

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-166687

(P2008-166687A)

(43) 公開日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(51) Int.Cl.

H01L 51/50 (2006.01)

F 1

H05B 33/22

B

テーマコード(参考)

H05B 33/14

A

H05B 33/22

D

審査請求 未請求 請求項の数 39 O L (全 51 頁)

(21) 出願番号 特願2007-176103 (P2007-176103)
 (22) 出願日 平成19年7月4日 (2007.7.4)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-184350 (P2006-184350)
 (32) 優先日 平成18年7月4日 (2006.7.4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-327609 (P2006-327609)
 (32) 優先日 平成18年12月4日 (2006.12.4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 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
 (72) 発明者 野村 亮二
 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

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) 【要約】

【課題】 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。

【解決手段】 その発光素子は、一対の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、キャリア輸送性の第1の有機化合物と、該第1の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2の有機化合物とを含有し、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いることを特徴とする。

このようにキャリアの移動を制御する層を設けることにより、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。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一对の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、
前記キャリアの移動を制御する層は、キャリア輸送性の第1の有機化合物と、該第1の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2の有機化合物とを含有し、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いることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

請求項1において、
前記キャリアは電子であり、
前記第1の有機化合物の最低空軌道準位と前記第2の有機化合物の最低空軌道準位との差は0.3eVより小さいことを特徴とする発光素子。 10

【請求項 3】

請求項1において、
前記キャリアは電子であり、
前記第1の有機化合物は、金属錯体であり、
前記第2の有機化合物は、芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

請求項1において、
前記キャリアは正孔であり、
前記第1の有機化合物の最高被占有軌道準位と前記第2の有機化合物の最高被占有軌道準位との差は0.3eVより小さいことを特徴とする発光素子。 20

【請求項 5】

請求項1において、
前記キャリアは正孔であり、
前記第1の有機化合物は、芳香族アミン化合物であり、
前記第2の有機化合物は、金属錯体であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する2つの層とを有し、
前記キャリアの移動を制御する一方の層は前記発光層と第2の電極との間、前記キャリアの移動を制御する他方の層は前記発光層と第1の電極との間に、それぞれ設けられており、 30

前記キャリアの移動を制御する一方の層は、キャリア輸送性の第1の有機化合物と、該第1の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2の有機化合物とを含有し、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、

前記キャリアの移動を制御する他方の層は、キャリア輸送性の第1'の有機化合物と、該第1'の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2'の有機化合物とを含有し、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、

かつ前記一方の層におけるキャリア輸送性は、前記他方の層における前記キャリア輸送性とは異なるものであることを特徴とする発光素子。 40

【請求項 7】

一对の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、
前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、
前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物のキャリア輸送の極性が異なることを特徴とする発光素子。

【請求項 8】

一对の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、
前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み
前記第1の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、
前記第2の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であることを特徴とする発光素子。 50

【請求項 9】

第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第2の電極との間に設けられており、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記第2の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、前記キャリアの移動を制御する層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

10

【請求項 10】

請求項9において、前記第1の有機化合物の最低空軌道準位と前記第2の有機化合物の最低空軌道準位との差は0.3eVより小さいことを特徴とする発光素子。

【請求項 11】

請求項9において、前記第1の有機化合物は、金属錯体であり、前記第2の有機化合物は、芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光素子。

20

【請求項 12】

請求項9ないし請求項11のいずれか1項において、前記発光層は、電子輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項 13】

請求項9ないし請求項11のいずれか1項において、前記発光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、前記第3の有機化合物は、前記第4の有機化合物よりも多く含まれており、前記第3の有機化合物は電子輸送性であることを特徴とする発光素子。

30

【請求項 14】

請求項13において、前記第1の有機化合物と前記第3の有機化合物とは異なる有機化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 15】

第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第1の電極との間に設けられており、

前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、前記第2の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記キャリアの移動を制御する層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、

40

前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【請求項 16】

請求項15において、前記第1の有機化合物の最高被占有軌道準位と前記第2の有機化合物の最高被占有軌道準位との差は0.3eVより小さいことを特徴とする発光素子。

【請求項 17】

請求項15において、前記第1の有機化合物は、芳香族アミン化合物であり、前記第2の有機化合物は、金属錯体であることを特徴とする発光素子。

【請求項 18】

50

請求項 15 ないし請求項 17 のいずれか 1 項において、
前記発光層は、正孔輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項 19】

請求項 15 ないし請求項 17 のいずれか 1 項において、
前記発光層は、第 3 の有機化合物と第 4 の有機化合物とを有し、
前記第 3 の有機化合物は、前記第 4 の有機化合物よりも多く含まれてあり、
前記第 3 の有機化合物は正孔輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項 20】

請求項 19 において、前記第 1 の有機化合物と前記第 3 の有機化合物とは異なる有機化合物であることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 21】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する 2 つの層とを有し、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は前記発光層と第 2 の電極との間、前記キャリアの移動を制御する他方の層は前記発光層と第 1 の電極との間に、それぞれ設けられており、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、

前記第 1 の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、

前記第 2 の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、

20

前記キャリアの移動を制御する一方の層において、前記第 2 の有機化合物よりも前記第 1 の有機化合物が多く含まれており、

前記キャリアの移動を制御する他方の層は、第 1 ' の有機化合物と第 2 ' の有機化合物とを含み、

前記第 1 ' の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、

前記第 2 ' の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、

前記キャリアの移動を制御する他方の層において、前記第 2 ' の有機化合物よりも前記第 1 ' の有機化合物が多く含まれており、

前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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

【請求項 22】

一対の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、
前記キャリアの移動を制御する層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、
前記第 1 の有機化合物の双極子モーメントを P_1 、前記第 2 の有機化合物の双極子モーメントを P_2 とすると、 $P_1 / P_2 = 3$ または $P_1 / P_2 = 0.33$ の関係を満たすことを特徴とする発光素子。

【請求項 23】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、
前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第 2 の電極との間に設けられており、

40

前記キャリアの移動を制御する層は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物とを含み、
前記第 1 の有機化合物の双極子モーメントを P_1 、前記第 2 の有機化合物の双極子モーメントを P_2 とすると、 $P_1 / P_2 = 3$ であり、

前記キャリアの移動を制御する層において、前記第 2 の有機化合物よりも前記第 1 の有機化合物が多く含まれており、

前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【請求項 24】

請求項 23 において、

前記第 1 の有機化合物の最低空軌道準位と前記第 2 の有機化合物の最低空軌道準位との

50

差は0.3eVより小さいことを特徴とする発光素子。

【請求項25】

請求項23において、

前記第1の有機化合物は、金属錯体であり、

前記第2の有機化合物は、芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項26】

請求項23ないし請求項25のいずれか1項において、

前記発光層は、電子輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項27】

請求項23ないし請求項25のいずれか1項において、

10

前記発光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、

前記第3の有機化合物は、前記第4の有機化合物よりも多く含まれており、

前記第3の有機化合物は電子輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項28】

請求項27において、前記第1の有機化合物と前記第3の有機化合物とは異なる有機化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項29】

第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、

前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第1の電極との間に設けられており、

20

前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物の双極子モーメントをP₁、前記第2の有機化合物の双極子モーメントをP₂とすると、P₁ / P₂ = 0.33であり、

前記キャリアの移動を制御する層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、

前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【請求項30】

請求項29において、

30

前記第1の有機化合物の最高被占有軌道準位と前記第2の有機化合物の最高被占有軌道準位との差は0.3eVより小さいことを特徴とする発光素子。

【請求項31】

請求項29において、

前記第1の有機化合物は、芳香族アミン化合物であり、

前記第2の有機化合物は、金属錯体であることを特徴とする発光素子。

【請求項32】

請求項29ないし請求項31のいずれか1項において、

前記発光層は、正孔輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項33】

請求項29ないし請求項31のいずれか1項において、

40

前記発光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、

前記第3の有機化合物は、前記第4の有機化合物よりも多く含まれており、

前記第3の有機化合物は正孔輸送性であることを特徴とする発光素子。

【請求項34】

請求項33において、前記第1の有機化合物と前記第3の有機化合物とは異なる有機化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項35】

第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する2つの層とを有し、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は前記発光層と第2の電極との間、前記キャリ

50

アの移動を制御する他方の層は前記発光層と第1の電極との間に、それぞれ設けられており、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、

前記第1の有機化合物の双極子モーメントをP₁、前記第2の有機化合物の双極子モーメントをP₂とすると、P₁ / P₂ = 3であり、

前記キャリアの移動を制御する一方の層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、

前記キャリアの移動を制御する他方の層は、第1'の有機化合物と第2'の有機化合物とを含み、

前記第1'の有機化合物の双極子モーメントをP'₁、前記第2'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 = 0.33であり、

前記キャリアの移動を制御する他方の層において、前記第2'の有機化合物よりも前記第1'の有機化合物が多く含まれており、

前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【請求項36】

請求項1ないし請求項35のいずれか1項において、

前記キャリアの移動を制御する層の膜厚は、5nm以上20nm以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項37】

請求項1ないし請求項36のいずれか1項において、

前記キャリアの移動を制御する層と前記発光層とは接するように設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項38】

請求項1ないし請求項37のいずれか1項に記載の発光素子と、前記発光素子の発光を制御する制御手段とを有する発光装置。

【請求項39】

表示部を有し、

前記表示部は、請求項1ないし請求項37のいずれか1項に記載の発光素子と前記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電子機器。

【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、寿命の長い電流励起型の発光素子に関する。またそれを用いた発光装置、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。

【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】

10

20

30

40

50

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。

【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、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、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】

【0008】

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。

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】

【0009】

本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、キャリアの移動、すなわち電子又は正孔の移動を制御する層を設けることにより、キャリアバランスの経時変化を抑制できることを見出した。またそれにより、寿命の長い発光素子が得られることを見出した。

【0010】

前記のとおりであり、本発明の一は、一対の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、キャリア輸送性の第1の有機化合物と、該第1の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2の有機化合物とを含有し、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いることを特徴とする発光素子である。

【0011】

上記構成において、キャリアが電子の場合、第1の有機化合物の最低空軌道準位と第2の有機化合物の最低空軌道準位との差は0.3eVより小さいことが好ましい。

さらに、上記構成において、キャリアが電子の場合、第1の有機化合物は、金属錯体であり、第2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。

また、上記構成において、キャリアが正孔の場合、第1の有機化合物の最高被占有軌道準位と第2の有機化合物の最高被占有軌道準位との差は0.3eVより小さいことが好ましい。

10

20

30

40

50

さらに、上記構成において、キャリアが正孔の場合、第1の有機化合物は、芳香族アミン化合物であり、第2の有機化合物は、金属錯体であることが好ましい。

【0012】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する2つの層とを有し、前記キャリアの移動を制御する一方の層は前記発光層と第2の電極との間、前記キャリアの移動を制御する他方の層は前記発光層と第1の電極との間に、それぞれ設けられており、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は、キャリア輸送性の第1の有機化合物と、該第1の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2の有機化合物とを含有し、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、

