下、本発明の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

50

を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。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。

【0040】

(実施の形態1)

本発明に係る発光素子の一態様について図1を用いて以下に説明する。本発明に係る発光素子は、正孔の移動を制御する層と電子の移動を制御する層を有する。

【0041】

本発明の発光素子は、一对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。

10

【0042】

本実施の形態において、発光素子は、第1の電極202と、第2の電極204と、第1の電極202と第2の電極204との間に設けられたEL層203とから構成されている。なお、本形態では第1の電極202は陽極として機能し、第2の電極204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202の方が第2の電極204よりも電位が高くなるように、第1の電極202と第2の電極204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。

【0043】

基板201は発光素子の支持体として用いられる。基板201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。

20

【0044】

第1の電極202としては、仕事関数の大きい(具体的には4.0 eV以上であることが好ましい)金属、合金、導電性化合物、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、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)、酸化タング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。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、インクジェット法、スピコート法などにより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1~20 wt%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、酸化タング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グステンを0.5~5 wt%、酸化亜鉛を0.1~1 wt%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。この他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(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)、チタン(Ti)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。

30

【0045】

また、第1の電極と接する層として、後述する複合材料を含む層を用いた場合には、第1の電極として、仕事関数の大小に関わらず、様々な金属、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。例えば、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、アルミニウムを含む合金(AlSi)等を用いることができる。また、仕事関数の小さい材料である、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)、ユウロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属およびこれらを含む合金等を用いることもできる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属ま

40

50

たはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどをインクジェット法などにより成膜することも可能である。

【0046】

本実施の形態で示すEL層203は、正孔注入層211、正孔の移動を制御する層212、正孔輸送層213、発光層214、電子の移動を制御する層215、電子輸送層216、電子注入層217を有している。なお、EL層203は、本実施の形態で示すキャリアの移動を制御する層と、発光層とを有していればよく、その他の層の積層構造については特に限定されない。つまり、EL層203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または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、バイポーラ性（電子及び正孔の輸送性の高い物質）の物質等を含む層と、本実施の形態で示すキャリアの移動を制御する層および発光層とを適宜組み合わせる構成すればよい。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る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。

10

【0047】

正孔注入層211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、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、低分子の有機化合物としては、フタロシアニン（略称：H₂Pc）、銅（II）フタロシアニン（略称：CuPc）、バナジルフタロシアニン（略称：VOPc）等のフタロシアニン系の化合物、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-（4-ジ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：DPAB）、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：DNTPD）、1,3,5-トリス[N-（4-ジ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：DPA3B）、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：PCzPCA1）、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：PCzPCA2）、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：PCzPCN1）等の芳香族アミン化合物等が挙げられる。

20

30

【0048】

また、正孔注入層211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。なお、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202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。これらの複合材料は、正孔輸送性の高い物質とアクセプター物質とを共蒸着することにより形成することができる。

40

【0049】

なお、本明細書において、複合とは、単に2つの材料が混合している状態だけでなく、複数の材料を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。

【0050】

複合材料に用いる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、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。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

50

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有機化合物を具体的に列挙する。

【0051】

複合材料に用いることのできる有機化合物としては、例えば、MTDATA、TDATA、DPAB、DNTPD、DPA3B、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1、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)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)等の芳香族アミン化合物や、4,4'-ジ(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のカルバゾール誘導体や、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:t-BuDNA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)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-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:DNA)、9,10-ジフェニルアントラセン(略称:DPAnth)、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-ジ(1-ナフチル)アントラセン、2,3,6,7-テトラメチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン、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、ルブレノ、ペリレン、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン、ペンタセン、コロネン、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)等の芳香族炭化水素化合物を挙げることができる。

【0052】

また、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)、クロラニル等の有機化合物や、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、酸化タングステン、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。

【0053】

また、正孔注入層211としては、高分子化合物(オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等)を用いることができる。例えば、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:PVTPA)、ポリ[N-(4-{N'-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル-N'-フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド](略称:PTPDMA)、ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン](略称:Poly-TPD)などの高分子化合物が挙げられる。また、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)、ポリアニリン/ポリ(スチレンスルホン酸)(PAni/PSS)等の酸を添加した高分子化合物を用いることができる。

【0054】

また、上述したPVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPD等の高分子化合物と、上述したアクセプター性物質を用いて複合材料を形成し、正孔注入層211として用いてもよい。

【0055】

正孔の移動を制御する層212は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含んでおり、第1の有機化合物は、第2の有機化合物よりも多く含まれている。正孔の移動を制御する層は、発光層214よりも陽極として機能する第1の電極202側に設けることが好ましい。つまり、発光層214と第1の電極202との間に設けることが好ましい。

【0056】

第1の有機化合物は、電子輸送性よりも正孔輸送性の方が高い、いわゆる正孔輸送性の有機化合物である。具体的には、芳香族アミン化合物を用いることができる。例えば、MTDATA、TDATA、DPAB、DNTPD、DPA3B、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル(略称:NPB)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ピフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)等が挙げられる。また、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPDなどの高分子化合物を用いることもできる。

【0057】

第2の有機化合物は、正孔が注入されず、かつ、双極子モーメントが大きい有機化合物である。正孔が注入されない物質としては、正孔ブロック材料が挙げられる。正孔ブロック材料は、一般に、イオン化ポテンシャルが大きい物質である。特に、イオン化ポテンシャルが5.8 eV以上であると、正孔が注入されず好ましい。特に、6.0 eV以上であるとさらに好ましい。また、第1の有機化合物に比べ、イオン化ポテンシャルの差が0.5 eV以上である場合にも第1の有機化合物から第2の有機化合物へ正孔が注入されないのが好ましい。また、第2の有機化合物の双極子モーメントは、2.0 デバイ以上であることが好ましい。特に、双極子モーメントが2.0 デバイよりもさらに大きい有機化合物は正孔の移動を制御する層に好適に用いることができる。

【0058】

第2の有機化合物としては、具体的には、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)、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)などのオキサジアゾール誘導体、3-(4-ピフェニル)-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:TAZ01)、3,5-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-1,2,4-トリアゾール(略称:t-BuTAZ)などのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリン(略称:BPhen)、バソキュプロイン(略称:BCP)などのフェナントロリン誘導体などを用いることができる。

【0059】

本実施の形態で示す正孔の移動を制御する層の概念図を図4に示す。図4において、正孔輸送性の有機化合物である第1の有機化合物221は、正孔輸送性であるため、正孔が注入されやすく、正孔が近傍の第1の有機化合物に移動しやすい。

【0060】

一方、第2の有機化合物222は、第1の有機化合物のイオン化ポテンシャルの差が0.5 eV以上であるため、正孔が注入されない。よって、正孔は第2の有機化合物には注入されず、第1の有機化合物の間のみをホッピングによって移動していく。

【0061】

また、第2の有機化合物222は、双極子モーメントが大きい物質である。具体的には、2.0 デバイ以上であることが好ましい。双極子モーメントが大きい第2の有機化合物が含まれていることにより、第1の有機化合物の間を移動している正孔は、移動速度が遅くなる。つまり、双極子モーメントが大きい第2の有機化合物が第1の有機化合物の近傍

10

20

30

40

50

に位置することにより、正孔の移動を引きとめる効果を有すると考えられる。

【0062】

よって、層全体としては、第2の有機化合物が含まれることにより、第1の有機化合物221のみからなる層よりも正孔移動速度が小さくなる。つまり、第2の有機化合物を添加することにより、キャリアの移動を制御することが可能となる。また、第2の有機化合物の濃度を制御することにより、キャリアの移動速度を制御することが可能となる。

【0063】

特に、第2の有機化合物の双極子モーメントが大きいほど、正孔の移動速度を遅くする効果が大きい。よって、双極子モーメントの大きい物質を第2の有機化合物として用いる場合には、正孔の移動を制御する層に含まれる第2の有機化合物の量が少量であっても効果を得ることができる。

10

【0064】

正孔の移動を制御する層を設けない従来の素子構成の場合、第1の電極から注入された正孔は、正孔注入層および正孔輸送層を通り、発光層へ注入される。発光層へ注入された正孔は、発光層が正孔輸送性の場合、つまり、発光層に含まれる最も多い材料が正孔輸送性の場合には、発光層中を移動して、電子輸送層まで達してしまう可能性がある。正孔が電子輸送層まで達してしまうと、電子輸送層に含まれる材料を劣化させてしまい、発光素子の劣化に繋がる。

【0065】

しかし、本実施の形態で示した正孔の移動を制御する層を設けることにより、正孔が発光層中を突き抜けて電子輸送層まで達することを抑制することができる。よって、正孔が電子輸送層まで達して電子輸送層を劣化させることを抑制することができる。従って、発光素子の劣化を抑制し、長寿命化することができる。

20

【0066】

また、正孔の移動を制御する層を設けない従来の素子構成の場合、第1の電極から注入された多くの正孔は、そのまま発光層へ注入される。発光層が電子輸送性の場合、つまり、発光層に含まれる最も多い材料が電子輸送性の場合には、発光領域は発光層と正孔輸送層との界面付近になる。一方、発光層と正孔輸送層との界面付近には、過剰の正孔によってカチオンが生成している可能性がある。カチオンは消光剤として働くため、発光領域の周辺に生成していたカチオンの影響により発光効率が低下してしまう。

30

【0067】

しかし、本実施の形態で示した正孔の移動を制御する層を設けることにより、過剰の正孔によって、発光層や発光層周辺にできていたカチオンの生成を抑制することができ、発光効率の低下を抑制することができる。従って、発光効率の高い発光素子を得ることができる。

【0068】

上述したように、正孔の移動を制御することにより、キャリアバランスが向上し、その結果、正孔と電子の再結合確率が向上し、高い発光効率を得ることができる。また、本実施の形態で示したように、正孔の移動を制御する層を、発光層と陽極として機能する第1の電極との間に設ける構成は、正孔過多の発光素子に適用すると特に有効である。正孔過多の発光素子において、正孔の移動を制御する層を設けることにより、過剰の正孔の移動を抑制し、電子とバランスが取れるように制御することが可能となるからである。

40

【0069】

本実施の形態で示したように、正孔の移動を制御する層を、発光層と陽極として機能する第1の電極との間に設ける構成は、正孔過多の発光素子に適用すると特に有効である。有機化合物を用いた発光素子は、正孔過多の発光素子である場合が多いため、本発明は、多くの有機化合物を用いた発光素子に好適に用いることができる。

【0070】

なお、正孔の移動を制御する層における第2の有機化合物の濃度は、1重量%以上20重量%以下であることが好ましい。1重量%以上20重量%以下であることにより、発光

50

素子の寿命を長く保つことができる。特に、1重量%以上10重量%以下であることが好ましい。

【0071】

また、正孔の移動を制御する層の膜厚は、1nm以上20nm以下であることが好ましい。厚すぎる膜厚だと、正孔の移動速度を低下させすぎてしまい、駆動電圧が高くなってしまふ。また、薄すぎる膜厚だと、正孔の移動を制御する機能を実現しなくなってしまう。よって、1nm以上20nm以下の膜厚であることが好ましい。

【0072】

正孔輸送層213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、低分子の有機化合物としては、NPB、TPD、4,4'-ビス[N-(9,9-ジメチルフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DFLDPBi)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)などの芳香族アミン化合物を用いることができる。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が二層以上積層したものとしてもよい。

【0073】

また、正孔輸送層213として、PVK、PVTFA、PTPDMA、Poly-TPDなどの高分子化合物を用いることもできる。

【0074】

発光層214は、発光性の高い物質を含む層であり、種々の材料を用いることができる。例えば、発光性の高い物質としては、蛍光を発光する蛍光性化合物や燐光を発光する燐光性化合物を用いることができる。