前記キャリアの移動を制御する他方の層は、キャリア輸送性の第1'の有機化合物と、該第1'の有機化合物のキャリア輸送性を低下させる第2'の有機化合物とを含有し、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、

かつ前記一方の層におけるキャリア輸送性は、前記他方の層における前記キャリア輸送性とは異なるものであることを特徴とする発光素子とすることもできる。

【0013】

そして、本発明の一は、一対の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物のキャリア輸送の極性が異なることを特徴とする発光素子である。

【0014】

また、本発明の一は、一対の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、

前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記第2の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であることを特徴とする発光素子である。

【0015】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第2の電極との間に設けられており、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記第2の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、前記キャリアの移動を制御する層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【0016】

上記構成において、第1の有機化合物の最低空軌道準位と第2の有機化合物の最低空軌道準位との差は0.3eVより小さいことが好ましい。さらに、第1の有機化合物は、金属錯体であり、第2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。

また、上記構成において、発光層は、電子輸送性であることが好ましい。または、発光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、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おり、第3の有機化合物は電子輸送性であることが好ましい。この場合、第1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。

【0017】

そして、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第1の電極との間に設けられており、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、前記第2の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記キャリアの移動を制御する層にお

10

20

30

40

50

いて、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【0018】

上記構成において、第1の有機化合物の最高被占有軌道準位と第2の有機化合物の最高被占有軌道準位との差は0.3eVより小さいことが好ましい。または、第1の有機化合物は、芳香族アミン化合物であり、第2の有機化合物は、金属錯体であることが好ましい。

さらに、上記構成において、発光層は、正孔輸送性であることが好ましい。または、発光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、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おり、第3の有機化合物は正孔輸送性であることが好ましい。この場合、第1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。

【0019】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する2つの層とを有し、前記キャリアの移動を制御する一方の層は前記発光層と第2の電極との間、前記キャリアの移動を制御する他方の層は前記発光層と第1の電極との間に、それぞれ設けられており、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記第2の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、前記キャリアの移動を制御する一方の層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、

前記キャリアの移動を制御する他方の層は、第1'の有機化合物と第2'の有機化合物とを含み、前記第1'の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、前記第2'の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、前記キャリアの移動を制御する他方の層において、前記第2'の有機化合物よりも前記第1'の有機化合物が多く含まれおり、

前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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とすることもできる。

【0020】

そして、本発明の一は、一対の電極間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物の双極子モーメントの大きさをP₁、前記第2の有機化合物の双極子モーメントの大きさをP₂とすると、P₁ / P₂ 3またはP₁ / P₂ 0.33の関係を満たすことを特徴とする発光素子。

【0021】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第2の電極との間に設けられており、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物の双極子モーメントの大きさをP₁、前記第2の有機化合物の双極子モーメントの大きさをP₂とすると、P₁ / P₂ 3であり、前記キャリアの移動を制御する層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれおり、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【0022】

上記構成において、第1の有機化合物の最低空軌道準位と第2の有機化合物の最低空軌道準位との差は0.3eVより小さいことが好ましい。または、第1の有機化合物は、金属錯体であり、第2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。

さらに、上記構成において、発光層は、電子輸送性であることが好ましい。または、発

10

20

30

40

50

光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、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おり、第3の有機化合物は電子輸送性であることが好ましい。この場合、第1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。

【0023】

そして、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する層とを有し、前記キャリアの移動を制御する層は、前記発光層と第1の電極との間に設けられており、前記キャリアの移動を制御する層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物の双極子モーメントの大きさを P_1 、前記第2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、 $P_1 / P_2 = 0.33$ であり、前記キャリアの移動を制御する層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれており、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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。

【0024】

上記構成において、第1の有機化合物の最高被占有軌道準位と第2の有機化合物の最高被占有軌道準位との差は 0.3 eV より小さいことが好ましい。または、第1の有機化合物は、芳香族アミン化合物であり、第2の有機化合物は、金属錯体であることが好ましい。

さらに、上記構成において、発光層は、正孔輸送性であることが好ましい。または、発光層は、第3の有機化合物と第4の有機化合物とを有し、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おり、第3の有機化合物は正孔輸送性であることが好ましい。この場合、第1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。

【0025】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極との間に、発光層とキャリアの移動を制御する2つの層とを有し、前記キャリアの移動を制御する一方の層は前記発光層と第2の電極との間、前記キャリアの移動を制御する他方の層は前記発光層と第1の電極との間に、それぞれ設けられており、

前記キャリアの移動を制御する一方の層は、第1の有機化合物と第2の有機化合物とを含み、前記第1の有機化合物の双極子モーメントの大きさを P_1 、前記第2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、 $P_1 / P_2 = 3$ であり、前記キャリアの移動を制御する一方の層において、前記第2の有機化合物よりも前記第1の有機化合物が多く含まれおり、

前記キャリアの移動を制御する他方の層は、第1'の有機化合物と第2'の有機化合物とを含み、前記第1'の有機化合物の双極子モーメントの大きさを $P_{1'}$ 、前記第2'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、 $P_{1'} / P_{2'} = 0.33$ であり、前記キャリアの移動を制御する他方の層において、前記第2'の有機化合物よりも前記第1'の有機化合物が多く含まれおり、

前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加することにより、前記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とすることもできる。

【0026】

また、本発明では、前記した各種構成において、キャリアの移動を制御する層の膜厚は、 5 nm 以上 20 nm 以下であることが好ましい。

また、上記構成において、キャリアの移動を制御する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。

【0027】

そして、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

10

20

30

40

50

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、または発光素子が形成された基板に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。

【0028】

さらに、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。

10

【発明の効果】

【0029】

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。

また、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、発光効率が高く、消費電力が低減された発光装置および電子機器を得ることができる。さらに、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】

【0030】

まず、発光素子における輝度劣化要因について説明する。発光素子は通常、一定電流によって駆動されことが多いが、その場合、輝度劣化とは電流効率の低下である。そして電流効率は、単位電流値あたりの輝度を表すため、流れているキャリアのうちどのくらいが発光層内において再結合に寄与しているか(キャリアバランス)、あるいは発光層内で再結合したキャリアのうち(つまり励起子のうち)どのくらいが発光に寄与しているか(量子収率)に大きく左右される。

20

【0031】

してみると、輝度劣化要因としては、キャリアバランスの経時的な変化、あるいは量子収率の経時劣化が大きなウェイトを占めていると考えられるが、本発明では、キャリアバランスの経時的な変化に着目した。

【0032】

以下において、本発明について、発明を実施するための最良の形態を含む実施の態様に関し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。

30

【0033】

(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。本実施の形態では、キャリアの移動を制御する層として、電子の移動を制御する層を設けた発光素子について説明する。

40

すなわち、本発明では、キャリアの移動を制御する層を用いて、キャリアバランスの経時変化を抑制し、発光素子を長寿命化するために、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したのである。

【0034】

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積層されたものである。

【0035】

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

50

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。

【0036】

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、本発明の発光素子においては、基板201は、該発光素子を利用する製品である発光装置あるいは電気機器中に残存するようにしてよいが、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ってもよく、その場合には最終製品中に残存しないことになる。

【0037】

第1の電極202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。

【0038】

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、スピンドル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1～20wt%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。この他、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）、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。

【0039】

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。

なお、本明細書において、複合とは、単に2つの材料を混合させるだけでなく、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。

【0040】

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）、ユーロピウム（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。

【0041】

EL層203は、第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214

10

20

30

40

50

、第5の層215、第6の層216を有しており、このEL層203において、第3の層213は発光層、第4の層214はキャリアの移動を制御する層である。

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、その他の層については特に限定されない。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、キャリアの移動を制御する層、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。

【0042】

第1の層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、タンゲステン酸化物、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が挙げられる。

【0043】

さらに、低分子の有機化合物としては、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：T DATA）、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：MT DATA）、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も挙げられる。

【0044】

また、第1の層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。

【0045】

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 cm² / V s 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有機化合物を具体的に列挙する。

【0046】

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、MT DATA、T DATA、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または-NPD）、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-

10

20

30

40

50

[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)、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を挙げることができる。

【0047】

また、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: DPDA)、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)アントラセン等の芳香族炭化水素化合物を挙げることができる。

10

【0048】

さらに、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、ルブレン、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も挙げることができる。

20

【0049】

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、酸化タンクス滕、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。

30

【0050】

また、第1の層211としては、高分子化合物(オリゴマー、デンドリマー、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: PTCPDMA)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。

40

なお、上述したPVK、PVTPA、PTCPDMA、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、第1の層211として用いてもよい。

【0051】

第2の層212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(または-NPD)、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

50

ル（略称：D F L D P B i）、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：B S P B）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。

【0052】

但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、前記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。

また、第2の層212として、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPDなどの高分子化合物を用いることもできる。

10

【0053】

第3の層213は、発光性の高い物質を含む層であり、本発明の発光層に該当し、種々の材料を用いることができる。低分子の有機化合物としては、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'-ジフェニルスチルベン-4,4'-ジアミン（略称：YGA2S）、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：YGA PA）などが挙げられる。

【0054】

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：2PCA PA）、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：2DPA PA）、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：2DPA BPhA）、N-[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：2YGA BPhA）、N,N,9-トリフェニルアントラセン-9-アミン（略称：DPhA BPhA）などが挙げられる。

20

【0055】

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。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-5,11-ジアミン（略称：p-mPh TD）、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-mPh AFD）などが挙げられる。

30

【0056】

なお、本実施の形態では、キャリア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ており、そのため、発光層は、電子輸送性であることが好ましい。発光層が電子輸送性の場合、従来では発光層内からの電子の突き抜けを防ぐため、電子ブロック層を発光層の陽極側に設けていた。しかしながら、その電子ブロック機能が経時に劣化すると、再結合領域が電子ブロック層内（あるいは正孔輸送層内）にまで及んでしまい、電流効率の低下（すなわち輝度劣化）が顕著となる。

40

他方、本発明の場合は、逆に発光層の手前（陰極側）において電子の移動を制御しているため、多少電子のバランス（正孔に対する移動度や電荷量等）が崩れたとしても、発光層内における再結合の割合は変化しにくく、輝度が低下しにくいというメリットがある。

【0057】

なお、発光層としては、上述した発光性の高い物質を他の物質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材料としては、各種のもの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（H

50

OMO 準位) が低い物質を用いることが好ましい。

【0058】

なお、本実施の形態では、キャリア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ため、発光層は、電子輸送性であることが好ましい。つまり、正孔輸送性よりも電子輸送性の方が高いことが好ましい。よって、上述した発光性の高い物質を分散させるための材料としては、電子輸送性の有機化合物であることが好ましい。

【0059】

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)などの金属錯体を用いることができる。

【0060】

さらに、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: 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: TAZ)、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。

【0061】

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: DPRA)、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も用いることができる。

【0062】

また、発光性の物質を分散させるための材料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。さらに、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NPB、あるいはAlq等を添加してもよい。

また、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、第3の層213の結晶化を抑制することができる。さらに、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。

【0063】

また、発光層である第3の層213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: POF)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,5-ジメトキシベンゼン-1,4-ジイル)](略称: PF-DMOP)、ポリ{ (9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-[N,N'-ジ-(p-

10

20

30

40

50

ブチルフェニル) - 1, 4 - ジアミノベンゼン] } (略称: TAB-PFH) などが挙げられる。

【0064】

さらに、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: PPV) 、ポリ[(9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - alt - co - (ベンゾ[2, 1, 3]チアジアゾール - 4, 7 - ジイル)] (略称: PFBT) 、ポリ[(9, 9 - ジオクチル - 2, 7 - ジビニレンフルオレニレン) - alt - co - (2 - メトキシ - 5 - (2 - エチルヘキシルオキシ) - 1, 4 - フェニレン)] などが挙げられる。

【0065】

また、橙色～赤色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: MEH-PPV) 、ポリ(3 - ブチルチオフェン - 2, 5 - ジイル) 、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。

【0066】

第4の層214は、キャリアの移動を制御する層であり、2種類以上の物質を含む。第4の層214において、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の有機化合物と第2の有機化合物のキャリア輸送の極性は異なっている。本実施の形態では、キャリアの移動を制御する層を、発光層よりも陰極として機能する第2の電極側に設ける場合について説明する。つまり、発光機能を担う第3の層213と第2の電極204との間に設ける場合について説明する。

【0067】

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1の有機化合物は、電子輸送性の有機化合物であり、第2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1の有機化合物は、正孔輸送性よりも電子輸送性が高い物質であり、第2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1の有機化合物の最低空軌道準位(LUMO準位)と、第2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1の有機化合物と第2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。

【0068】

本実施の形態で示すキャリア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、第1の有機化合物221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1の有機化合物に移動しやすい。つまり、第1の有機化合物に電子が注入される速度、および、第1の有機化合物から電子が放出される速度(v)が大きい。

【0069】

一方、正孔輸送性の有機化合物である第2の有機化合物222は、第1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1の有機化合物221から正孔輸送性の有機化合物である第2の有機化合物222に電子が注入される速度(v₁)、もしくは、第2の有機化合物222から第1の有機化合物221へ電子が注入される速度(v₂)は、第1の有機化合物221から第1の有機化合物221へ電子が注入される速度(v)よりも小さい。

【0070】

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電子輸送速度が小さくなる。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

10

20

30

40

50

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。

【0071】

例えば、もしキャリアの移動速度を制御する層である、第4の層214を設けない従来の発光素子であれば、電子の移動は遅くならないまま第3の層213に注入され、第2の層212の界面付近まで達する。そのため、発光領域は第2の層212と第3の層213との界面近傍に形成される。その場合、電子が第2の層212にまで達してしまい、第2の層212を劣化させる恐れがある。また、経時的に第2の層212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、素子寿命の低下（輝度の経時劣化）に繋がってしまう。

【0072】

本発明の発光素子において、第2の電極204から注入された電子は、電子注入性の高い物質が含まれる第6の層216、電子輸送性の高い物質が含まれる第5の層215を通り、キャリアの移動を制御する層である第4の層214に注入される。第4の層214に注入された電子は、その移動が遅くなり、第3の層213への電子注入が制御される。その結果、従来では正孔輸送性の高い物質が含まれる第2の層212と第3の層213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3の層213から、第3の層213と第4の層214との界面付近にかけて形成されることになる。

【0073】

したがって、電子が第2の層212にまで達してしまい、正孔輸送性の高い物質が含まれる第2の層212を劣化させる可能性が低くなる。また正孔に関しても、第4の層214が電子輸送性を有する第1の有機化合物を有しているため、正孔が第5の層215にまで達して電子輸送性の高い物質が含まれる第5の層215を劣化させる可能性は低い。

【0074】

さらに、本発明においては、第4の層214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、単に発光層である第3の層213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。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、素子寿命の向上（輝度の経時劣化の抑制）に繋がる。

【0075】

前記のとおりであり、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に発光領域が形成されにくいため、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り素子が劣化しにくい。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、劣化が少なく、寿命の長い発光素子を得ることができる。

【0076】

本実施の形態において、上述したように、第1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、Alq、Almq₃、BeBq₂、BAlq、Znq、ZnPBO、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、DPAA、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。また、ポリ[(9,9-ジヘキシリフルオレン-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。

【0077】

また、第2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:DPAnt)_h、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

10

20

30

40

50

ニル - 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 - 3 - アミン (略称 : CzA1PA) 、 4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : DPPhPA) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [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 - 3 - アミン (略称 : PCAPA) 、 N , 9 - ジフェニル - N - { 4 - [4 - (1 0 - 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 : PCAPBA) 、 N - (9 , 1 0 - 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 : 2PCAPA) 、 NPB (または - NPD) 、 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 - TP 10 D などの高分子化合物を用いることもできる。

【 0078 】

このような組み合わせにより、第 1 の有機化合物から第 2 の有機化合物へ、あるいは第 2 の有機化合物から第 1 の有機化合物への電子移動が抑制され、キャリア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、キャリアの移動を制御する層は第 1 の有機化合物に第 2 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。

【 0079 】

なお、上述した組み合わせの中でも、第 1 の有機化合物として金属錯体を、第 2 の有機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 1 の有機化合物の双極子モーメントの大きさを P_1 、第 2 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、 $P_1 / P_2 = 3$ または $P_1 / P_2 = 0.33$ となる組み合わせが好ましい。

【 0080 】

例えば、金属錯体である Alq 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、本実施形態 1 のように、第 1 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 2 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、 $P_1 / P_2 = 3$ であることが好ましい。

【 0081 】

また、第 4 の層 214 に含まれる第 2 の有機化合物の発光色と、第 3 の層 213 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 2 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、 30 nm 以内であることが好ましい。 30 nm 以内であることにより、第 2 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 2 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 2 の有機化合物が発光する必要はない。

【 0082 】

また、第 4 の層 214 の膜厚は、 5 nm 以上 20 nm 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う上に、第 4 の層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、 5 nm 以上 20 nm 以下の膜厚であることが好ましい。

【 0083 】

第 5 の層 215 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

10

20

30

40

50

物として、Alq、Almq₃、BeBq₂、BA1q、Znq、ZnPBO、ZnBTZなどの金属錯体等を用いることができる。また、金属錯体以外にも、PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen、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。

【0084】

また、第5の層215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。

10

【0085】

また、第6の層216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(CaF₂)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

【0086】

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3.8eV以下)金属、合金、電気伝導性化合物、及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)、ユーロピウム(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。

30

【0087】

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。

【0088】

また、第2の電極204と第5の層215との間に、電子注入を促す機能を有する層である第6の層216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、スピンドルコート法等を用いて成膜することが可能である。

40

【0089】

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ドル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。

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。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EL層を形成してもよい。

【0090】

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

50

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。

【0091】

以下、具体的な発光素子の形成方法を示す。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。

【0092】

例えば、図1に示した構成において、第1の電極は乾式法であるスパッタリング法、第1の層は湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第2の層は乾式法である真空蒸着法、第3の層は湿式法であるインクジェット法、第4の層は乾式法である共蒸着法、第5の層及び第6の層は乾式法である真空蒸着法、第2の電極は湿式法であるインクジェット法やスピンドル法を用いて形成してもよい。

10

【0093】

また、第1の電極は湿式法であるインクジェット法、第1の層は乾式法である真空蒸着法、第2の層は湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第3の層は湿式法であるインクジェット法、第4の層は湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第5の層及び第6の層は湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第2の電極は湿式法であるインクジェット法やスピンドル法を用いて形成してもよい。なお、上記の方法に限らず、湿式法と乾式法を適宜組み合わせればよい。

20

【0094】

さらに、例えば、図1に示した構成の場合、第1の電極を乾式法であるスパッタリング法、第1の層および第2の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、発光層である第3の層を湿式法であるインクジェット法、第4の層を乾式法である共蒸着法、第5の層および第6の層を乾式法である真空蒸着法、第2の電極を乾式法である真空蒸着法で形成することができる。つまり、第1の電極が所望の形状で形成されている基板上に、第1の層から第3の層までを湿式法で形成し、第4の層から第2の電極までを乾式法で形成することができる。この方法では、第1の層から第3の層までを大気圧中で形成することができ、第3の層の塗り分けも容易である。また、第4の層から第2の電極までは、真空一貫で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

30

【0095】

一例を以下に示す。第1の電極上に、第1の層としてPEDOT/PSSを形成する。PEDOT/PSSは水溶性であるため、水溶液としてスピンドル法やインクジェット法などにより、成膜することができる。第2の層は設けず、第1の層上に発光層として第3の層を設ける。発光層は、すでに形成されている第1の層(PEDOT/PSS)が溶解しない溶媒(トルエン、ドデシルベンゼン、あるいはドデシルベンゼンとテトラリンとの混合溶媒など)に、発光性の物質を溶かした溶液を用いてインクジェット法を用いて形成することができる。次に、第3の層上に第4の層を形成するが、第4の層を湿式法で形成する場合には、すでに形成されている第1の層および第3の層が溶解しない溶媒を用いて形成しなくてはならない。その場合、溶媒の選択肢が狭まるため、乾式法を用いて形成する方が容易である。よって、第4の層から第2の電極までを乾式法である真空蒸着法を用いて真空一貫で形成することにより、工程を簡略化することができる。

40

【0096】

また、図2に示した構成の場合、上記の方法とは逆の順番で、第2の電極を乾式法であるスパッタリングまたは真空蒸着法、第6の層から第5の層を乾式法である真空蒸着法、第4の層を共蒸着法、第3の層を湿式法であるインクジェット法、第2の層および第1の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第1の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法により形成することができる。この方法では、第2の電極から第4の層までを乾式法により真空一貫で形成し、第3の層から第1の電極までを大気圧

50

中で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

【0097】

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、EL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。

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。

【0098】

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を通じ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を通じ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を通じて、基板側および基板と逆側の両方から取り出される。

【0099】

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が防ぐように、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。

【0100】

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て構成すればよい。

【0101】

なお、本実施の形態で示すキャリア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第2の電極との間に設けることが好ましい。例えば、図1(B)に示すように、発光機能を担う第3の層213と、キャリアの移動を制御する層である第4の層214との間に、電子輸送性の高い物質を含む第7の層217を設けてもよい。

【0102】

より好ましくは、キャリア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望ましい。キャリア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、電子輸送性の高い物質を含む第7の層217を設けることがないので、プロセス的にも簡便となる。