【0075】

発光層に用いることのできる燐光性化合物としては、例えば、青色系の発光材料として、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, $C^{2'}$]イリジウム(III)テトラキス(1-ピラゾリル)ボラート(略称:FIr6)、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, $C^{2'}$]イリジウム(III)ピコリナート(略称:FIrpic)、ビス[2-(3',5'-ビストリフルオロメチルフェニル)ピリジナト-N, $C^{2'}$]イリジウム(III)ピコリナート(略称:Ir(CF₃ppy)₂(pic))、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, $C^{2'}$]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:FIr(acac))などが挙げられる。また、緑色系の発光材料として、トリス(2-フェニルピリジナト-N, $C^{2'}$)イリジウム(III)(略称:Ir(ppy)₃)、ビス(2-フェニルピリジナト-N, $C^{2'}$)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(ppy)₂(acac))、ビス(1,2-ジフェニル-1H-ベンゾイミダゾラト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(pbi)₂(acac))、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(bzq)₂(acac))などが挙げられる。また、黄色系の発光材料として、ビス(2,4-ジフェニル-1,3-オキサゾラト-N, $C^{2'}$)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(dpo)₂(acac))、ビス[2-(4'-パーフルオロフェニルフェニル)ピリジナト]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(p-PF-ph)₂(acac))、ビス(2-フェニルベンゾチアゾラト-N, $C^{2'}$)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(bt)₂(acac))などが挙げられる。また、橙色系の発光材料として、トリス(2-フェニルキノリナト-N, $C^{2'}$)イリジウム(III)(略称:Ir(pq)₃)、ビス(2-フェニルキノリナト-N, $C^{2'}$)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(pq)₂(acac))などが挙げられる。また、赤色系の発光材料として、ビス[2-(2'-ベンゾ[4,5-]チエニル)ピリジナト-N, $C^{3'}$]イリジウム(III)ア

10

20

30

40

50

セチルアセトナート（略称：Ir（btp）₂（acac））、ビス（1 - フェニルイソキノリナート - N，C²'）イリジウム（III）アセチルアセトナート（略称：Ir（piq）₂（acac））、（アセチルアセトナート）ビス[2，3 - ビス（4 - フルオロフェニル）キノキサリナート]イリジウム（III）（略称：Ir（Fdpq）₂（acac））、2，3，7，8，12，13，17，18 - オクタエチル - 21H，23H - ボルフィリン白金（II）（略称：PtOEP）等の有機金属錯体が挙げられる。また、トリス（アセチルアセトナート）（モノフェナントロリン）テルビウム（III）（略称：Tb（acac）₃（Phen））、トリス（1，3 - ジフェニル - 1，3 - プロパンジオナート）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（III）（略称：Eu（DBM）₃（Phen））、トリス[1 - （2 - テノイル） - 3，3，3 - トリフルオロアセトナート]（モノフェナントロリン）ユーロピウム（III）（略称：Eu（TTA）₃（Phen））等の希土類金属錯体は、希土類金属イオンからの発光（異なる多重度間の電子遷移）であるため、燐光性化合物として用いることができる。

【0076】

発光層に用いることのできる蛍光性化合物としては、例えば、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' - ジフェニルスチルベン - 4，4' - 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。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：2DPAPA）、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：2DPABPhA）、9，10 - ビス（1，1' - ビフェニル - 2 - イル） - N - [4 - （9H - 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：2YGABPhA）、N，N，9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン（略称：DPHAPhA）などが挙げられる。また、黄色系の発光材料として、ルブレン、5，12 - ビス（1，1' - ビフェニル - 4 - イル） - 6，11 - ジフェニルテトラセン（略称：BPT）などが挙げられる。また、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 - 5，11 - ジアミン（略称：p - mPhTD）、7，13 - 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 - 3，10 - ジアミン（略称：p - mPhAFD）などが挙げられる。

【0077】

なお、発光層としては、上述した発光性の高い物質（第6の有機化合物）を他の物質（第5の有機化合物）に分散させた構成としてもよい。発光性の物質を分散させるための物質としては、各種のものをを用いることができ、発光性の物質よりも最低空軌道準位（LUMO準位）が高く、最高被占有軌道準位（HOMO準位）が低い物質を用いることが好ましい。

【0078】

発光性の物質を分散させるための物質としては、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）、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]キノリナート）ベリリウム（II）（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：BAlq）、ビス（8 - キノリノラト）亜鉛（II）（略称：Znq）、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）などの金属錯体、2 - （4 - ビフ

10

20

30

40

50

エニリル) - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール (略称: P B D)、1 , 3 - ビス [5 - (p - t e r t - 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: O X D - 7)、3 - (4 - ビフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称: T A Z)、2 , 2 ' , 2 ' ' - (1 , 3 , 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール) (略称: T P B I)、バソフェナントロリン (略称: B P h e n)、バソキュプロイン (略称: B C P) などの複素環化合物や、9 - [4 - (10 - 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)、3 , 6 - ジフェニル - 9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称: D P C z P A)、9 , 10 - ビス (3 , 5 - ジフェニルフェニル) アントラセン (略称: D P P A)、9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: D N A)、2 - t e r t - ブチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: t - B u D N A)、9 , 9 ' - ビアントリル (略称: B A N T)、9 , 9 ' - (スチルベン - 3 , 3 ' - ジイル) ジフェナントレン (略称: D P N S)、9 , 9 ' - (スチルベン - 4 , 4 ' - ジイル) ジフェナントレン (略称: D P N S 2)、3 , 3 ' , 3 ' ' - (ベンゼン - 1 , 3 , 5 - トリイル) トリピレン (略称: T P B 3)、9 , 10 - ジフェニルアントラセン (略称: D P A n t h)、6 , 12 - ジメトキシ - 5 , 11 - ジフェニルクリセンなどの縮合芳香族化合物、N , N - ジフェニル - 9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: C z A 1 P A)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称: D P h P A)、N , 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: P C A P A)、N , 9 - ジフェニル - N - { 4 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] フェニル } - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: P C A P B A)、N - (9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: 2 P C A P A)、N P B、T P D、D F L D P B i、B S P B などの芳香族アミン化合物などを用いることができる。

【 0 0 7 9 】

また、発光性の物質を分散させるための物質は複数種用いることができる。例えば、結晶化を抑制するためにルブレン等の結晶化を抑制する物質をさらに添加してもよい。また、発光性の物質へのエネルギー移動をより効率良く行うために N P B、あるいは A 1 q 等をさらに添加してもよい。

【 0 0 8 0 】

発光性の高い物質を他の物質に分散させた構成とすることにより、発光層 2 1 4 の結晶化を抑制することができる。また、発光性の高い物質の濃度が高いことによる濃度消光を抑制することができる。

【 0 0 8 1 】

また、発光層 2 1 4 として高分子化合物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、ポリ (9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) (略称: P F O)、ポリ [(9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (2 , 5 - ジメトキシベンゼン - 1 , 4 - ジイル)] (略称: P F - D M O P)、ポリ { (9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - [N , N ' - ジ - (p - ブチルフェニル) - 1 , 4 - ジアミノベンゼン] } (略称: T A B - P F H) などが挙げられる。また、緑色系の発光材料として、ポリ (p - フェニレンビニレン) (略称: P P V)、ポリ [(9 , 9 - ジヘキシルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - a l t - c o - (ベンゾ [2 , 1 , 3] チアジアゾール - 4 , 7 - ジイル)] (略称: P F B T)、ポリ [(9 , 9 - ジオクチル - 2 , 7 - ジピニレンフルオレニレン) - a l t - c o - (2 - メトキシ - 5 - (2 - エチルヘキシロキシ) - 1 , 4 - フェニレン)] などが挙げられる。また、橙色～赤系の発光材料として、ポリ [2 - メトキシ - 5 - (2 ' - エチルヘキソキシ) - 1 , 4 - フェニレンビニレン] (略称: M E H - P P V)、ポリ (3 - ブチルチオフェン - 2 , 5

- ジイル) (略称: R4-PAT)、ポリ{[9,9-ジヘキシル-2,7-ビス(1-シアノビニレン)フルオレニレン]-alt-co-[2,5-ビス(N,N'-ジフェニルアミノ)-1,4-フェニレン]}、ポリ{[2-メトキシ-5-(2-エチルヘキシロキシ)-1,4-ビス(1-シアノビニレンフェニレン)]-alt-co-[2,5-ビス(N,N'-ジフェニルアミノ)-1,4-フェニレン]} (略称: CN-PPV-DPD) などが挙げられる。

【0082】

電子の移動を制御する層215は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを含んでおり、第3の有機化合物は、第4の有機化合物よりも多く含まれている。つまり、第4の有機化合物は、第3の有機化合物中に分散されている。また、電子の移動を制御する層は、
10 発光層214よりも陰極として機能する第2の電極204側に設けることが好ましい。つまり、発光層214と第2の電極204との間に設けることが好ましい。

【0083】

本実施の形態で示す電子の移動を制御する層215は、第3の有機化合物と第4の有機化合物を含み、第3の有機化合物と第4の有機化合物のキャリア輸送の極性は異なっている。

【0084】

電子の移動を制御する層を、発光層と陰極として機能する第2の電極との間に設ける場合、第3の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、第4の有機化合物は正孔輸送性の有機化合物であることが好ましい。つまり、第3の有機化合物は、正孔輸送性よりも
20 電子輸送性が高い物質であり、第4の有機化合物は、電子輸送性よりも正孔輸送性が高い物質であることが好ましい。また、第3の有機化合物の最低空軌道準位(LUMO準位)と、第4の有機化合物の最低空軌道準位(LUMO準位)との差は0.3eVよりも小さいことが好ましく、より好ましくは0.2eV以下である。つまり、熱力学的には、第3の有機化合物と第4の有機化合物との間でキャリアである電子の移動が容易であることが好ましい。

【0085】

本実施の形態で示す電子の移動を制御する層の概念図を図5に示す。図5において、第3の有機化合物241は、電子輸送性であるため、電子が注入されやすく、電子が近傍の第3の有機化合物に移動しやすい。つまり、第3の有機化合物に電子が注入される速度、
30 および、第3の有機化合物から電子が放出される速度(v)が大きい。

【0086】

一方、正孔輸送性の有機化合物である第4の有機化合物242は、第3の有機化合物のLUMO準位と近いLUMO準位を有するため、熱力学的には電子が注入されうる。しかし、電子輸送性の有機化合物である第3の有機化合物241から正孔輸送性の有機化合物である第4の有機化合物242に電子が注入される速度(v_1)、もしくは、第4の有機化合物242から第3の有機化合物241へ電子が注入される速度(V_2)は、第3の有機化合物241から第3の有機化合物241へ電子が注入される速度(v)よりも小さい。
40

【0087】

よって、層全体としては、第4の有機化合物が含まれることにより、第3の有機化合物241のみからなる層よりも電子輸送速度が小さくなる。つまり、第4の有機化合物を添加することにより、キャリアの移動を制御することが可能となる。また、第4の有機化合物の濃度を制御することにより、キャリアの移動速度を制御することが可能となる。

【0088】

本実施の形態において、上述したように、第3の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であることが好ましい。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) 、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(II) (略称: BeBq₂) 、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニル
50

フェノラト)アルミニウム(III)(略称:BAIq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称:Znq)、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)などの金属錯体を用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)、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-ピフェニル)-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:TAZO1)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称:TPBI)、バソフェナントロリン(略称:BPhen)、バソキュプロイン(略称:BCP)などの複素環化合物も用いることができる。また、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)、3,6-ジフェニル-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:DPCzPA)、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称:DPPA)、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:DNA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:t-BuDNA)、9,9'-ビアントリル(略称:BANT)、9,9'-(スチルベン-3,3'-ジイル)ジフェナントレン(略称:DPNS)、9,9'-(スチルベン-4,4'-ジイル)ジフェナントレン(略称:DPNS2)、3,3',3''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリピレン(略称:TPB3)などの縮合芳香族化合物を用いることができる。また、ポリ[(9,9-ジヘキシルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称:PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称:PF-BPy)などの高分子化合物を用いることができる。

【0089】

また、第4の有機化合物としては、正孔輸送性の有機化合物であることが好ましい。具体的には、9,10-ジフェニルアントラセン(略称:DPAnth)、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセンのような縮合芳香族炭化水素や、N,N-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:CzA1PA)、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称:DPhPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCAPA)、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]フェニル}-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCAPBA)、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)、NPB、TPD、DFLDPBi、BSPBなどの芳香族アミン化合物、クマリン7、クマリン30などのアミノ基を有する化合物を用いることができる。また、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPDなどの高分子化合物を用いることもできる。