【0103】

なお、キャリア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、キャリアの移動を制御する層に含まれる第1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3の有機化合物)と、発光性の高い物質(第4の有機化合物)とを含む場合、第3の有機化合物と、第1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、キャリアの移動を制御する層から発光層へのキャリア(本実施の形態においては電子)の移動が、第1の有機化合物と第3の有機化合物との間においても抑制され、キャリアの移動を制御する層を設ける効果がより高くなる。

【0104】

また、図2に示す発光素子は、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なっている。EL層203は、第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214、第5の層215、第6の層216を有する。第4の層214は、第3の層213と陰極として機能する第2の電極との間に設けられている。

【0105】

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。

10

【0106】

なお、TFTの構造について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。

20

【0107】

本発明の発光素子は、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。

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できる。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、用いる材料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。

【0108】

また、キャリアの移動を制御する層を用いてキャリアバランスを向上させることにより、発光素子の発光効率を向上させることができる。

30

さらに、キャリアの移動を制御する層を用いることにより、過剰の電子が発光層に注入されることや、発光層を突き抜けて正孔輸送層や正孔注入層へ電子が達することを抑制することができる。これに対して正孔輸送層や正孔注入層へ電子が達してしまうと、発光層内で再結合する確率が低下してしまい(すなわちキャリアバランスが崩れてしまい)、経時的な発光効率の低下を招いてしまう。つまり、発光素子の寿命が短くなってしまう。

【0109】

しかしながら、本発明では、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を用いることにより、過剰の電子が発光層に注入されることや、発光層を突き抜けて正孔輸送層や正孔注入層へ電子が達することを抑制し、経時的な発光効率の低下を抑制することができる。つまり、長寿命の発光素子を得ることができる。

40

さらに詳述すれば、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、第1の有機化合物よりも少なく含まれている第2の有機化合物を用いてキャリアの移動を制御している。よって、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できる。その結果、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。

【0110】

つまり、单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、单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、部分的なモルフォロジーの変化や、部分的な結晶化により、層全体のキャリアバ

50

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。

【0111】

本実施の形態で示したように、キャリア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構成は、電子過多の発光素子に適用すると特に有効である。例えば、発光層が電子輸送性であり、第2の電極から注入された電子が発光層を突き抜けてしまう割合が経時に増加していく恐れがあるような場合において、本実施の形態で示した構成を適用すると特に有効である。

10

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。

【0112】

(実施の形態2)

本実施の形態は、実施の形態1とは異なる本発明の発光素子の一態様であり、それについて図5(A)を用いて説明する。本実施の形態は、キャリアの移動を制御する層として、正孔の移動を制御する層を設けた発光素子であり、それについて説明する。

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。

20

【0113】

本実施の形態において、発光素子は、第1の電極402と、第2の電極404と、第1の電極402と第2の電極404との間に設けられたEL層403とから構成されている。また、本形態では第1の電極402は陽極として機能し、第2の電極404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402の方が第2の電極404よりも電位が高くなるように、第1の電極402と第2の電極404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。

なお、基板401としては、実施の形態1と同様なものを用いることができる。

30

【0114】

第1の電極402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く、実施の形態1で示したものと同様なものを用いることができる。

【0115】

EL層403は、第1の層411、第2の層412、第3の層413、第4の層414、第5の層415、第6の層416を有している。なお、実施の形態1と同様に、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、その他の層積層構造については特に限定されない。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、キャリアの移動を制御する層、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。

40

【0116】

第1の層411は、正孔注入性の高い物質を含む層であり、実施の形態1で示したものと同様なものを用いることができる。

第2の層412は、正孔輸送性の高い物質を含む層であり、実施の形態1で示したものと同様なものを用いることができる。

【0117】

第3の層413は、キャリアの移動を制御する層である。第3の層413は、2種類以上の物質を含む。第3の層413において、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の有機化合物と第2の有機化合物のキャリア輸送の極性は異なっている。本実施の形態では、キャリアの移動を制御する層を、発光層と陽極として機能

50

する第1の電極との間に設ける場合について説明する。つまり、発光機能を担う第4の層414と第1の電極402との間に設ける場合について説明する。

【0118】

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場合、第1の有機化合物は、正孔輸送性の有機化合物であり、第2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。つまり、第1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り、第2の有機化合物は、正孔輸送性よりも電子輸送性が高い物質であることが好ましい。また、第1の有機化合物の最高被占有軌道準位(HOMO準位)と、第2の有機化合物の最高被占有軌道準位(HOMO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1の有機化合物と第2の有機化合物との間でキャリアである正孔の移動が容易であることが好ましい。

10

【0119】

本実施の形態で示すキャリアの移動を制御する層の概念図を図8に示す。図8において、第1の有機化合物422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。つまり、第1の有機化合物に正孔が注入される速度、および、第1の有機化合物から正孔が放出される速度(v)が大きい。

【0120】

一方、電子輸送性の有機化合物である第2の有機化合物421は、第1の有機化合物のHOMO準位と近いHOMO準位を有するため、熱力学的には正孔が注入されうる。しかし、正孔輸送性の有機化合物である第1の有機化合物422から電子輸送性の有機化合物である第2の有機化合物421に正孔が注入される速度(v₁)、もしくは、第2の有機化合物421から第1の有機化合物422へ正孔が注入される速度(v₂)は、第1の有機化合物422から第1の有機化合物422へ正孔が注入される速度(v)よりも小さい。

20

【0121】

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422のみからなる層よりも正孔輸送速度が小さくなる。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。

30

【0122】

例えば、もし第3の層413を設けない従来の発光素子であれば、正孔の移動は遅くならないまま第4の層414に注入され、第5の層415の界面付近まで達する。そのため、発光領域は第4の層414と第5の層415との界面近傍に形成される。その場合、正孔が第5の層415にまで達してしまい、第5の層415を劣化させる恐れがある。また、経時的に第5の層415にまで達してしまう正孔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、素子寿命の低下(輝度の経時劣化)に繋がってしまう。

【0123】

本発明の発光素子において、第1の電極402から注入された正孔は、正孔注入性の高い物質が含まれる第1の層411、正孔輸送性の高い物質が含まれる第2の層412を通り、キャリアの移動を制御する層である第3の層413に注入される。第3の層413に注入された正孔は、その移動が遅くなり、第4の層414への正孔注入が制御される。その結果、従来では電子輸送性の高い物質が含まれる第5の層415と第4の層414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4の層414から、第4の層414と第3の層413との界面付近にかけて形成されることになる。

40

【0124】

したがって、本発明の発光素子においては、正孔が第5の層415にまで達することにより、電子輸送性の高い物質が含まれる第5の層415を劣化させる可能性が低くなる。また電子に関して、第3の層413が正孔輸送性を有する第1の有機化合物を有しているため、電子が第2の層412にまで達して正孔輸送性の高い物質が含まれる第2の層4

50

12を劣化させる可能性は低い。

【0125】

さらに、本発明においては、第3の層413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電子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、単に第4の層414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。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、素子寿命の向上（輝度の経時劣化の抑制）に繋がる。

【0126】

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に発光領域が形成されていないため、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、劣化が少なく、寿命の長い発光素子を得ることができる。

【0127】

本実施の形態において、上述したように、第1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、DPA nth、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、CzAPA、DPHPA、PCAPA、PCAPBA、2PCAPA、NPB（または-NPD）、TPD、DFLDPBi、BSPBなどの芳香族アミン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。

【0128】

また、第2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、Alq、Almq₃、BeBq₂、Znq、ZnPBO、ZnBTZなどの金属錯体、PBD、OXD-7、TAZ、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。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。

【0129】

このような組み合わせにより、第1の有機化合物から第2の有機化合物へ、あるいは第2の有機化合物から第1の有機化合物への正孔移動が抑制され、キャリアの移動を制御する層の正孔移動速度を抑制することができる。また、キャリアの移動を制御する層は第1の有機化合物に第2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、先に述べた正孔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。

【0130】

なお、上述した組み合わせの中でも、第1の有機化合物として芳香族アミン化合物を、第2の有機化合物として金属錯体を組み合わせることが好ましい。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く、一方で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、上述した正孔移動の抑制効果はより顕著となる。

【0131】

具体的には、第1の有機化合物の双極子モーメントをP₁、第2の有機化合物の双極子モーメントをP₂とすると、P₁/P₂ 3またはP₁/P₂ 0.33となる組み合わせが

10

20

30

40

50

好みしい。例えば、芳香族アミン化合物であるN P Bの双極子モーメントは0.86デバイであり、金属錯体であるA l qの双極子モーメントは9.40デバイである。したがって、本実施形態2のように、第1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、第2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用いる場合は、 $P_1 / P_2 = 0.33$ であることが好みしい。

【0132】

また、第3の層413に含まれる第2の有機化合物の発光色と、第4の層414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みしい。具体的には、第2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みしい。30nm以内であることにより、第2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2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2の有機化合物が発光する必要はない。

10

【0133】

また、第3の層413の膜厚は、5nm以上20nm以下であることが好みしい。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う上に、第3の層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みしい。

20

【0134】

第4の層414は、発光性の高い物質を含む層、すなわち発光層であり、実施の形態1で示した発光性の高い物質を用いることができる。また、発光層としては、実施の形態1で示したように、発光性の高い物質を他の物質に分散させた構成としてもよい。

【0135】

なお、本実施の形態では、キャリア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ため、発光層は、正孔輸送性であることが好みしい。つまり、電子輸送性よりも正孔輸送性の方が高いことが好みしい。発光層が正孔輸送性の場合、従来では発光層内における正孔の突き抜けを防ぐため、正孔ブロック層を発光層と陰極との間に設けていた。しかしながら、その正孔ブロック機能が経時的に劣化すると、再結合領域が正孔ブロック層内（あるいは電子輸送層内）にまで及んでしまい、電流効率の低下（すなわち輝度劣化）が顕著となる。一方本発明の場合は、逆に、発光層と陽極との間（陽極側）において正孔の移動を制御しているため、多少正孔のバランス（電子に対する移動度や電荷量等）が崩れたとしても、発光層内において再結合するキャリアの割合は変化しにくく、輝度が低下しにくいというメリットがある。

30

【0136】

よって、実施の形態1で示した発光性の高い物質を分散させるための材料としては、正孔輸送性の有機化合物であることが好みしい。具体的には、D P A n t h、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、C z A 1 P A、D P h P A、P C A P A、P C A P B A、2 P C A P A、N P B（または-N P D）、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を用いることができる。

40

【0137】

第5の層415は、電子輸送性の高い物質を含む層であり、実施の形態1で示したものと同様なものを用いることができる。

第6の層416は、電子注入性の高い物質を含む層であり、実施の形態1で示したものと同様なものを用いることができる。

【0138】

また、E L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。

50

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。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EL層を形成してもよい。