【0090】

このような組み合わせにより、第3の有機化合物から第4の有機化合物へ、あるいは第4の有機化合物から第3の有機化合物への電子移動が抑制され、電子の移動を制御する層の電子移動速度を抑制することができる。また、電子の移動を制御する層は第3の有機化合物に第4の有機化合物を分散させて構成されているため、経時的に結晶化や凝集が生じにくい。したがって、先に述べた電子移動の抑制効果も経時変化しにくくなり、その結果キャリアバランスも経時変化しにくくなる。このことが、発光素子の寿命の向上、つまり、信頼性の向上に繋がる。

【0091】

なお、上述した組み合わせの中でも、第3の有機化合物として金属錯体を、第4の有機

10

20

30

40

50

化合物として芳香族アミン化合物を組み合わせることが好ましい。金属錯体は電子輸送性が高い上に双極子モーメントが大きく、一方で芳香族アミン化合物は正孔輸送性が高い上に比較的双極子モーメントが小さい。このように、双極子モーメントが大きく異なる物質を組み合わせることで、上述した電子移動の抑制効果はより顕著となる。具体的には、第3の有機化合物の双極子モーメントの大きさを P_1 、第4の有機化合物の双極子モーメントの大きさを P_2 とすると、 $P_1 / P_2 \geq 3$ または $P_1 / P_2 \leq 0.33$ となる組み合わせが好ましい。

【0092】

例えば、金属錯体である Alq_3 の双極子モーメントの大きさは9.40デバイであり、芳香族アミン化合物である2PCAPAの双極子モーメントの大きさは1.15デバイである。したがって、本実施の形態1のように、第3の有機化合物として金属錯体のような電子輸送性の有機化合物を、第4の有機化合物として芳香族アミン化合物のような正孔輸送性の有機化合物を用いる場合は、 $P_1 / P_2 \geq 3$ であることが好ましい。

10

【0093】

また、電子の移動を制御する層215に含まれる第4の有機化合物の発光色と、発光層214に含まれる発光性の高い物質の発光色とは、同系色であることが好ましい。具体的には、第4の有機化合物の発光スペクトルの最大のピークの波長と発光性の高い物質の発光スペクトルの最大のピークの波長との差は、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4の有機化合物の発光色と発光性の高い物質の発光色は、同系色となる。よって、電圧等の変化により、第4の有機化合物が発光した場合にも、発光色の変化を抑制することができる。ただし、必ずしも第4の有機化合物が発光する必要はない。

20

【0094】

また、電子の移動を制御する層215の膜厚は、5nm以上20nm以下であることが好ましい。膜厚が厚すぎると、キャリアの移動速度が過度に低下してしまい、駆動電圧が高くなってしまいう上に、電子の移動を制御する層215の発光強度が増大する可能性がある。また、膜厚が薄すぎると、キャリアの移動を制御する機能を実現しなくなってしまう。よって、5nm以上20nm以下の膜厚であることが好ましい。

【0095】

電子の移動を制御する層を設けない従来の素子構成の場合、第2の電極から注入された電子は、電子注入層および電子輸送層を通り、発光層へ注入される。発光層へ注入された電子は、発光層が電子輸送性の場合、つまり、発光層に含まれる最も多い材料が電子輸送性の場合には、発光層中を移動して、正孔輸送層まで達してしまう可能性がある。電子が正孔輸送層まで達してしまうと、正孔輸送層に含まれる材料を劣化させてしまい、発光素子の劣化に繋がる。

30

【0096】

しかし、本実施の形態で示した電子の移動を制御する層を設けることにより、電子が発光層中を突き抜けて正孔輸送層まで達することを抑制することができる。よって、電子が正孔輸送層まで達して正孔輸送層を劣化させることを抑制することができる。従って、発光素子の劣化を抑制し、長寿命化することができる。

40

【0097】

電子輸送層216は、電子輸送性の高い物質を含む層である。例えば、低分子の有機化合物として、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Alq_3)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: $Almq_3$)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: $BeBq_2$)、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: $BAlq_3$)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称: Znq_2)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: $ZnPBQ$)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: $ZnBTZ$)などの金属錯体を用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ピフ

50

エニリル) - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称: PBD)、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: TAZO1)、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール) (略称: TPBI)、バソフェナントロリン (略称: BPhen)、バソキュプロイン (略称: BCP) などの複素環化合物も用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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が二層以上積層したものとしてもよい。

10

【0098】

また、電子輸送層 216 として、高分子化合物を用いることができる。例えば、ポリ[(9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (ピリジン - 3, 5 - ジイル)] (略称: PF - Py)、ポリ[(9, 9 - ジオクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (2, 2' - ビピリジン - 6, 6' - ジイル)] (略称: PF - BPy) などを用いることができる。

【0099】

また、電子注入層 217 は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入性の高い物質としては、フッ化リチウム (LiF)、フッ化セシウム (CsF)、フッ化カルシウム (CaF_2) 等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を用いることができる。例えば、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又はそれらの化合物を含有させたもの、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ができる。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 204 からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

20

【0100】

第 2 の電極 204 を形成する物質としては、仕事関数の小さい (具体的には 3.8 eV 以下であることが好ましい) 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、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)、ユウロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどをインクジェット法などにより成膜することも可能である。

30

【0101】

また、第 2 の電極 204 と電子輸送層 216 との間に、電子注入を促す機能を有する層である電子注入層 217 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 204 として用いることができる。これら導電性材料は、スパッタリング法やインクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。

40

【0102】

また、EL 層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コート法など用いても構わない。また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。

【0103】

例えば、上述した材料のうち、高分子化合物を用いて湿式法で EL 層を形成してもよい

50

。または、低分子の有機化合物を用いて湿式法で形成することもできる。また、低分子の有機化合物を用いて真空蒸着法などの乾式法を用いてE L層を形成してもよい。

【0104】

また、電極についても、ゾル - ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。また、スパッタリング法や真空蒸着法などの乾式法を用いて形成しても良い。

【0105】

例えば、本発明の発光素子を表示装置に適用し、発光層を塗り分ける場合には、発光層は湿式法により形成することが好ましい。発光層をインクジェット法を用いて形成することにより、大型基板であっても発光層の塗り分けが容易となる。

10

【0106】

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202と第2の電極204との間に生じた電位差により電流が流れ、E L層203において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。

【0107】

発光は、第1の電極202または第2の電極204のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第1の電極202または第2の電極204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202のみが透光性を有する電極である場合、図3(A)に示すように、発光は第1の電極202を通して基板側から取り出される。また、第2の電極204のみが透光性を有する電極である場合、図3(B)に示すように、発光は第2の電極204を通して基板と逆側から取り出される。第1の電極202および第2の電極204がいずれも透光性を有する電極である場合、図3(C)に示すように、発光は第1の電極202および第2の電極204を通して、基板側および基板と逆側の両方から取り出される。

20

【0108】

なお第1の電極202と第2の電極204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202および第2の電極204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、キャリアの移動を制御する層を有する構成であれば、上記以外のものでもよい。

30

【0109】

つまり、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または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、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キャリアの移動を制御する層および発光層を適宜組み合わせる構成すればよい。

【0110】

なお、正孔の移動を制御する層は、正孔の移動を制御するものであるため、発光層と陽極として機能する電極との間に設けることが好ましい。

【0111】

図1(A)や図1(C)に示すように、発光層214と正孔の移動を制御する層212との間に層が形成されている場合、つまり、発光層214と正孔の移動を制御する層212とが接しない構成の場合、発光層214と正孔の移動を制御する層との間で余計な相互作用が生じにくいいため、発光素子の劣化を抑制することができるという点で好ましい。

40

【0112】

ただし、図1(B)や図1(D)に示すように、発光層214と、正孔の移動を制御する層212とが接する構成であってもよい。

【0113】

また、電子の移動を制御する層は、電子の移動を制御するものであるため、発光層と陰極として機能する電極との間に設けることが好ましい。また、図1(A)や図1(B)に示すように、電子の移動を制御する層は発光層と接するように設けることがより好ましい

50

。電子の移動を制御する層を発光層と接するように設けることにより、発光層への電子注入を直接制御できるため、発光層内におけるキャリアバランスの経時変化をより抑制することができ、素子寿命向上に関してより大きな効果が得られる。また、プロセス的にも簡便となる。

【0114】

また、電子の移動を制御する層は発光層と接するように設けるのが好ましく、その場合には、電子の移動を制御する層に含まれる第3の有機化合物と、発光層に多く含まれている有機化合物とは、異なる種類の有機化合物であることが好ましい。特に、発光層の構成が、発光性の高い物質を分散させる物質（第5の有機化合物）と、発光性の高い物質（第6の有機化合物）とを含む場合、第5の有機化合物と、第3の有機化合物とは、異なる種類の有機化合物であることが好ましい。このような構成により、電子の移動を制御する層から発光層への電子の移動が、第3の有機化合物と第5の有機化合物との間においても抑制され、電子の移動を制御する層を設ける効果がより高くなる。

10

【0115】

ただし、図1(C)や図1(D)に示すように、発光層214と電子の移動を制御する層215との間に層が形成されていてもよい。

【0116】

また、図2に示すように、基板201上に、陰極として機能する第2の電極204、EL層203、陽極として機能する第1の電極202とが順に積層された構成としてもよい。図2(A)に示す発光素子は、図1(A)に示したEL層を逆の順に積層した構成であり、図2(B)に示す発光素子は、図1(B)に示したEL層を逆の順に積層した構成であり、図2(C)に示す発光素子は、図1(C)に示したEL層を逆の順に積層した構成であり、図2(D)に示す発光素子は、図1(D)に示したEL層を逆の順に積層した構成である。

20

【0117】

なお、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、パッシブマトリクス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。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。また、単結晶半導体膜を用いてもよい。単結晶半導体膜は、スマートカット法などを用いて作製することができる。

30

【0118】

以上で述べたように、本実施の形態で示す発光素子は、正孔の移動を制御する層212および電子の移動を制御する層215の両方を有している点が特徴である。

40

【0119】

例えば、もし正孔の移動を制御する層212および電子の移動を制御する層215を設けない従来の発光素子であれば、第1の電極202から注入された正孔は、正孔注入層211、正孔輸送層213を通り、移動が遅くならないまま発光層214に注入されるため、その一部は電子輸送層216の界面付近まで達する。そして、正孔が電子輸送層216にまで達してしまうと、電子輸送層216を劣化させる恐れがある。またその劣化によって、経時的に電子輸送層216にまで達してしまう正孔の量が増えていくと、経時的に発光層214における再結合確率が低下していくことになるため、素子寿命の低下（輝度の経時劣化）に繋がってしまう。同様に、第2の電極204から注入された電子は、電子注入層217および電子輸送層216を通り、移動が遅くならないまま発光層214に注入

50

されるため、その一部は正孔輸送層 2 1 3 と発光層 2 1 4 との界面付近まで達する。そして、電子が正孔輸送層 2 1 3 にまで達してしまうと、正孔輸送層 2 1 3 を劣化させる恐れがある。またその劣化によって、経時的に正孔輸送層 2 1 3 にまで達してしまう電子の量が増えていくと、経時的に発光層内での再結合確率が低下していくことになるため、素子寿命の低下（輝度の経時劣化）に繋がってしまう。

【 0 1 2 0 】

一方、本発明の発光素子においては、正孔の移動を制御する層 2 1 2 を設けることにより、第 1 の電極 2 0 2 から注入された正孔は、正孔注入層 2 1 1 を通り、正孔の移動を制御する層 2 1 2 に注入される。正孔の移動を制御する層 2 1 2 に注入された正孔は、その移動が遅くなり、正孔輸送層 2 1 3 への正孔注入が制御される。そのため、発光層 2 1 4 への正孔注入も制御される。その結果、正孔が電子輸送層 2 1 6 にまで達してしまい、電子輸送層 2 1 6 を劣化させる可能性が低くなる。なお、本発明においては、正孔の移動を制御する層 2 1 2 において、単に正孔移動度の遅い物質を適用するのではなく、正孔輸送性を有する有機化合物に正孔輸送性を下げ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、単に発光層への正孔注入を制御するだけではなく、その制御された正孔注入量が経時的に変化するのを抑制することができる。

10

【 0 1 2 1 】

さらに本発明の発光素子においては、電子の移動を制御する層 2 1 5 をも設けている。これにより、第 2 の電極 2 0 4 から注入された電子は、電子注入層 2 1 7、電子輸送層 2 1 6 を通り、電子の移動を制御する層 2 1 5 に注入される。ここで、電子の移動を制御する層 2 1 5 は、電子輸送性を有する第 3 の有機化合物に、正孔輸送性を有する第 4 の有機化合物が添加した構成となっている。したがって、電子の移動を制御する層 2 1 5 に注入された電子は、その移動が遅くなり、発光層 2 1 4 への電子注入が制御される。その結果、電子が正孔輸送層 2 1 3 にまで達してしまい、正孔輸送層 2 1 3 を劣化させる可能性が低くなる。また正孔に関しても、電子の移動を制御する層 2 1 5 が電子輸送性を有する第 3 の有機化合物を有しているため、正孔が電子輸送層 2 1 6 にまで達して電子輸送層 2 1 6 を劣化させる可能性はさらに低い。なお、本発明においては、電子の移動を制御する層 2 1 5 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正孔輸送性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、単に発光層 2 1 4 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。

20

30

【 0 1 2 2 】

以上のことから、本発明の発光素子は、正孔、電子の両キャリアの発光層への注入量を制御することにより、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、素子寿命の向上（輝度の経時劣化の抑制）に繋がる。

【 0 1 2 3 】

さらに、正孔の移動を制御する層 2 1 2 の効果として、発光効率の向上が挙げられる。正孔の移動を制御する層 2 1 2 を設けない従来の素子構成の場合、第 1 の電極 2 0 2 から注入された多くの正孔は、そのまま発光層 2 1 4 へ注入される。発光層 2 1 4 が電子輸送性の場合、つまり、発光層 2 1 4 に含まれる最も多い材料が電子輸送性の場合には、発光領域は発光層 2 1 4 と正孔輸送層 2 1 3 との界面付近になる。一方、発光層 2 1 4 と正孔輸送層 2 1 3 との界面付近には、過剰の正孔によってカチオンが生成している可能性がある。カチオンは消光剤として働くため、発光領域の周辺に生成していたカチオンの影響により発光効率が低下してしまう。

40

【 0 1 2 4 】

しかし、本実施の形態で示した正孔の移動を制御する層 2 1 2 を設けることにより、過剰の正孔によって、発光層 2 1 4 や正孔輸送層 2 1 3 周辺にできていたカチオンの生成を抑制することができ、発光効率の低下を抑制することができる。従って、発光効率の高い発光素子を得ることができる。

【 0 1 2 5 】

50

以上で述べたように、本実施の形態で示す発光素子は、キャリアの移動を制御する層を有している。キャリアの移動を制御する層は、２種類以上の物質を含むため、物質の組み合わせや混合比、膜厚などを制御することにより、キャリアバランスを精密に制御することが可能である。

【０１２６】

また、物質の組み合わせや混合比、膜厚などの制御でキャリアバランスを制御することが可能であるので、従来よりも容易にキャリアバランスの制御が可能となる。つまり、用いる物質そのものの物性を変化させなくても、混合比や膜厚等により、キャリアの移動を制御することができる。

【０１２７】

また、キャリアの移動を制御する層に含まれる２種類以上の物質のうち、少なく含まれている有機化合物を用いてキャリアの移動を制御している。つまり、キャリアの移動を制御する層に含まれている成分のうち少ない成分でキャリアの移動を制御することが可能であるので、経時変化に強く、発光素子の長寿命化を実現することができる。つまり、単一物質によりキャリアバランスを制御する場合に比べ、キャリアバランスの変化が起きにくい。例えば、単一物質により形成された層でキャリアの移動を制御する場合には、部分的にモルフォロジーが変化することや、部分的に結晶化が起こることなどが生じると、層全体のバランスが変化してしまう。そのため、経時変化に弱い。しかし、本実施の形態で示すように、キャリアの移動を制御する層に含まれている成分のうち少ない成分でキャリアの移動を制御することにより、モルフォロジーの変化や結晶化、凝集等の影響が小さくなり、経時変化が起きにくい。よって、経時的なキャリアバランスの低下、また、経時的な発光効率の低下が起こりにくい長寿命の発光素子を得ることができる。

【０１２８】

また、本実施の形態のように、発光層と陽極として機能する第１の電極との間に、正孔の移動を制御する層を設け、発光層と陰極として機能する第２の電極との間に、電子の移動を制御する層を設ける構成とすることにより、発光層の両側において、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なり、好ましい。

【０１２９】

また、発光層の両側において、キャリアの移動を制御することにより、より一層モルフォロジーの変化や結晶化、凝集等の影響が小さくなり、経時劣化が起きにくく、経時的な発光効率の低下が起こりにくい長寿命の発光素子を得ることができる。

【０１３０】

また、発光層の両側において、キャリアの移動を制御することにより、発光層のキャリア輸送性に依存せず、長寿命の発光素子を実現することができる。よって、発光層を構成する材料の選択肢および設計の自由度が広がる。

【０１３１】

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。

【０１３２】

(実施の形態２)

本実施の形態では、電子の輸送を制御する層として、実施の形態１で示した構成とは異なる構成の層を用いた場合について説明する。なお、その他の構成は、実施の形態１に示した構成を用いることができる。

【０１３３】

本実施の形態で示す電子の移動を制御する層２１５は、第３の有機化合物と第４の有機化合物とを含んでおり、第３の有機化合物は、第４の有機化合物よりも多く含まれている。つまり、第４の有機化合物は、第３の有機化合物中に分散されている。また、電子の移動を制御する層は、発光層２１４よりも陰極として機能する第２の電極２０４側に設けることが好ましい。つまり、発光層２１４と第２の電極２０４との間に設けることが好ましい。

【０１３４】

電子の移動を制御する層を、発光層と陰極として機能する第2の電極との間に設ける場合、第3の有機化合物は、電子輸送性を有する有機化合物であることが好ましい。つまり、第3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ることが好ましい。

【0135】

それに対して、第4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ことが好ましい。つまり、第4の有機化合物は、第3の有機化合物の最低空軌道準位（LUMO準位）より0.3 eV以上低い最低空軌道準位（LUMO準位）を有する有機化合物であることが好ましい。

【0136】

第4の有機化合物が含まれることにより、層全体としては、第3の有機化合物のみからなる層よりも電子の移動速度が小さくなる。つまり、第4の有機化合物を添加することにより、キャリアの移動を制御することが可能となる。また、第4の有機化合物の濃度を制御することにより、キャリアの移動速度を制御することが可能となる。具体的には、第4の有機化合物の濃度は、0.1重量%～5重量%、または、0.1mol%～5mol%であることが好ましい。

【0137】

図6は、図1(A)で示した本発明の発光素子のバンド図の一例である。図6において、第1の電極202から注入された正孔は、正孔注入層211、正孔の移動を制御する層212、正孔輸送層213を通り、発光層214に注入される。一方、第2の電極204から注入された電子は、電子注入層217、電子輸送層216を通り、電子の移動を制御する層215に注入される。電子の移動を制御する層に注入された電子は、電子トラップ性を有する第4の有機化合物により、電子の移動が遅くなる。遅くなった電子は、発光層214に注入され、正孔と再結合し、発光する。

【0138】

電子の移動を制御する層を設けない従来の素子構成の場合、第2の電極から注入された電子は、電子注入層および電子輸送層を通り、発光層へ注入される。発光層へ注入された電子は、発光層が電子輸送性の場合、つまり、発光層に含まれる最も多い材料が電子輸送性の場合には、発光層中を移動して、正孔輸送層まで達してしまう可能性がある。電子が正孔輸送層まで達してしまうと、正孔輸送層に含まれる材料を劣化させてしまい、発光素子の劣化に繋がる。

【0139】

しかし、本実施の形態で示した電子の移動を制御する層を設けることにより、電子が発光層中を突き抜けて正孔輸送層まで達することを抑制することができる。よって、電子が正孔輸送層まで達して正孔輸送層を劣化させることを抑制することができる。従って、発光素子の劣化を抑制し、長寿命化することができる。

【0140】

本実施の形態において、発光層の発光色と第4の有機化合物の発光色とが同系色の発光色であることが好ましい。例えば、発光層に含まれる有機化合物がYGA2SやYGAPAのような青色系の発光を示す有機化合物である場合、第4の有機化合物はアクリドン、クマリン102、クマリン6H、クマリン480D、クマリン30などの青色～青緑色の発光を示す物質であることが好ましい。これによって、第4の有機化合物が意に反して発光した場合にも発光素子の色純度を保つことができる。

【0141】

また、発光層に含まれる有機化合物が2PCAPA、2PCABPhA、2DPAPA、2DPABPhA、2YGABPhA、DPhAPhAのような緑色系の発光色を示す有機化合物である場合、第4の有機化合物はN,N'-ジメチルキナクリドン（略称：DMQd）、N,N'-ジフェニルキナクリドン（略称：DPQd）、9,18-ジヒドロベンゾ[h]ベンゾ[7,8]キノ[2,3-b]アクリジン-7,16-ジオン（略称：DMNQd-1）、9,18-ジヒドロ-9,18-ジメチルベンゾ[h]ベンゾ[7

10

20

30

40

50

、 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であることが好ましい。

【 0 1 4 2 】

また、発光層に含まれる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有機化合物である場合、第 4 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であることが好ましい。

【 0 1 4 3 】

また、発光層に含まれる有機化合物が p - m P h T D 、 p - m P h A F D のような赤系の発光を示す有機化合物である場合、第 4 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 - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : D C M 1) 、 { 2 - メチル - 6 - [2 - (2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C M 2) 、 { 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 - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T B) 、 ナイルレッドなどの橙色 ~ 赤色の発光を示す物質であることが好ましい。

【 0 1 4 4 】

また、発光層に含まれる発光材料が燐光性化合物である場合、第 4 の有機化合物も燐光性化合物であることが好ましい。例えば、発光材料が上述した $I r (b t p) _2 (a c a c)$ である場合、 $I r (b t p) _2 (a c a c)$ は赤色発光を示すため、第 4 の有機化合物として赤色の燐光性化合物である (アセチルアセトナト) ビス [2 , 3 - ビス (4 - フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (I I I) (略称 : $I r (F d p q) _2 (a c a c)$) などをを用いればよい。なお、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 L U M O 準位が低い化合物であり、後述する第 3 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。

【 0 1 4 5 】

なお、第 4 の有機化合物としては、上記に列挙した物質の中でも、D M Q d 、 D P Q d 、 D M N Q d - 1 、 D M N Q d 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、本実施の形態で示す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。

【 0 1 4 6 】

また、第 4 の有機化合物としては、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 、クマリン 6 、クマリン 5 4 5 T 、クマリン 1 5 3 などのクマリン誘導体であることが好ましい。クマリン誘導体は、電子トラップ性が弱いため、第 3 の有機化合物に添加する濃度が比較的高くてもよい。つまり、濃度の調節がしやすく、所望の性質を有する電子の移動を制御する層を得ることができる。また、クマリン誘導体は発光効率が高いため、第 4 の有機化合物が発光した場合、発光素子全体の発光効率の低下を抑制することができる。

【 0 1 4 7 】

また、電子の移動を制御する層 2 1 5 に含まれる第 3 の有機化合物は、電子輸送性を有する有機化合物である。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、A l q 、 A l m q _3 、 B e B q _2 、 B A l q 、 Z n q 、 B A l q 、 Z n P B O

10

20

30

40

50

、ZnBTZなどの金属錯体、PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen、BCPなどの複素環化合物、CzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2、TPB3などの縮合芳香族化合物を用いることができる。

【0148】

また、ポリ[(9,9-ジヘキシルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称:PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称:PF-BPy)などの高分子化合物を用いることができる。中でも電子に対して安定な金属錯体であることが好ましい。

10

【0149】

また、先に述べたように、第4の有機化合物のLUMO準位は、第1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4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3の有機化合物を選択すればよい。例えば、第4の有機化合物としてDPQdやクマリン6を用いる場合、第3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。

【0150】

また、電子の移動を制御する層215に含まれる第4の有機化合物の発光色と、発光層214に含まれる発光性の高い物質の発光色とは、同系色の発光色であることが好ましい。具体的には、第4の有機化合物の発光スペクトルのピーク値と発光性の高い物質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4の有機化合物の発光色と発光性の高い物質の発光色は、同系色の発光色となる。よって、電圧等の変化により、第4の有機化合物が発光した場合にも、発光色の変化を抑制することができる。