【0139】

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。

【0140】

以下、具体的な発光素子の形成方法を示す。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

【0141】

例えば、図5に示した構成において、第1の電極を乾式法であるスパッタリング法、第1の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第2の層を乾式法である真空蒸着法、第3の層を湿式法であるインクジェット法、第4の層を乾式法である共蒸着法、第5の層および第6の層を乾式法である真空蒸着法、第2の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法を用いて形成してもよい。

20

【0142】

また、第1の電極を湿式法であるインクジェット法、第1の層を乾式法である真空蒸着法、第2の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第3の層を湿式法であるインクジェット法、第4の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第5の層および第6の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第2の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法を用いて形成してもよい。なお、上記の方法に限らず、湿式法と乾式法を適宜組み合わせればよい。

20

【0143】

さらに具体的には、例えば図5に示した構成の場合、第1の電極を乾式法であるスパッタリング法、第1の層および第2の層を乾式法である真空蒸着法、第3の層を乾式法である共蒸着法、発光層である第4の層を湿式法であるインクジェット法、第5の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第6の層を設けず、第2の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法により形成することができる。

30

【0144】

つまり、第1の電極から第3の層までを乾式法で形成し、第4の層から第2の電極までを湿式法で形成することができる。この方法では、第1の電極から第3の層までを真空一貫で形成することができ、第4の層から第2の電極までを大気圧中で形成することができる。また、第4の層の塗り分けも容易である。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

【0145】

また、図6に示した構成の場合、上記の方法とは逆の順番で、第2の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第6の層から第5の層を湿式法であるインクジェット法やスピンドル法、第4の層を湿式法であるインクジェット法、第3の層を乾式法である共蒸着法、第2の層および第1の層を乾式法である真空蒸着法、第1の電極を乾式法である真空蒸着法により形成することができる。この方法では、第2の電極から第4の層までを大気圧中で形成し、第3の層から第1の電極までを乾式法により真空一貫で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

40

【0146】

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402と第2の電極404との間に生じた電位差により電流が流れ、EL層403において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。

発光は、第1の電極402または第2の電極404のいずれか一方または両方を通って

50

外部に取り出される。従って、第1の電極402または第2の電極404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。

【0147】

第1の電極402のみが透光性を有する電極である場合、図7(A)に示すように、発光は第1の電極402を通じて基板側から取り出される。また、第2の電極404のみが透光性を有する電極である場合、図7(B)に示すように、発光は第2の電極404を通じて基板と逆側から取り出される。第1の電極402および第2の電極404がいずれも透光性を有する電極である場合、図7(C)に示すように、発光は第1の電極402および第2の電極404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。

【0148】

なお、第1の電極402と第2の電極404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。すなわち、本発明及び本実施の形態においては、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402および第2の電極404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。

10

【0149】

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て構成すればよい。

20

【0150】

なお、本実施の形態で示すキャリア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。

例えば、図5(B)に示すように、発光機能を担う第4の層414と、キャリアの移動を制御する層である第3の層413との間に、正孔輸送性の高い物質を含む第7の層417を設けてもよい。

20

【0151】

より好ましくは、キャリア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望ましい。キャリア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、発光層への正孔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に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、正孔輸送性の高い物質を含む第7の層を設けることがないので、プロセス的にも簡便となる。

30

【0152】

なお、キャリアの移動を制御する層を発光層と接するよう設ける場合には、キャリアの移動を制御する層に含まれる第1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3の有機化合物)と、発光性の高い物質(第4の有機化合物)とを含む場合、第3の有機化合物と、第1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、キャリアの移動を制御する層から発光層へのキャリア(本実施の形態においては正孔)移動が、第1の有機化合物と第3の有機化合物との間においても抑制され、キャリアの移動を制御する層を設ける効果がより高くなる。

40

【0153】

また、図6に示す発光素子は、基板401上に、陰極として機能する第2の電極404、EL層403、陽極として機能する第1の電極402とが順に積層された構成となっている。EL層403は、第1の層411、第2の層412、第3の層413、第4の層414、第5の層415、第6の層416を有する。第3の層413は、第4の層414と陽極として機能する第1の電極との間に設けられている。

【0154】

本発明の発光素子は、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

50

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。

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、用いる材料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。

また、キャリアの移動を制御する層を用いてキャリアバランスを向上させることにより、発光素子の発光効率を向上させることができる。

【0155】

また、キャリアの移動を制御する層を用いることにより、過剰の正孔が注入されることや、発光層を突き抜けて電子輸送層や電子注入層へ正孔が達することを抑制することができる。電子輸送層や電子注入層へ正孔が達してしまうと、発光層内で再結合する確率が低下してしまい（すなわちキャリアバランスが崩れてしまい）、経時的な発光効率の低下を招いてしまう。つまり、発光素子の寿命が短くなってしまう。

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を用いることにより、過剰の正孔が注入されることや、発光層を突き抜けて電子輸送層や電子注入層へ正孔が達することを抑制し、発光効率の低下を抑制することができる。つまり、長寿命の発光素子を得ることができる。

【0156】

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、第1の有機化合物よりも少なく含まれている第2の有機化合物を用いてキャリアの移動を制御している。よって、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。

【0157】

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、部分的なモルフォロジーの変化や、部分的な結晶化により、層全体のキャリア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。

【0158】

本実施の形態で示したように、キャリア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。例えば、発光層が正孔輸送性であり、第1の電極から注入された正孔が発光層を突き抜けてしまう割合が経時に増加していく恐れがあるような場合において、本実施の形態で示した構成を適用すると特に有効である。

【0159】

また、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。例えば、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てもよい。

すなわち、このようにすることにより、発光層の両側に、キャリアの移動を制御する層を設けることもでき、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、より好ましい。

その結果、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、経時変化が起きにくく、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。

10

20

30

40

50

【0160】

なお、その際には、発光層の一方側のキャリアの移動を制御する層におけるキャリア輸送性と、発光層の他方側のキャリアの移動を制御する層におけるキャリア輸送性とは異なることが必要である。

例えば、発光層の一方側のキャリアの移動を制御する層のキャリア輸送性が電子輸送性であるとすると、発光層の他方側のキャリアの移動を制御する層のキャリア輸送性は正孔輸送性であることが必要となる。

【0161】

(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）の態様を示すものであり、それについて、図9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および実施の形態2で示したEL層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および実施の形態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。

10

【0162】

図9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～実施の形態2と同様なものを適用することができる。

20

【0163】

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、有機化合物と酸化バナジウムや酸化モリブデンや酸化タンゲ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、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。

30

【0164】

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。

40

【0165】

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と他の材料と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。

【0166】

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9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。

【0167】

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

50

、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。

【0168】

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。

10

【0169】

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。

20

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。

【0170】

(実施の形態4)

本実施の形態は、本発明の発光素子を有する発光装置を示すものであり、それについて説明する。

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10を用いて説明する。なお、図10(A)は、発光装置を示す上面図、図10(B)は図10(A)をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。

【0171】

図10(A)において、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。

30

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。

【0172】

次に、断面構造について図10(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。

40

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。

【0173】

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。

50

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。

【0174】

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。

【0175】

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4.0eV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。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、タンクスチレン膜、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層構造の積層膜等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。

【0176】

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で示したキャリアの移動を制御する層および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。

【0177】

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。

【0178】

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)、酸化タンクスチレン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)等)との積層を用いることも可能である。

【0179】

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で充填される場合もある。

【0180】

10

20

30

40

50

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 (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。

【0181】

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。

このようにして得られる、本発明の発光装置は、長寿命の発光素子を有しているため、長寿命である。

また、本発明の発光素子は発光効率の高い発光素子を有しているため、高輝度の発光が可能であり、消費電力が低減された発光装置を得ることができる。

10

【0182】

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、本発明の発光素子においては、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マトリクス型の発光装置とすることもでき、その場合の構造について図11に図示する。図11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および断面図を示す。なお、図11(A)は、発光装置を示す斜視図、図11(B)は図11(A)をX-Yで切断した断面図である。

20

【0183】

図11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。

20

【0184】

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、パッシブマトリクス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、発光効率が高い本発明の発光素子を含むことによって、消費電力の低減された発光装置を得ることができる。

30

【0185】

(実施の形態5)

本実施の形態は、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を示すものであり、それについて説明する。本発明の電子機器は、実施の形態1ないし実施の形態3で示した発光素子を有し、寿命の長い表示部を有する。また、発光効率の高い発光素子を有するため、消費電力の低減された表示部を得ることができる。

40

【0186】

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、その画像を表示し得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12に示す。

【0187】

図12(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

50

において、表示部 9103 は、実施の形態 1 ないし実施の形態 3 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、発光効率が高い発光素子を有するため、消費電力の低減された表示部を有するテレビ装置を得ることができる。

【0188】

図 12 (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 ないし実施の形態 3 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、発光効率が高い発光素子を有するため、消費電力の低減された表示部を有するコンピュータを得ることができる。

10

【0189】

図 12 (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、実施の形態 1 ないし実施の形態 3 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、発光効率が高い発光素子を有するため、消費電力の低減された表示部を有する携帯電話を得ることができる。

20

【0190】

図 12 (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 ないし実施の形態 3 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、発光効率が高い発光素子を有するため、消費電力の低減された表示部を有するカメラを得ることができる。

30

【0191】

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、消費電力の低減された表示部を有する電子機器を得ることができる。

40

【0192】

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 13 を用いて説明する。

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 IC 905 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。

【0193】

50

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。また、発光効率の高い発光素子を有しているため、高輝度の発光が可能な発光装置を得ることができる。また、本発明の発光装置は長寿命であるため、寿命の長い液晶表示装置を得ることができる。

【0194】

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。

10

【0195】

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12(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。

20

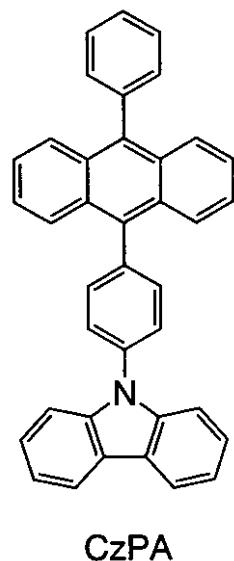
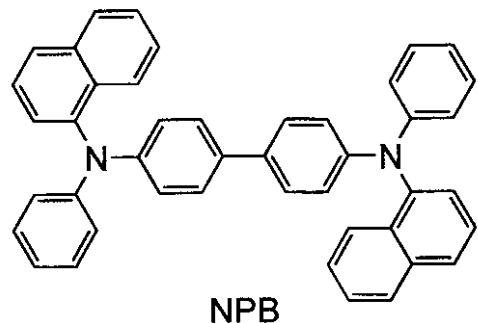
【実施例1】

【0196】

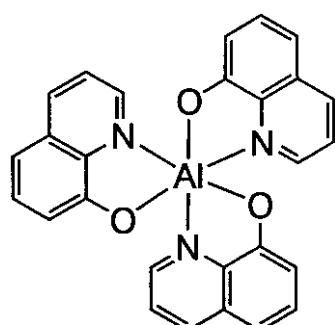
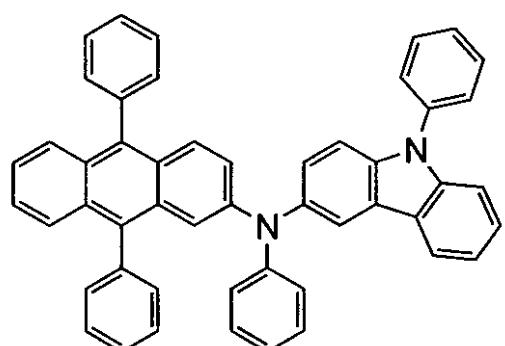
本実施例では、本発明の発光素子について具体的に図16を用いて説明する。実施例1および実施例2で用いる有機化合物の構造式を以下に示す。

【0197】

【化1】

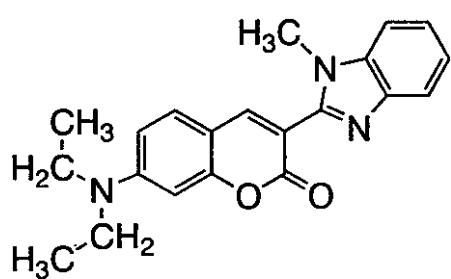
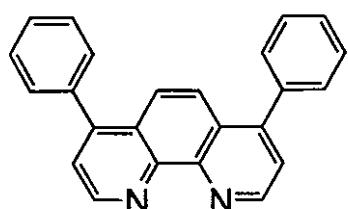


10



20

30



40

【0198】

(発光素子1の作製)

まず、ガラス基板2201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

50

リング法にて成膜し、第1の電極2202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。

【0199】

次に、第1の電極2202が形成された面が下方となるように、第1の電極2202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2202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2211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。

10

【0200】

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2212を形成した。

続いて、正孔輸送層2212上に、発光層2213を形成した。まず、正孔輸送層2212上に、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2213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

【0201】

さらに、発光層2213上に、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Alq)と2PCAPAとを共蒸着することにより、キャリアの移動を制御する層2214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。

その後抵抗加熱による蒸着法を用いて、キャリアの移動を制御する層2214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2215を形成した。

30

【0202】

次いで、電子輸送層2215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2216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2204を形成し、発光素子1を作製した。

以上により得られた本発明の発光素子1を、窒素雰囲気の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。

40

【0203】

その後、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。

発光素子1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)。

【0204】

発光素子1は、輝度5000cd/m²のときのCIE色度座標が(x=0.28, y=0.65)であり、2PCAPAに由来する緑色の発光を示した。また、輝度5000cd/m²のときの電流効率は18cd/Aであり、駆動電圧は3.6Vであった。

50

さらに、発光素子1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、260時間後でも初期輝度の93%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。

【0205】

(比較発光素子2の作製)

次に、比較のため、上述した発光素子1のキャリアの移動を制御する層2214において、2PCAPAを含まないようにした(すなわちA1qのみを用いて2214を形成した)以外は発光素子1と同様にして、比較発光素子2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

【0206】

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。

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、正孔輸送層を形成した。

20

【0207】

次に、正孔輸送層上に、発光層を形成した。まず、正孔輸送層上に、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2213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。

【0208】

さらに、発光層上に、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:A1q)を10nmの膜厚で形成した。つまり、発光素子1とは異なり、2PCAPAが含まれていないA1qのみからなる層を形成した。

30

その後、抵抗加熱による蒸着法を用いて、A1qのみからなる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。

【0209】

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。

40

以上により得られた比較発光素子2を、窒素雰囲気の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。

【0210】

その後、比較発光素子2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。比較発光素子2は、輝度5000cd/m²のときのCIE色度座標が(x=0.29, y=0.64)、電流効率が18cd/Aであり、発光素子1と同様、2PCAPAに由来する緑色の発光を示した。しかしながら、初期輝度を5000cd/m²とした連続点灯試験を行った結果、図21に示す通り、260時間後には初期輝度の75%にまで輝度が低下しており、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。

50

【実施例 2】

【0211】

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。

(発光素子3の作製)

まず、ガラス基板2201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2202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。

【0212】

次に、第1の電極2202が形成された面が下方となるように、第1の電極2202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2202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2211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。

【0213】

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2212を形成した。

続いて、正孔輸送層2212上に、発光層2213を形成した。まず、正孔輸送層2212上に、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2213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。

【0214】

さらに、発光層2213上に、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Alq)とクマリン30(Coumarin30)とを共蒸着することにより、キャリアの移動を制御する層2214を10nmの膜厚で形成した。ここで、Alqとクマリン30との重量比は、1:0.01(=Alq:クマリン30)となるように蒸着レートを調節した。

その後、抵抗加熱による蒸着法を用いて、キャリアの移動を制御する層2214上にパ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2215を形成した。

【0215】

電子輸送層2215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2216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2204を形成し、発光素子3を作製した。

以上により得られた本発明の発光素子3を、窒素雰囲気の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。

【0216】

発光素子3の電流密度-輝度特性を図22に示す。また、電圧-輝度特性を図23に示す。また、輝度-電流効率特性を図24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25に示す。

発光素子3は、輝度5000cd/m²のときのCIE色度座標は(x=0.28, y=0.65)であり、2PCAPAに由来する緑色の発光を示した。また、輝度5000

10

20

30

40

50

cd / m^2 のときの電流効率は $18 \text{ cd} / \text{A}$ であり、駆動電圧は 3.5 V であった。

【0217】

[特性測定例]

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におけるキャリア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(II)(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: 2PCA PA)、クマリン30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。また、その測定から、Alq、2PCA PA、クマリン30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。

10

【0218】

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100mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を1mmol/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(20~25)で行った。

20

【0219】

(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2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[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、+0.20V[v.s. Ag/Ag⁺]であった。したがって、本実施例2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。

30

【0220】

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-4.44eV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[eV]であると算出できた。

30

【0221】

(測定例1; Alq)

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-0.69V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。

40

【0222】

図26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

50

に相当する。ここで、上述した通り、本測定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、-4.85 [eV] であるため、A1qのLUMO準位は、-4.85 - (-2.16) = -2.69 [eV] であることがわかった。

【0223】

(測定例2 ; 2PCAPA)

本測定例2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0.1V/secとした。測定結果を図27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-0.41Vから-2.50Vまで走査した後、-2.50Vから-0.41Vまで走査することにより行った。

10

図27に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は-2.21V、酸化ピーク電位 E_{pa} は-2.14Vと読み取ることができる。

【0224】

したがって、半波電位(E_{pc} と E_{pa} の中間の電位)は-2.18Vと算出できる。このことは、2PCAPA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、本測定例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[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。

20

なお、上述のようにして求めたA1qと2PCAPAのLUMO準位は、0.02[eV]しか変わらないことがわかる。よって、A1qと2PCAPAは、キャリアの移動を制御する層に好適に用いることができる。

【0225】

(測定例3 ; クマリン30)

本測定例3では、クマリン30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0.1V/secとした。測定結果を図28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-0.21Vから-2.30Vまで走査した後、-2.30Vから-0.21Vまで走査することにより行った。

30

図28に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は-2.07V、酸化ピーク電位 E_{pa} は-1.99Vと読み取ることができる。

【0226】

したがって、半波電位(E_{pc} と E_{pa} の中間の電位)は-2.03Vと算出できる。このことは、クマリン30は-2.03[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、本測定例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、クマリン30のLUMO準位は、-4.85 - (-2.03) = -2.82[eV]であることがわかった。

40

なお、上述のようにして求めたA1qとクマリン30のLUMO準位は、0.13[eV]しか変わらないことがわかる。よって、A1qとクマリン30は、キャリアの移動を制御する層に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0227】

【図1】本発明の実施の形態1の発光素子を示す図。

【図2】本発明の実施の形態1における図1とは別の積層構造を持つ発光素子を示す図。

【図3】本発明の実施の形態1の発光素子の発光の態様を示す図。

【図4】本発明の実施の形態1の発光素子におけるキャリアの移動を制御する層の概念を示す図。

【図5】本発明の実施の形態1の発光素子を示す図。

【図6】本発明の実施の形態2における図5とは別の積層構造を持つ発光素子を示す図。

50

【図 7】本発明の実施の形態 2 の発光素子の発光の態様を示す図。

【図 8】本発明の実施の形態 2 の発光素子におけるキャリアの移動を制御する層の概念を示す図。

【図 9】本発明の実施の形態 3 における複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子を示す図。

【図 10】本発明の実施の形態 4 におけるアクティブマトリクス型発光装置を示す図。

【図 11】本発明の実施の形態 4 におけるパッシブマトリクス型発光装置を示す図。

【図 12】本発明の電子機器を説明する図。

【図 13】本発明の発光装置をバックライトとして用いた電子機器を示す図。

【図 14】本発明の照明装置を電気スタンドとした図。

【図 15】本発明の照明装置を室内照明装置とした図。

【図 16】実施例の発光素子を示す図。

【図 17】発光素子 1 の電流密度 - 輝度特性を示す図。

【図 18】発光素子 1 の電圧 - 輝度特性を示す図。

【図 19】発光素子 1 の輝度 - 電流効率特性を示す図。

【図 20】発光素子 1 の発光スペクトルを示す図。

【図 21】発光素子 1 および比較発光素子 2 の定電流駆動による連続点灯試験結果を示す図。

【図 22】発光素子 3 の電流密度 - 輝度特性を示す図。

【図 23】発光素子 3 の電圧 - 輝度特性を示す図。

【図 24】発光素子 3 の輝度 - 電流効率特性を示す図。

【図 25】発光素子 3 の発光スペクトルを示す図。

【図 26】A 1 q の還元反応特性を示す図。

【図 27】2 P C A P A の還元反応特性を示す図。

【図 28】クマリン 3 0 の還元反応特性を示す図。

【符号の説明】

【0 2 2 8】

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 第 1 の層

2 1 2 第 2 の層

2 1 3 第 3 の層

2 1 4 第 4 の層

2 1 5 第 5 の層

2 1 6 第 6 の層

2 1 7 第 7 の層

2 2 1 第 1 の有機化合物

2 2 2 第 2 の有機化合物

4 0 1 基板

4 0 2 第 1 の電極

4 0 3 E L 層

4 0 4 第 2 の電極

4 1 1 第 1 の層

4 1 2 第 2 の層

4 1 3 第 3 の層

4 1 4 第 4 の層

4 1 5 第 5 の層

4 1 6 第 6 の層

10

20

30

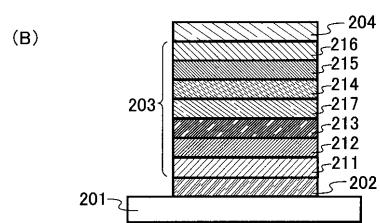
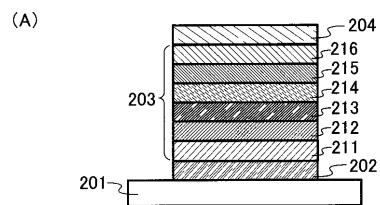
40