20

【0151】

ただし、必ずしも第4の有機化合物が発光する必要はない。例えば、発光性の高い物質の方が発光効率が高い場合は、実質的に発光性の高い物質の発光のみが得られるように、電子の移動を制御する層215における第4の有機化合物の濃度を調節する(第4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、発光性の高い物質の発光色と第4の有機化合物の発光色は同系統の発光色である(すなわち、同程度のエネルギーギャップを持つ)ため、発光性の高い物質から第4の有機化合物へのエネルギー移動は生じにくく、高い発光効率を得られる。

30

【0152】

また、電子の移動を制御する層215の膜厚は、5nm以上20nm以下であることが好ましい。厚すぎる膜厚だと、キャリアの移動速度を低下させすぎてしまい、駆動電圧が高くなってしまう。また、薄すぎる膜厚だと、キャリアの移動を制御する機能を実現しなくなってしまう。よって、5nm以上20nm以下の膜厚であることが好ましい。

【0153】

また、本実施の形態で示した電子の移動を制御する層は、実施の形態1で示した電子の移動を制御する層と同様に、発光層と接するように設けることがより好ましい。電子の移動を制御する層を発光層と接するように設けることにより、発光層への電子注入を直接制御できるため、発光層内におけるキャリアバランスの経時変化をより抑制することができ、素子寿命向上に関してより大きな効果が得られる。また、プロセス的にも簡便となる。

40

【0154】

なお、電子の移動を制御する層は発光層と接するように設けるのが好ましく、その場合には、電子の移動を制御する層に含まれる第3の有機化合物と、発光層に多く含まれている有機化合物とは、異なる種類の有機化合物であることが好ましい。特に、発光層の構成が、発光性の高い物質を分散させる物質(第5の有機化合物)と、発光性の高い物質(第6の有機化合物)とを含む場合、第5の有機化合物と、第3の有機化合物とは、異なる種類の有機化合物であることが好ましい。このような構成により、電子の移動を制御する層

50

から発光層への電子の移動が、第3の有機化合物と第5の有機化合物との間においても抑制され、電子の移動を制御する層を設ける効果がより高くなる。

【0155】

以上で述べたように、本実施の形態で示す発光素子は、正孔の移動を制御する層212および電子の移動を制御する層215の両方を有している点が特徴である。

【0156】

例えば、もし正孔の移動を制御する層212および電子の移動を制御する層215を設けない従来の発光素子であれば、第1の電極202から注入された正孔は、正孔注入層211、正孔輸送層213を通り、移動が遅くならないまま発光層214に注入されるため、その一部は電子輸送層216の界面付近まで達する。そして、正孔が電子輸送層216にまで達してしまうと、電子輸送層216を劣化させる恐れがある。またその劣化によって、経時的に電子輸送層216にまで達してしまう正孔の量が増えていくと、経時的に発光層214における再結合確率が低下していくことになるため、素子寿命の低下（輝度の経時劣化）に繋がってしまう。同様に、第2の電極204から注入された電子は、電子注入層217および電子輸送層216を通り、移動が遅くならないまま発光層214に注入されるため、その一部は正孔輸送層213と発光層214との界面付近まで達する。そして、電子が正孔輸送層213にまで達してしまうと、正孔輸送層213を劣化させる恐れがある。またその劣化によって、経時的に正孔輸送層213にまで達してしまう電子の量が増えていくと、経時的に発光層内での再結合確率が低下していくことになるため、素子寿命の低下（輝度の経時劣化）に繋がってしまう。

【0157】

一方、本発明の発光素子においては、正孔の移動を制御する層212を設けることにより、第1の電極202から注入された正孔は、正孔注入層211を通り、正孔の移動を制御する層212に注入される。正孔の移動を制御する層212に注入された正孔は、その移動が遅くなり、正孔輸送層213への正孔注入が制御される。そのため、発光層214への正孔注入も制御される。その結果、正孔が電子輸送層216にまで達してしまい、電子輸送層216を劣化させる可能性が低くなる。なお、本発明においては、正孔の移動を制御する層212において、単に正孔移動度の遅い物質を適用するのではなく、正孔輸送性を有する有機化合物に正孔輸送性を下げ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、単に発光層への正孔注入を制御するだけではなく、その制御された正孔注入量が経時的に変化するのを抑制することができる。

【0158】

さらに本発明の発光素子においては、電子の移動を制御する層215をも設けている。これにより、第2の電極204から注入された電子は、電子注入層217、電子輸送層216を通り、電子の移動を制御する層215に注入される。ここで、電子の移動を制御する層215は、電子輸送性を有する第3の有機化合物に、電子をトラップする機能を有する第4の有機化合物が添加した構成となっている。したがって、電子の移動を制御する層215に注入された電子は、その移動が遅くなり、発光層214への電子注入が制御される。その結果、電子が正孔輸送層213にまで達してしまい、正孔輸送層213を劣化させる可能性が低くなる。また正孔に関しても、電子の移動を制御する層215が電子輸送性を有する第3の有機化合物を有しているため、正孔が電子輸送層216にまで達して電子輸送層216を劣化させる可能性はさらに低い。なお、本発明においては、電子の移動を制御する層215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トラップ性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、単に発光層214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。

【0159】

以上のことから、本発明の発光素子は、正孔、電子の両キャリアの発光層への注入量を制御することにより、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、素子寿命の向上（輝度の経時劣化の抑制）に繋がる。

【0160】

さらに、正孔の移動を制御する層212の効果として、発光効率の向上が挙げられる。正孔の移動を制御する層212を設けない従来の素子構成の場合、第1の電極202から注入された多くの正孔は、そのまま発光層214へ注入される。発光層214が電子輸送性の場合、つまり、発光層214に含まれる最も多い材料が電子輸送性の場合には、発光領域は発光層214と正孔輸送層213との界面付近になる。一方、発光層214と正孔輸送層213との界面付近には、過剰の正孔によってカチオンが生成している可能性がある。カチオンは消光剤として働くため、発光領域の周辺に生成していたカチオンの影響により発光効率が低下してしまう。

【0161】

10

しかし、本実施の形態で示した正孔の移動を制御する層212を設けることにより、過剰の正孔によって、発光層214や正孔輸送層213周辺にできていたカチオンの生成を抑制することができ、発光効率の低下を抑制することができる。従って、発光効率の高い発光素子を得ることができる。

【0162】

以上で述べたように、本実施の形態で示す発光素子は、キャリアの移動を制御する層を有している。キャリアの移動を制御する層は、2種類以上の物質を含むため、物質の組み合わせや混合比、膜厚などを制御することにより、キャリアバランスを精密に制御することが可能である。

【0163】

20

また、物質の組み合わせや混合比、膜厚などの制御でキャリアバランスを制御することが可能であるので、従来よりも容易にキャリアバランスの制御が可能となる。つまり、用いる物質そのものの物性を変化させなくても、混合比や膜厚等により、キャリアの移動を制御することができる。

【0164】

また、キャリアの移動を制御する層に含まれる2種類以上の物質のうち、少なく含まれている有機化合物を用いてキャリアの移動を制御している。つまり、キャリアの移動を制御する層に含まれている成分のうち少ない成分でキャリアの移動を制御することが可能であるので、経時変化に強く、発光素子の長寿命化を実現することができる。つまり、単一物質によりキャリアバランスを制御する場合に比べ、キャリアバランスの変化が起きにくい。例えば、単一物質により形成された層でキャリアの移動を制御する場合には、部分的にモルフォロジーが変化することや、部分的に結晶化が起こることなどが生じると、層全体のバランスが変化してしまう。そのため、経時変化に弱い。しかし、本実施の形態で示すように、キャリアの移動を制御する層に含まれている成分のうち少ない成分でキャリアの移動を制御することにより、モルフォロジーの変化や結晶化、凝集等の影響が小さくなり、経時変化が起きにくい。よって、経時的な発光効率の低下が起こりにくい長寿命の発光素子を得ることができる。

30

【0165】

また、本実施の形態のように、発光層と陽極として機能する第1の電極との間に、正孔の移動を制御する層を設け、発光層と陰極として機能する第2の電極との間に、電子の移動を制御する層を設ける構成とすることにより、発光層の両側において、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なり、好ましい。

40

【0166】

また、発光層の両側において、キャリアの移動を制御することにより、より一層モルフォロジーの変化や結晶化、凝集等の影響が小さくなり、経時劣化が起きにくく、経時的な発光効率の低下が起こりにくい長寿命の発光素子を得ることができる。

【0167】

また、発光層の両側において、キャリアの移動を制御することにより、発光層のキャリア輸送性に依存せず、長寿命の発光素子を実現することができる。よって、発光層を構成する材料の選択肢および設計の自由度が広がる。

50

【0168】

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。

【0169】

(実施の形態3)

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7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。各発光ユニットの構成としては、実施の形態1および実施の形態2で示した構成と同様な構成を用いることができる。つまり、実施の形態2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る。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。

10

【0170】

図7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または実施の形態2と同様なものを適用することができる。

【0171】

電荷発生層513には、有機化合物にアクセプター性物質を含有させた複合材料が含まれている。この有機化合物とアクセプター性物質を含有する複合材料は、実施の形態1で示した複合材料であり、アクセプター物質として、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）や、酸化バナジウムや酸化モリブデンや酸化タングステン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、 dendrimer、ポリマーなど、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体は、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。

20

【0172】

なお、電荷発生層513は、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料と他の材料とを組み合わせ形成してもよい。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形成してもよい。また、電荷発生層として、実施の形態1で示した電極材料を用いることもできる。なお、光取り出し効率の点から、電荷発生層は透光性の高い層とすることが好ましい。

30

【0173】

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、一方の側の発光ユニットに電子を注入し、他方の側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、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いかなる構成でもよい。

40

【0174】

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、同様に、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

50

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。

【0175】

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。

10

【0176】

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。

【0177】

(実施の形態4)

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。

【0178】

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8を用いて説明する。なお、図8(A)は、発光装置を示す上面図、図8(B)は図8(A)をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース側駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート側駆動回路)603を含んでいる。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。

20

【0179】

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。

30

【0180】

次に、断面構造について図8(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。

【0181】

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ー体型を示すが、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。

40

【0182】

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氣的に接続された第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、ボ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。

【0183】

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の材料としてボジ型の感光性ア

50

クリルを用いた場合、絶縁物 614 の上端部のみに曲率半径 ($0.2\ \mu\text{m} \sim 3\ \mu\text{m}$) 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。

【0184】

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 $4.0\ \text{eV}$ 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。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、タングステン膜、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

【0185】

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 ~ 実施の形態 2 で示したキャリアの移動を制御する層を有している。また、EL層 616 を構成する材料としては、低分子化合物、または高分子化合物、オリゴマー、 dendrimer のいずれを用いてもよい。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。

20

【0186】

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 $3.8\ \text{eV}$ 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。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)、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (IWZO) 等) との積層膜を用いることも可能である。

30

【0187】

さらにシール材 605 で封止基板 604 を素子基板 610 と貼り合わせることで、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。

40

【0188】

なお、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 (Fiber glass - 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。

【0189】

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。

50

【0190】

本発明の発光装置は、実施の形態1～実施の形態3で示した発光素子を有する。そのため、発光効率が高い発光装置を得ることができる。

【0191】

また、発光効率が高い発光素子を有しているため、低消費電力の発光装置を得ることができる。

【0192】

また、劣化が少なく、寿命の長い発光素子を有しているため、寿命の長い発光装置を得ることができる。

【0193】

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クティブマトリクス型の発光装置について説明したが、パッシブマトリクス型の発光装置であってもよい。図9(A)には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置の斜視図を示す。なお、図9(A)は、発光装置を示す斜視図、図9(B)は図9(A)をX-Yで切断した断面図である。図9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、陰極をパターンニングすることができる。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、発光効率が高い本発明の発光素子を含むことによって、発光効率が高い発光装置を得ることができる。