50

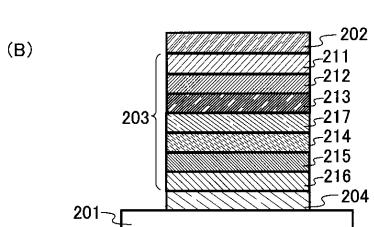
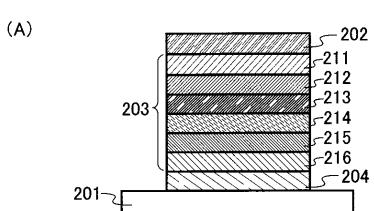
4 1 7	第 7 の 層	
4 2 1	第 2 の 有機化合物	
4 2 2	第 1 の 有機化合物	
5 0 1	第 1 の 電極	
5 0 2	第 2 の 電極	
5 1 1	第 1 の 発光ユニット	
5 1 2	第 2 の 発光ユニット	
5 1 3	電荷 発生層	
6 0 1	ソース 側 駆動回路	10
6 0 2	画素部	
6 0 3	ゲート 側 駆動回路	
6 0 4	封止 基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子 基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の 電極	20
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の 電極	
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	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	パックライト	
9 0 4	筐体	30
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
2 0 0 1	筐体	40
2 0 0 2	光源	
2 2 0 1	ガラス 基板	
2 2 0 2	第 1 の 電極	
2 2 0 4	第 2 の 電極	
2 2 1 1	複合 材料を 含む 層	
2 2 1 2	正孔 輸送層	
2 2 1 3	発光層	
2 2 1 4	キャリアの 移動を 制御する 層	
2 2 1 5	電子 輸送層	
2 2 1 6	電子 注入層	
3 0 0 1	照明 装置	50

3 0 0 2	テレビ装置	
9 1 0 1	筐体	
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	10
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	
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	20
9 5 0 1	本体	
9 5 0 2	表示部	
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	30

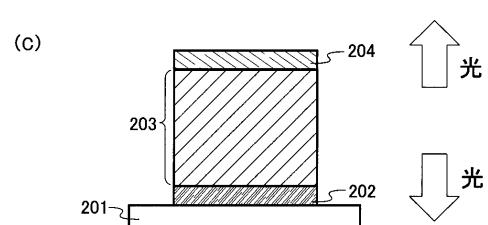
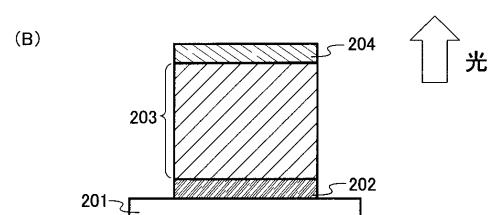
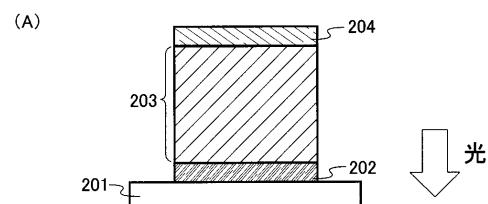
【図1】



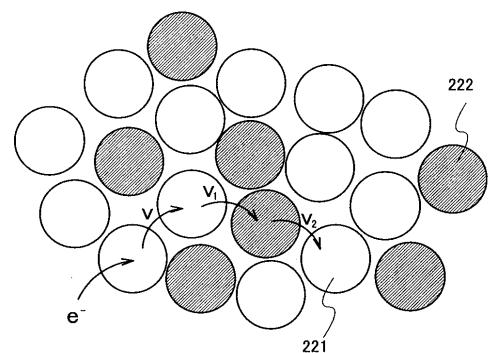
【図2】



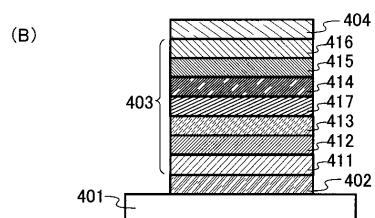
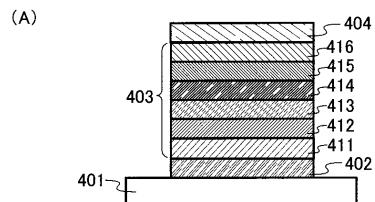
【図3】



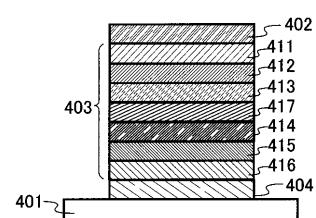
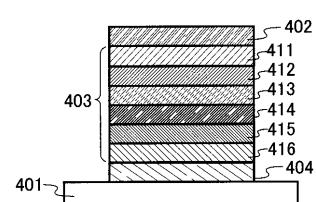
【図4】



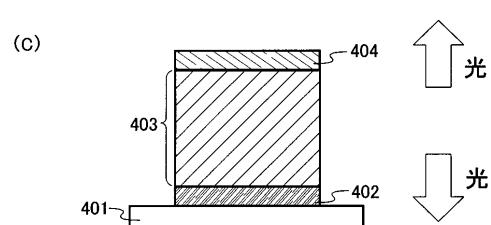
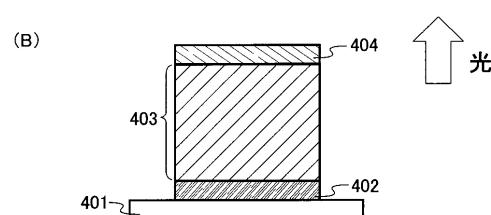
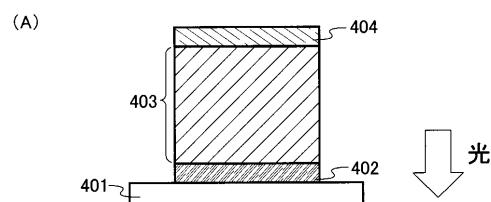
【図5】