【0194】

本発明の発光装置は、実施の形態1～実施の形態2で示した発光素子を有する。そのため、発光効率が高い発光装置を得ることができる。

【0195】

また、発光効率が高い発光素子を有しているため、低消費電力の発光装置を得ることができる。

【0196】

また、劣化が少なく、寿命の長い発光素子を有しているため、寿命の長い発光装置を得ることができる。

【0197】

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。

【0198】

(実施の形態5)

本実施の形態では、実施の形態4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～実施の形態3で示した発光素子を有し、発光効率が高く、低消費電力の表示部を有する。また、寿命の長い表示部を有する。

【0199】

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、デジタルカメラ等のカメラ、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、オーディオコンボ等)、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10に示す。

【0200】

図１０（Ａ）は本実施の形態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１～２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、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。また、長寿命である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、このテレビ装置は画質の劣化が少なく、低消費電力化が図られている。このような特徴により、テレビ装置において、劣化補償機能や電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、筐体９１０１や支持台９１０２の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係るテレビ装置は、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、それにより住環境に適

10

【０２０１】

図１０（Ｂ）は本実施の形態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、ポインティングデバイス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１～２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、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。また、長寿命である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画質の劣化が少なく、低消費電力化が図られている。このような特徴により、コンピュータにおいて、劣化補償機能や電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体９２０１や筐体９２０２の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係るコンピュータは、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、環境に適合した製品を提供することができる。また、持ち運ぶことも可能となり、持ち運ぶときの外部からの衝撃にも強い表示部を有しているコンピュータを提供することができる。

20

【０２０２】

図１０（Ｃ）は本実施の形態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、実施の形態１～２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、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。また、長寿命である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、この携帯電話は画質の劣化が少なく、低消費電力化が図られている。このような特徴により、携帯電話において、劣化補償機能や電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体９４０１や筐体９４０２の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係る携帯電話は、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、携帯に適した製品を提供することができる。また、携帯したときの衝撃にも強い表示部を有している製品を提供することができる。

30

【０２０３】

図１０（Ｄ）は本実施の形態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１～２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、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。また、長寿命である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、このカメラは画質の劣化が少なく、低消費電力化が図られている。このような特徴により、カメラにおいて、劣化補償機能や電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体９５０１の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係るカメラは、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、携帯に適した製品を提供することができる。また、

40

50

携帯したときの衝撃にも強い表示部を有している製品を提供することができる。

【0204】

図11は音響再生装置、具体例としてカーオーディオであり、本体701、表示部702、操作スイッチ703、704を含む。表示部702は実施の形態3の発光装置（パッシブマトリクス型またはアクティブマトリクス型）で実現することができる。また、この表示部702はセグメント方式の発光装置で形成しても良い。いずれにしても、本発明に係る発光素子を用いることにより、車両用電源（12～42V）を使って、低消費電力化を図りつつ、寿命が長く明るい表示部を構成することができる。また、本実施例では車載用オーディオを示すが、携帯型や家庭用のオーディオ装置に用いても良い。

【0205】

図12は、その一例としてデジタルプレーヤーを示している。図12に示すデジタルプレーヤーは、本体710、表示部711、メモリ部712、操作部713、イヤホン714等を含んでいる。なお、イヤホン714の代わりにヘッドホンや無線式イヤホンを用いることができる。表示部711として、実施の形態3の発光装置（パッシブマトリクス型またはアクティブマトリクス型）で実現することができる。また、この表示部702はセグメント方式の発光装置で形成しても良い。いずれにしても、本発明に係る発光素子を用いることにより、二次電池（ニッケル - 水素電池など）を使っても表示が可能であり、低消費電力化を図りつつ、寿命が長く明るい表示部を構成することができる。メモリ部712は、ハードディスクや不揮発性メモリを用いている。例えば、記録容量が20～200ギガバイト（GB）のNAND型不揮発性メモリを用い、操作部713を操作することにより、映像や音声（音楽）を記録、再生することができる。なお、表示部702及び表示部711は黒色の背景に白色の文字を表示することで消費電力を抑えられる。これは携帯型のオーディオ装置において特に有効である。

【0206】

以上の様に、本発明を適用して作製した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。本発明を適用することにより、低消費電力で、信頼性の高い表示部を有する電子機器を作製することが可能となる。

【0207】

また、本発明を適用した発光装置は、発光効率の高い発光素子を有しており、照明装置として用いることもできる。本発明を適用した発光素子を照明装置として用いる一態様を、図13を用いて説明する。

【0208】

図13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13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IC905と接続されている。また、バックライト903は、本発明の発光装置が用いられおり、端子906により、電流が供給されている。

【0209】

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、発光効率の高いバックライトが得られる。また、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。

【0210】

図14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14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である。

【0211】

図15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

10

20

30

40

50

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 10 (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。

【0212】

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。

【実施例 1】

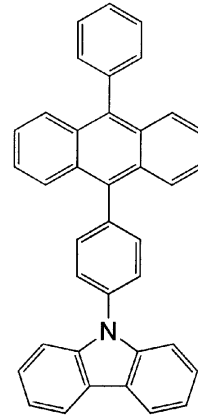
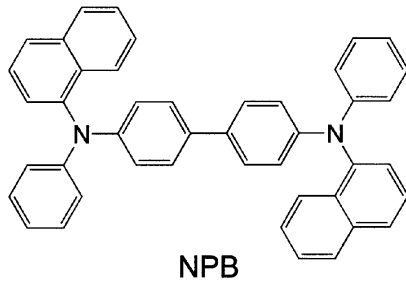
10

【0213】

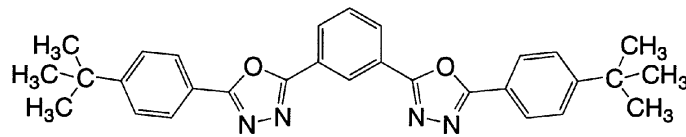
本実施例では、本発明の発光素子について具体的に図 16 を用いて説明する。実施例 1 で用いる有機化合物の構造式を以下に示す。

【0214】

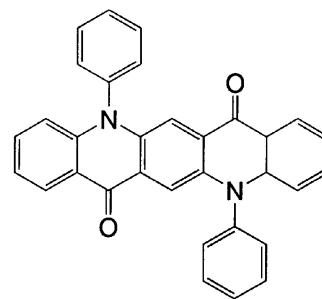
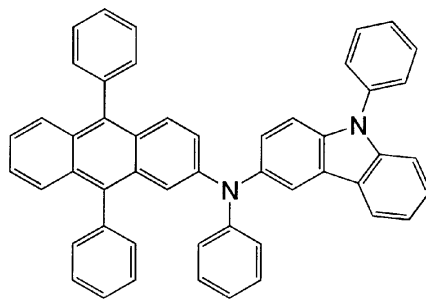
【化 1】



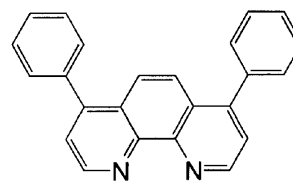
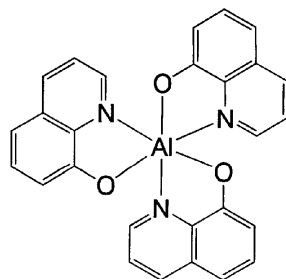
10



20



30



40

【 0 2 1 5 】

(発光素子 1 の作製)

まず、ガラス基板 1 2 0 1 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 1 2 0 2 を形成した。なお、その膜厚は 1 1 0 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

【 0 2 1 6 】

次に、第 1 の電極 1 2 0 2 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 1 2 0 2 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、 1.0×10^{-4} Pa 程度

50

まで減圧した後、第1の電極1202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1211を形成した。その膜厚は30nm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)となるように蒸着レートを調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0217】

次に、複合材料を含む層1211の上にNPBと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)とを共蒸着することにより、正孔の移動を制御する層1212を10nmの膜厚で形成した。ここで、NPBとOXD-7との重量比は、1:0.05(=NPB:OXD-7)となるように蒸着レートを調整した。

10

【0218】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、正孔の移動を制御する層1212の上に、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)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層1213を形成した。

【0219】

次に、正孔輸送層1213上に、発光層1214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1214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)となるように蒸着レートを調節した。

20

【0220】

さらに、発光層1214上に、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Alq)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、電子の移動を制御する層1215を10nmの膜厚で形成した。ここで、Alqと2PCAPAとの重量比は、1:0.1(=Alq:2PCAPA)となるように蒸着レートを調節した。

30

【0221】

その後抵抗加熱による蒸着法を用いて、電子の移動を制御する層1215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1216を形成した。

【0222】

電子輸送層1216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1217を形成した。

【0223】

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1204を形成し、発光素子1を作製した。

40

【0224】

以上により得られた本発明の発光素子1を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気で行った。

【0225】

(発光素子2の作製)

発光素子2は、電子の移動を制御する層1215であるAlqと2PCAPAとの共蒸着膜を、AlqとN,N'-ジフェニルキナクリドン(略称:DPQd)との共蒸着膜とした以外は、発光素子1と同様に作製した。ここで、AlqとDPQdとの重量比は、1:0.005(=Alq:DPQd)となるように蒸着レートを調節した。

50

【0226】

得られた本発明の発光素子2を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

【0227】

（比較発光素子3の作製）

次に、比較のため、上述した発光素子1、2の正孔の移動を制御する層1212及び電子の移動を制御する層1215を設けないような構成の比較発光素子3を作製した。作製方法を以下に示す。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。

10

【0228】

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^{-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）となるように蒸着レートを調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0229】

20

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10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0230】

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）となるように蒸着レートを調節した。

30

【0231】

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。

【0232】

次に、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。

【0233】

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3を作製した。

【0234】

40

以上により得られた比較発光素子3を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、比較発光素子3の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

【0235】

発光素子1、発光素子2および比較発光素子3の電流密度-輝度特性を図17に示す。また、電圧-輝度特性を図18に示す。また、輝度-電流効率特性を図19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20に示す。また、発光素子1、発光素子2および比較発光素子3に関し、初期輝度を5000cd/m²として、定電流駆動による連続点灯試験を行った結果を図21に示す（縦軸は、5000cd/m²を100%とした時の相対輝度である）。

50

【0236】

発光素子1は、輝度 5000 cd/m^2 のときのCIE色度座標が($x = 0.28$ 、 $y = 0.60$)であり、2PCAPAに由来する緑色の発光を示した。また、輝度 5000 cd/m^2 のときの電流効率は 16.2 cd/A であった。輝度 5000 cd/m^2 のときの駆動電圧は 5.1 V であった。

【0237】

さらに、発光素子1に関し、初期輝度を 5000 cd/m^2 として、定電流駆動による連続点灯試験を行った結果、100時間後でも初期輝度の87%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。

【0238】

発光素子2は、輝度 5000 cd/m^2 のときのCIE色度座標が($x = 0.28$ 、 $y = 0.61$)であり、2PCAPAに由来する緑色の発光を示した。また、輝度 5000 cd/m^2 のときの電流効率は 13 cd/A であった。輝度 5000 cd/m^2 のときの駆動電圧は 6.8 V であった。

【0239】

さらに、発光素子2に関し、初期輝度を 5000 cd/m^2 として、定電流駆動による連続点灯試験を行った結果、100時間後でも初期輝度の92%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。

【0240】

比較発光素子3は、輝度 5000 cd/m^2 のときのCIE色度座標は($x = 0.30$ 、 $y = 0.62$)、電流効率が 16.5 cd/A であり、発光素子1および発光素子2と同様に2PCAPAに由来する緑色の発光を示した。比較発光素子3の電流効率を発光素子1、発光素子2の電流効率と比較すると、発光素子1と同等の電流効率であることがわかった。また、初期輝度を 5000 cd/m^2 とした連続点灯試験を行った結果、図21に示す通り、100時間後には初期輝度の76%にまで輝度が低下しており、発光素子1および発光素子2よりも短い寿命を示した。

【0241】

以上より、発光素子1および発光素子2は比較発光素子3に比べて長寿命であることがわかった。よって、本発明を適用することにより、長寿命な発光素子を得られることがわかった。

【実施例2】

【0242】

本実施例では、実施例1で作製した発光素子1および発光素子2におけるホールの移動を制御する層に用いた、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)と、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル(略称:NPB)の酸化反応特性について、サイクリックボルタムメトリ(CV)測定によって調べた。また、その測定から、OXD-7、NPBのHOMO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または600C)を用いた。

【0243】

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)アルドリッチ製、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($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$)((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(5cm))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($20 \sim 25$)で行った。

【0244】

(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、 $+0.20 [\text{V vs. Ag} / \text{Ag}^+]$ であった。したがって、本実施例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 $0.41 [\text{eV}]$ 低くなっていることがわかった。

10

【0245】

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2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。

【0246】

(測定例1; NPB)

本測定例1では、NPBの酸化反応特性について、サイクリックボルタンメトリ (CV) 測定によって調べた。スキャン速度は 0.1 V/sec とした。測定結果を図22に示す。なお、酸化反応特性の測定は、参照電極に対する作用電極の電位を -0.20 V から $+0.80 \text{ V}$ まで走査した後、 $+0.80 \text{ V}$ から -0.20 V まで走査することにより行った。

20

【0247】

図22に示すように、酸化ピーク電位 E_{pc} は $+0.39 \text{ V}$ 、酸化ピーク電位 E_{pa} は $+0.45 \text{ V}$ 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 $+0.42 \text{ V}$ と算出できる。このことは、NPBは $+0.42 [\text{V vs. Ag} / \text{Ag}^+]$ の電気エネルギーにより酸化されることを示しており、このエネルギーはHOMO準位に相当する。ここで、上述した通り、本実施例2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、 $-4.85 [\text{eV}]$ であるため、NPBのHOMO準位は、 $-4.85 - (+0.42) = -5.27 [\text{eV}]$ であることがわかった。

30

【0248】

(測定例2; OXD-7)

本測定例では、OXD-7の酸化反応特性について、サイクリックボルタンメトリ (CV) 測定によって調べた。スキャン速度は 0.1 V/sec とした。測定結果を図23に示す。なお、酸化反応特性の測定は、参照電極に対する作用電極の電位を -0.47 V から $+1.60 \text{ V}$ まで走査した後、 $+1.60 \text{ V}$ から -0.47 V まで走査することにより行った。

40

【0249】

図23に示すように、少なくとも 1.0 V まで走査しても、OXD-7の酸化を示すピークは現れていないことがわかる。また、 1.0 V 以上では大電流が流れている影響で、酸化を示すピークがあったとしても、それは観測できない。つまり、このデータからは、OXD-7の酸化を示すピークは $1.0 [\text{V}]$ 以上ということがわかる。また、本測定例で用いた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 $-4.85 [\text{eV}]$ であることから、CV測定における $1.0 [\text{V}]$ の酸化電位は、イオン化ポテンシャルに換算すると $-(-4.85 - 1.0) = 5.85 [\text{eV}]$ である。したがって、OXD-7のイオン化ポテンシャルは少なくとも $5.8 [\text{eV}]$ 以上であることがわかった。

【0250】

したがって、測定例1で測定したNPBとOXD-7の酸化ピーク電位との差は 0.5

50

5 [V] 以上である。したがって、NPBの酸化ピーク電位とOXD-7の酸化ピーク電位の差は、0.5 [V] 以上である。よって、NPBのイオン化ポテンシャルとOXD-7のイオン化ポテンシャルとの差は、少なくとも0.5 [eV] 以上であることがわかる。

【0251】

また、発光素子1および発光素子2で用いたOXD-7の双極子モーメントを計算した。まず、B3LYP/6-311(d, p)レベルの密度汎関数法(DFT)により、OXD-7の基底状態における構造最適化を行った。構造最適化されたOXD-7の双極子モーメントを計算したところ、3.78 デバイ(Debye)と算出された。DFTは、電子相関を考慮しないハートリー・フォック(HF)法に比較して計算精度が良く、同レベルの計算精度である摂動(MP)法よりも計算コストが小さいため、本計算で採用した。計算は、ハイパフォーマンスコンピュータ(HPC)(SGI社製、Altix 3700 DX)を用いて行った。

10

【0252】

よって、発光素子1および発光素子2で用いたOXD-7は、双極子モーメントが2.0 デバイ以上であり、イオン化ポテンシャルは5.8 eV 以上であるため、正孔の移動を制御する層に好適に用いることができることがわかる。つまり、正孔輸送性の有機化合物であるNPBとOXD-7とを含む層は正孔の移動を制御する層として機能することがわかる。したがって、本発明の発光素子のホールの移動を制御する層において、OXD-7とNPBを用いた実施例1の素子構造は、本発明に好適な構造である。

20

【実施例3】

【0253】

本実施例では、実施例1で作製した発光素子1および発光素子2における電子の移動を制御する層に用いた、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)、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)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、DPQd、2PCAPA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または600C)を用いた。

30

【0254】

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)アルドリッチ製、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($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$)((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。

40

【0255】

(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)

本実施例では、実施例2と同じ参照電極を用いた。よって、本実施例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、 $-4.44 - 0.41 = -4.85$ [eV] である。

【0256】

(測定例3; Alq)

本測定例3では、Alq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。スキャン速度は0.1 V/secとした。測定結果を図24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-0.69 Vから

50

- 2.40 Vまで走査した後、- 2.40 Vから - 0.69 Vまで走査することにより行った。

【0257】

図24に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は - 2.20 V、酸化ピーク電位 E_{pa} は - 2.12 V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 - 2.16 V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

【0258】

(測定例4; DPQd)

本測定例4では、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。スキャン速度は0.1 V / secとした。測定結果を図25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 - 0.40 Vから - 2.10 Vまで走査した後、- 2.10 Vから - 0.40 Vまで走査することにより行った。また、DPQdは溶解性が悪く、1 mmol / 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。

【0259】

20

図25に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は - 1.69 V、酸化ピーク電位 E_{pa} は - 1.63 V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 - 1.66 V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。

【0260】

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電子の移動を制御する層において、 Alq とDPQdを用いた実施例1の素子構造は、本発明に好適な構造である。

30

【0261】

(測定例5; 2PCAPA)

本測定例5では、2PCAPA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。スキャン速度は0.1 V / secとした。測定結果を図26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 - 0.41 Vから - 2.50 Vまで走査した後、- 2.50 Vから - 0.41 Vまで走査することにより行った。

40

【0262】

図26に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は - 2.21 V、酸化ピーク電位 E_{pa} は - 2.14 V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 - 2.18 Vと算出できる。このことは、 Alq は - 2.18 [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、2PCAPAのLUMO準位は、- 4.85 - (- 2.18) = - 2.67 [eV]であることがわかった。

【0263】

また、上述のようにして求めた Alq と2PCAPAのLUMO準位を比較すると、2

50

P C A P A の L U M O 準位は A l q と 0 . 0 2 [e V] しか変わらないことがわかる。また、A l q は電子輸送性の高い物質であり、2 P C A P A はアミン骨格を有しているためホール輸送性を有すると考えられる。したがって、本発明の発光素子の電子の移動を制御する層において、A l q と 2 P C A P A を用いた実施例 1 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】

【 0 2 6 4 】

【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。

10

【図 4】本発明の発光素子を説明する図。

【図 5】本発明の発光素子を説明する図。

【図 6】本発明の発光素子を説明する図。

【図 7】本発明の発光素子を説明する図。

【図 8】本発明の発光装置を説明する図。

【図 9】本発明の発光装置を説明する図。

【図 10】本発明の電子機器を説明する図。

【図 11】本発明の電子機器を説明する図。

【図 12】本発明の電子機器を説明する図。

【図 13】本発明の電子機器を説明する図。

20

【図 14】本発明の照明装置を説明する図。

【図 15】本発明の照明装置を説明する図。

【図 16】実施例の発光素子を説明する図。

【図 17】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。

【図 18】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 19】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 20】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 21】実施例 1 で作製した発光素子の規格化輝度時間変化を示す図。

【図 22】O X D - 7 の酸化反応特性を示す図。

【図 23】N P B の酸化反応特性を示す図。

30

【図 24】A l q の還元反応特性を示す図。

【図 25】D P Q d の還元反応特性を示す図。

【図 26】2 P C A P A の還元反応特性を示す図。

【符号の説明】

【 0 2 6 5 】

2 0 1 基板

2 0 2 第 1 の電極

2 0 3 E L 層

2 0 4 第 2 の電極

2 1 1 正孔注入層

40

2 1 2 正孔の移動を制御する層

2 1 3 正孔輸送層

2 1 4 発光層

2 1 5 電子の移動を制御する層

2 1 6 電子輸送層

2 1 7 電子注入層

2 2 1 第 1 の有機化合物

2 2 2 第 2 の有機化合物

2 4 1 第 3 の有機化合物

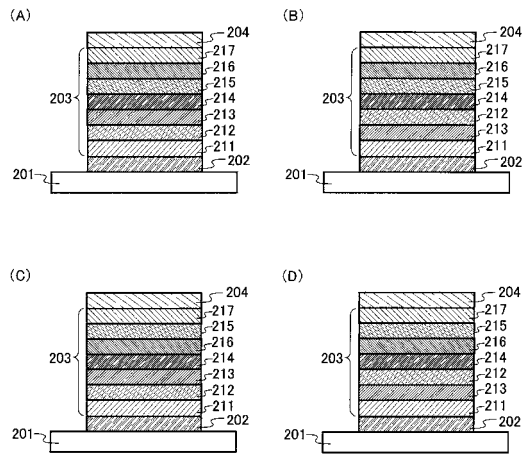
2 4 2 第 4 の有機化合物

50

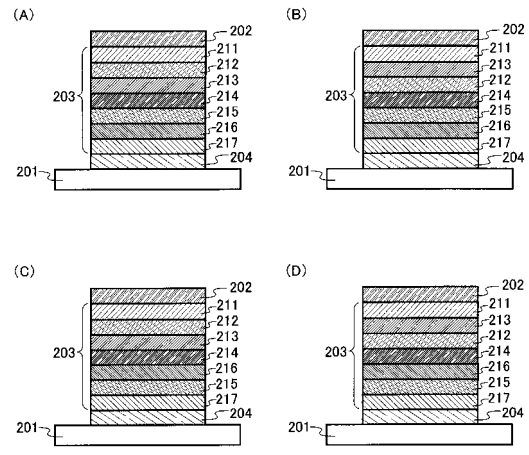
5 0 1	第 1 の電極	
5 0 2	第 2 の電極	
5 1 1	第 1 の発光ユニット	
5 1 2	第 2 の発光ユニット	
5 1 3	電荷発生層	
6 0 1	ソース側駆動回路	
6 0 2	画素部	
6 0 3	ゲート側駆動回路	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	10
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	20
6 1 8	発光素子	
6 2 3	N チャネル型 T F T	
6 2 4	P チャネル型 T F T	
7 0 1	本体	
7 0 2	表示部	
7 0 3	操作スイッチ	
7 0 4	表示部	
7 1 0	本体	
7 1 1	表示部	
7 1 2	メモリ部	30
7 1 3	操作部	
7 1 4	イヤホン	
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	
9 5 2	電極	40
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
1 2 0 1	ガラス基板	
1 2 0 2	第 1 の電極	
1 2 0 4	第 2 の電極	
1 2 1 1	複合材料を含む層	
1 2 1 2	正孔の移動を制御する層	
1 2 1 3	正孔輸送層	50

1 2 1 4	発光層	
1 2 1 5	電子の移動を制御する層	
1 2 1 6	電子輸送層	
1 2 1 7	電子注入層	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
3 0 0 2	テレビ装置	
9 1 0 1	筐体	
9 1 0 2	支持台	10
9 1 0 3	表示部	
9 1 0 4	スピーカ部	
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	ポインティングデバイス	
9 4 0 1	本体	20
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	
9 5 0 3	筐体	30
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	