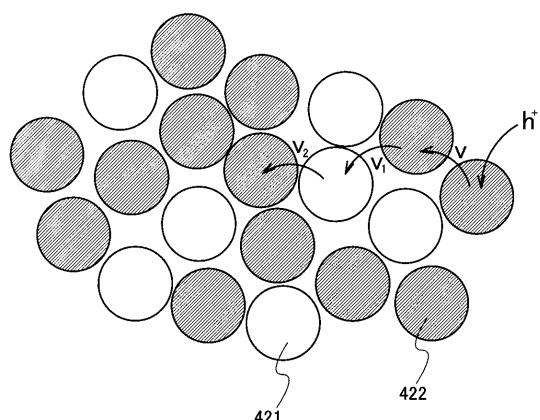
【図6】



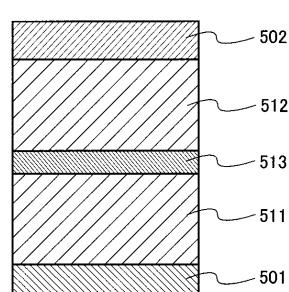
【図7】



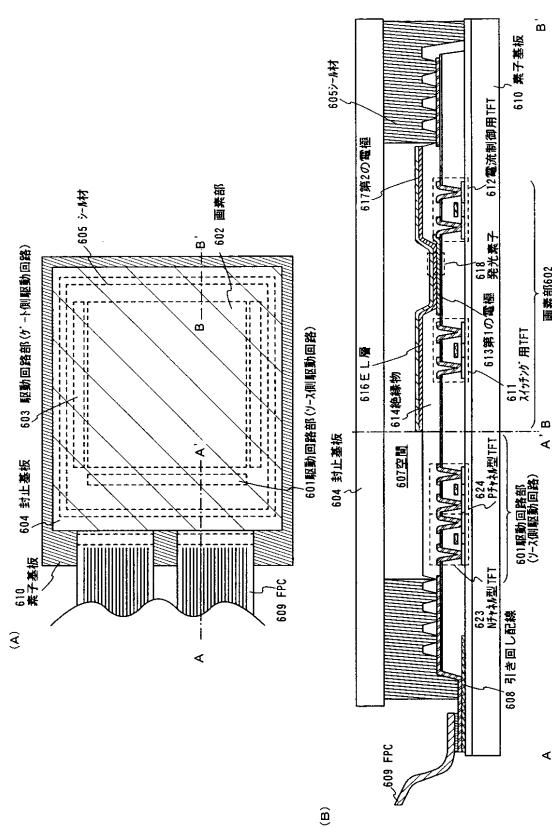
【図8】



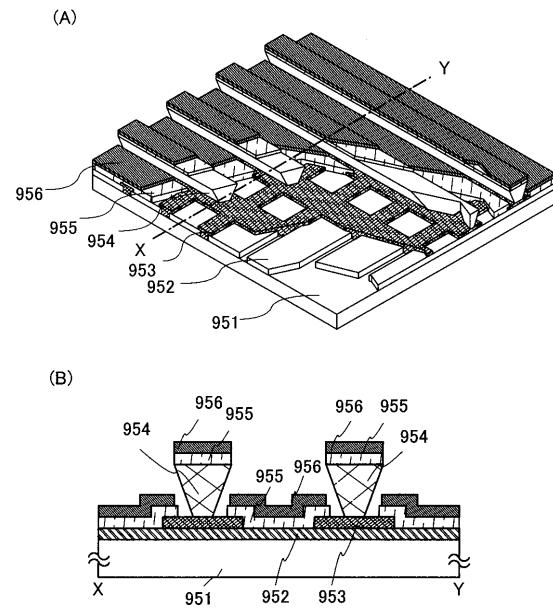
【図9】



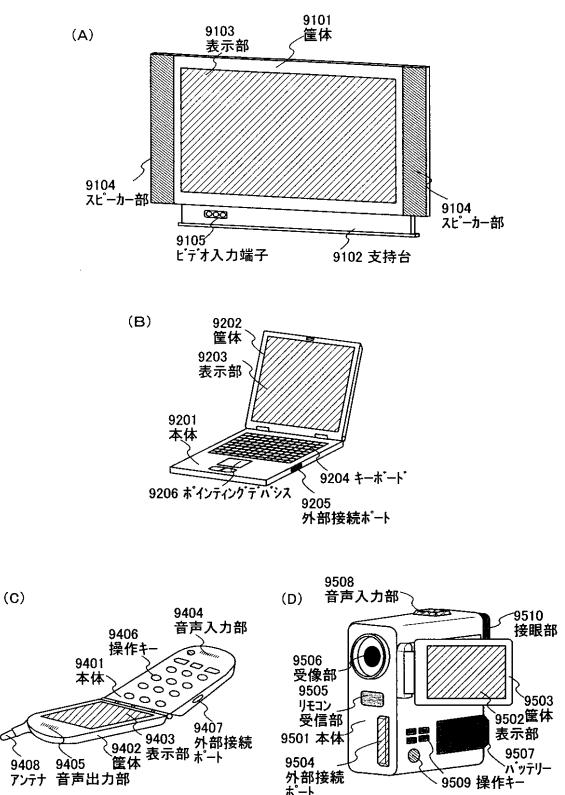
【図 10】



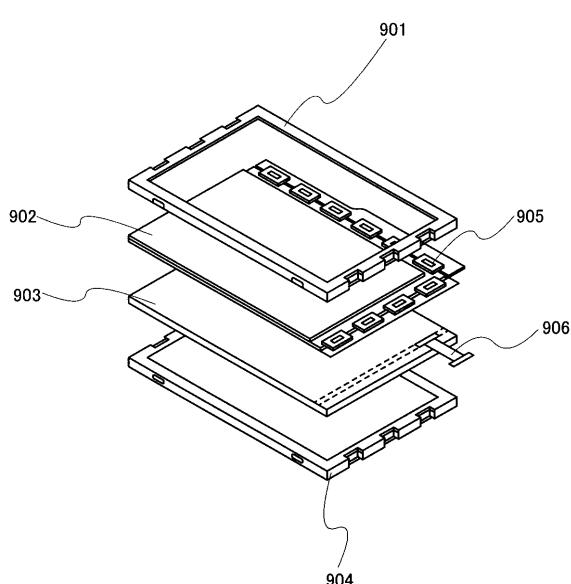
【図 11】



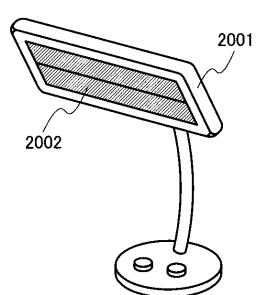
【図 12】



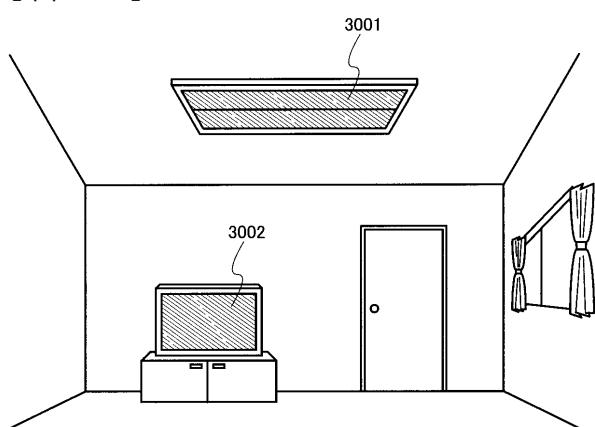
【図 13】



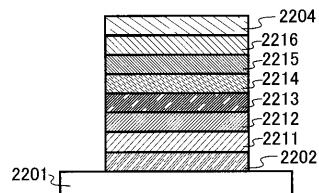
【図 1 4】



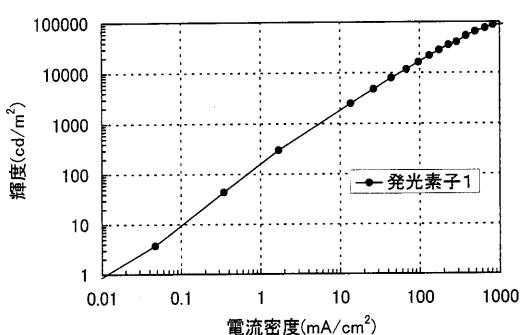
【図 1 5】



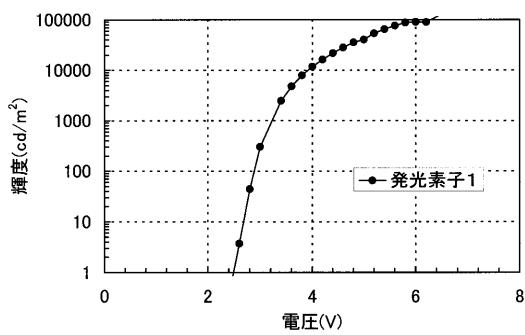
【図 1 6】



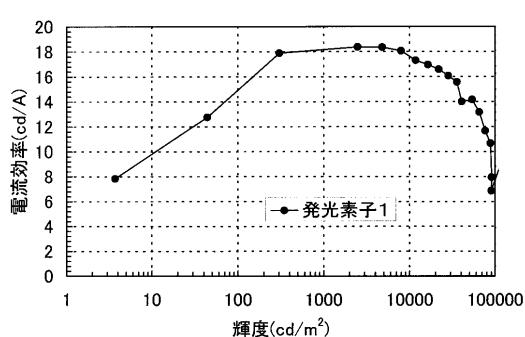
【図 1 7】



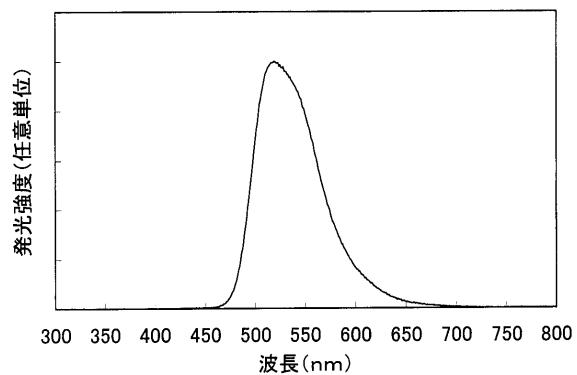
【図 1 8】



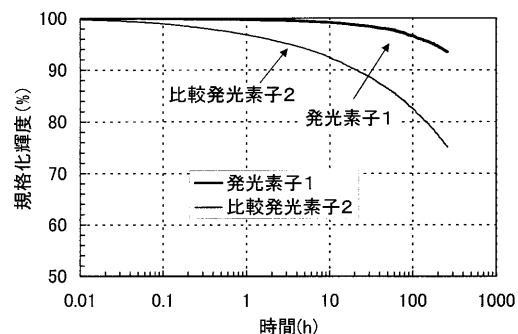
【図 1 9】



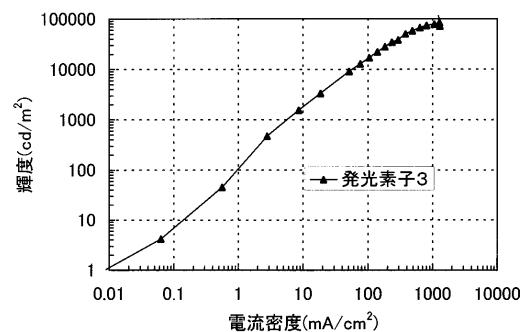
【図 2 0】



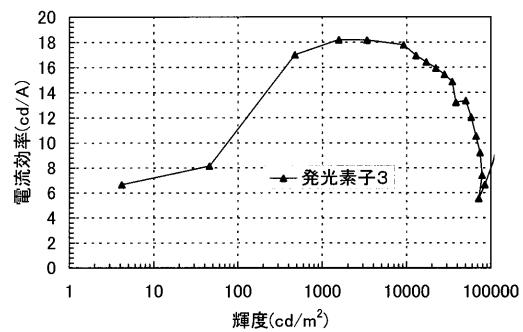
【図 2 1】



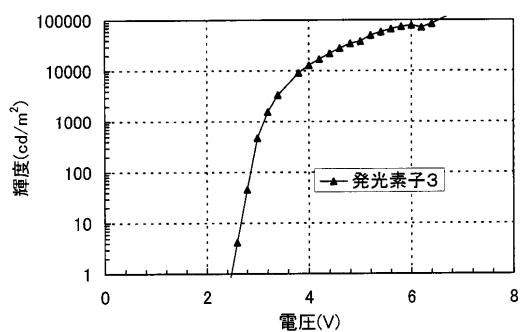
【図22】



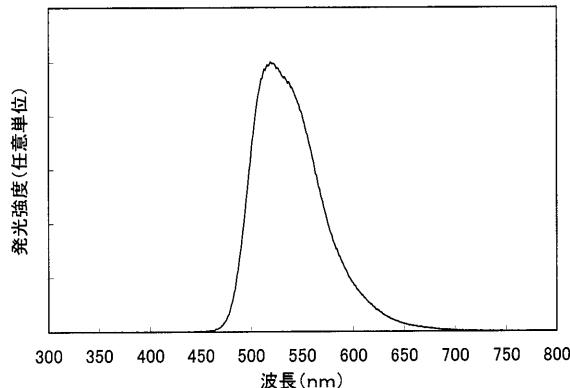
【図24】



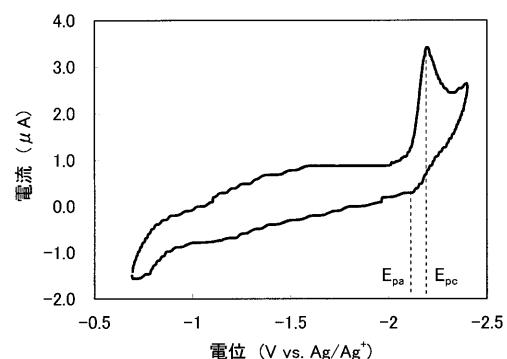
【図23】



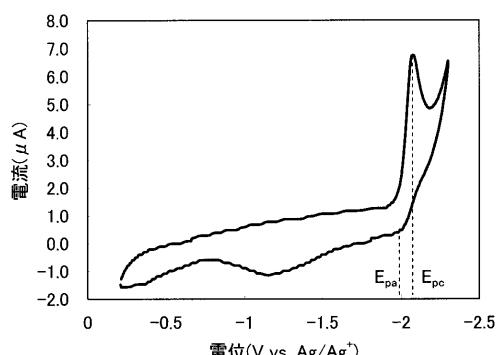
【図25】



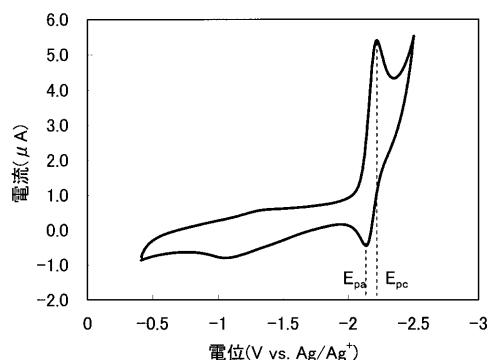
【図26】



【図28】



【図27】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB03 CC04 CC12 CC14 CC21 CC42 CC45 DD53
DD71 DD73 DD74 DD76 DD78 DD80 EE03 FF00 FF04 FF14
FF15 FF19