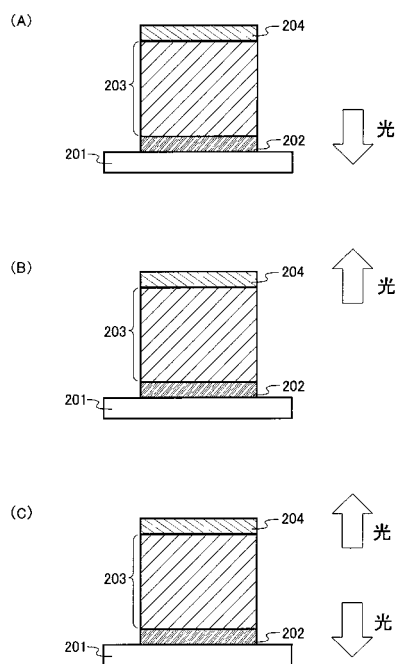
【図 1】



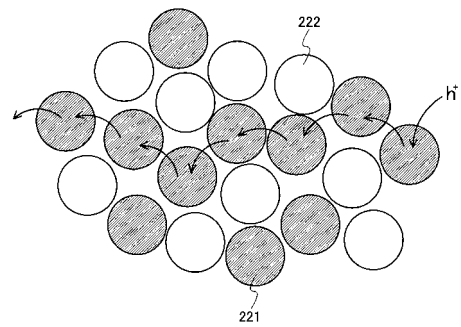
【図 2】



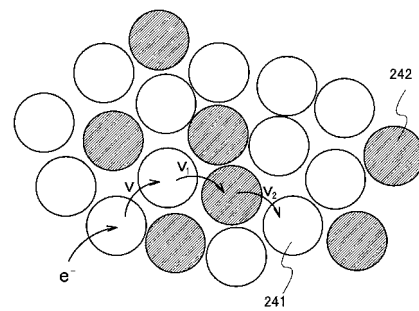
【図 3】



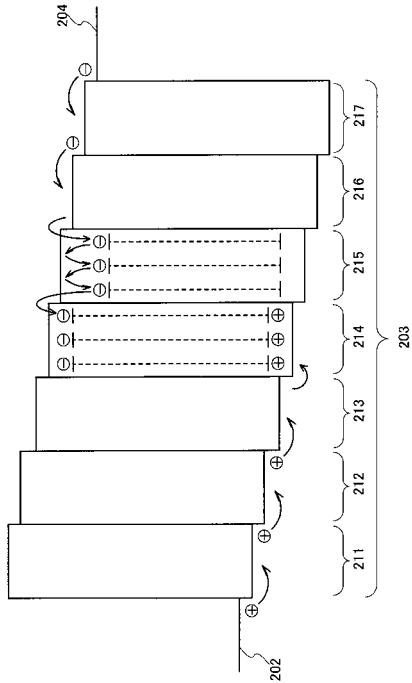
【図 4】



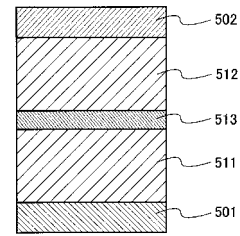
【図 5】



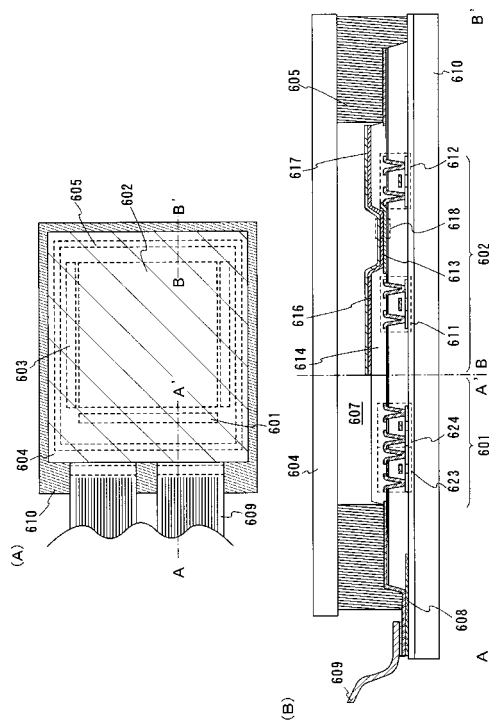
【図 6】



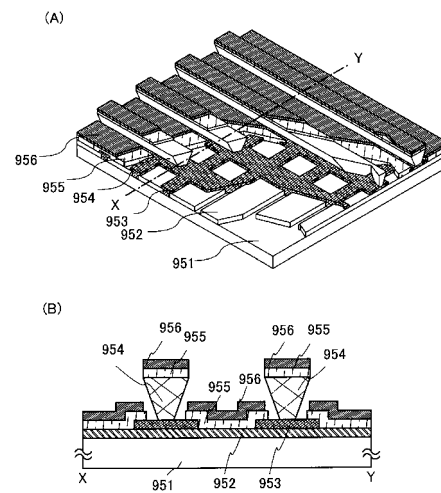
【図 7】



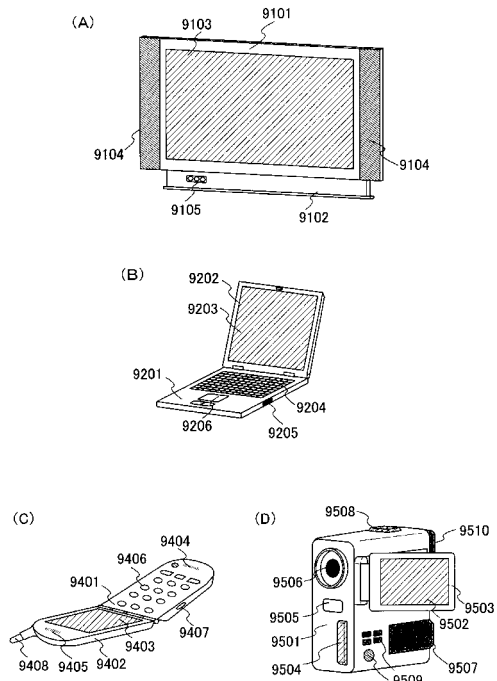
【図 8】



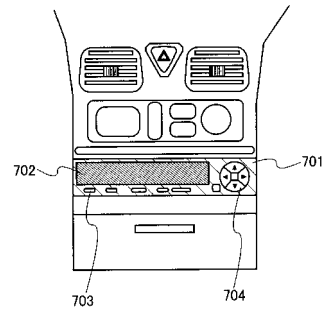
【図 9】



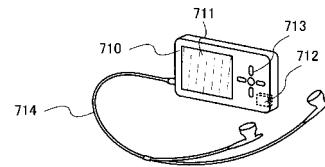
【図 10】



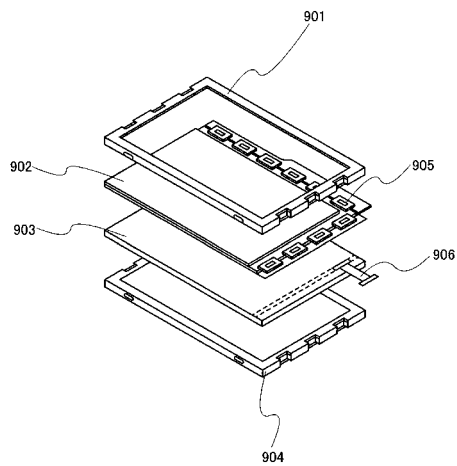
【図 11】



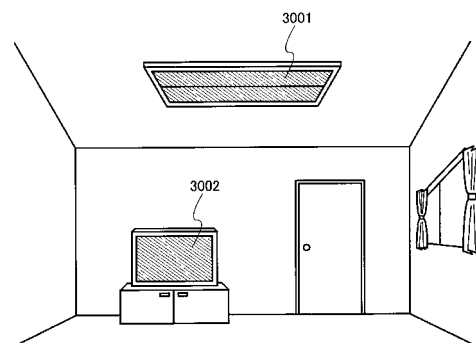
【図 12】



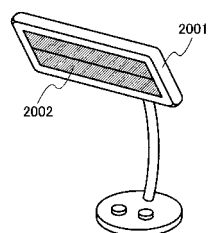
【図 13】



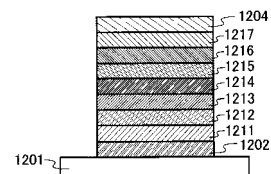
【図 15】



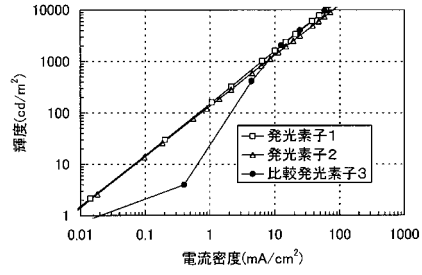
【図 14】



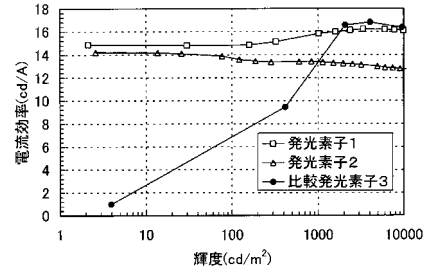
【図 16】



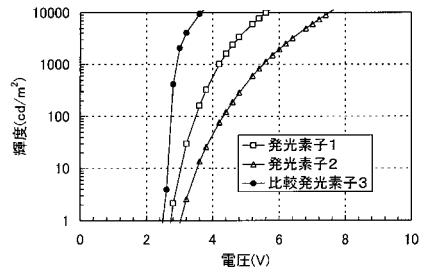
【図 17】



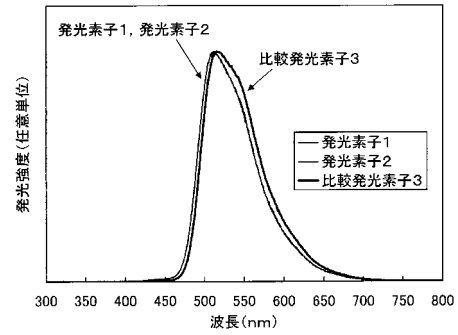
【図 19】



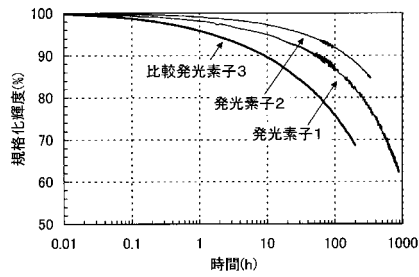
【図 18】



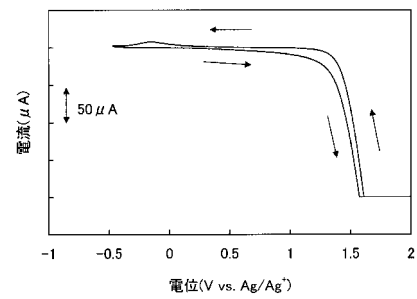
【図 20】



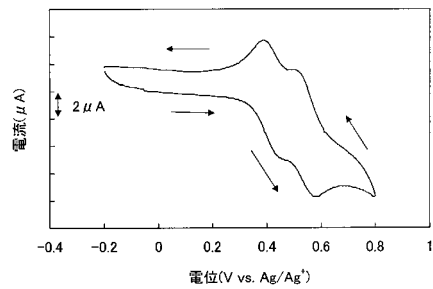
【図 21】



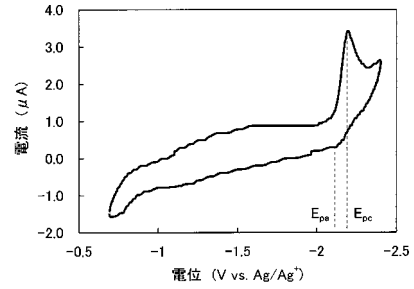
【図 23】



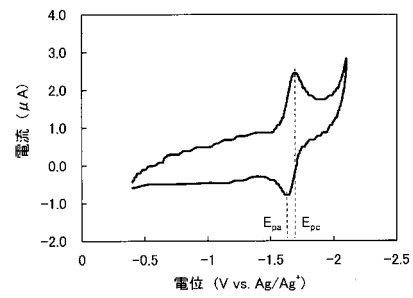
【図 22】



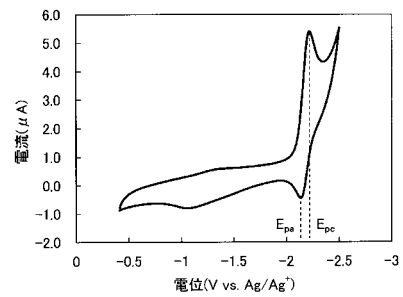
【図 24】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 09 - 298088 (JP, A)
特開 2001 - 267081 (JP, A)
特開 2003 - 272870 (JP, A)
特開 2004 - 079413 (JP, A)
特表 2005 - 510025 (JP, A)
特開 2006 - 066890 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 51/50