

(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2013-229322

(P2013-229322A)

(43) 公開日 平成25年11月7日(2013.11.7)

(51) Int.Cl.

H05B 33/12 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01)

F 1

H05B 33/12
H05B 33/14
C09K 11/06
C09K 11/06

テーマコード(参考)

3 K 1 O 7

B

6 6 O
6 9 O

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2013-67896 (P2013-67896)
(22) 出願日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28)
(31) 優先権主張番号 特願2012-81141 (P2012-81141)
(32) 優先日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)
(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
(72) 発明者 濑尾 広美
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 濑尾 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
F ターム(参考) 3K1O7 AA01 BB01 BB02 BB03 BB08
CC21 DD51 DD53 DD59 DD64
DD67 DD68 DD69 FF04 FF18
FF19

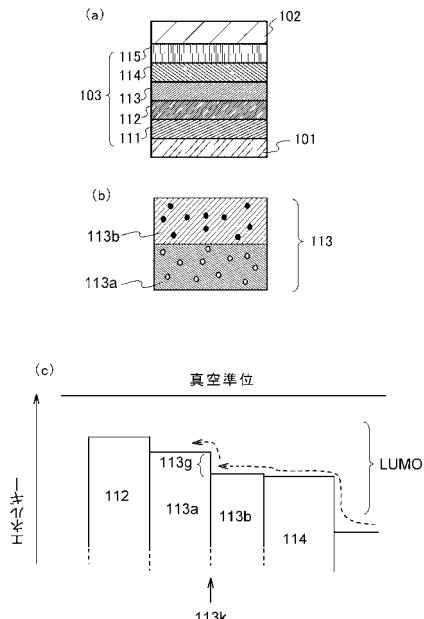
(54) 【発明の名称】発光素子、発光装置、表示装置、電子機器及び照明装置

(57) 【要約】

【課題】、駆動時間の蓄積に対する輝度劣化の度合いが小さい(寿命が長い)発光素子を提供する。

【解決手段】、発光層が電子輸送性である発光素子において、当該発光素子がホスト材料の異なる複数の層に分かれしており、陽極側に位置するホスト材料のLUMO準位が、陰極側に位置するホスト材料のLUMO準位より高い発光素子を提供する。このような構成を有する発光素子は、駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい、寿命の長い発光素子とすることが可能である。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

陽極と、

陰極と、

前記陽極及び前記陰極に挟まれた E L 層とを有し、

前記 E L 層は少なくとも発光層を有し、

前記発光層は、陽極側に位置する第 1 の発光層と陰極側に位置する第 2 の発光層とを有し

、

前記第 1 の発光層は第 1 のホスト材料と第 1 の発光中心物質を有し、

前記第 2 の発光層は第 2 のホスト材料と第 2 の発光中心物質を有し、

前記第 1 の発光層及び前記第 2 の発光層はともに電子輸送性を有し、

前記第 1 のホスト材料の L U M O 準位は前記第 2 のホスト材料の L U M O 準位より高い発光素子。

【請求項 2】

陽極と、

陰極と、

前記陽極及び前記陰極に挟まれた E L 層とを有し、

前記 E L 层は少なくとも発光層を有し、

前記発光層は、陽極側に位置する第 1 の発光層と陰極側に位置する第 2 の発光層とを有し

、

前記第 1 の発光層は第 1 のホスト材料と第 1 の発光中心物質を有し、

前記第 2 の発光層は第 2 のホスト材料と第 2 の発光中心物質を有し、

前記第 1 の発光層及び前記第 2 の発光層は共に電子輸送性を有し、

前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料は共に分子量 300 以上 2000 以下の物質であり、且つ、電子輸送骨格に 6 員環の芳香環を有し、

前記第 1 のホスト材料における前記 6 員環の芳香環に含まれる窒素原子の数が、前記第 2 のホスト材料における前記 6 員環の芳香環に含まれる窒素原子の数よりも少ないことを特徴とする発光素子。

【請求項 3】

陽極と、

陰極と、

前記陽極及び前記陰極に挟まれた E L 層とを有し、

前記 E L 层は少なくとも発光層を有し、

前記発光層は、陽極側に位置する第 1 の発光層と陰極側に位置する第 2 の発光層とを有し

、

前記第 1 の発光層は第 1 のホスト材料と第 1 の発光中心物質を有し、

前記第 2 の発光層は第 2 のホスト材料と第 2 の発光中心物質を有し、

前記第 1 の発光層及び前記第 2 の発光層は共に電子輸送性を有し、

前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料は共に分子量 300 以上 2000 以下の物質であり、且つ、L U M O が分布する骨格に 6 員環の芳香環を有し、

前記第 1 のホスト材料における前記 6 員環の芳香環に含まれる窒素原子の数が、前記第 2 のホスト材料における前記 6 員環の芳香環に含まれる窒素原子の数よりも少ないことを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 において、

前記第 1 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環がベンゼン骨格又はピリジン骨格であり、

前記第 2 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環がジアジン骨格である発光素子。

【請求項 5】

陽極と、

陰極と、

10

20

30

40

50

前記陽極及び前記陰極に挟まれた E L 層とを有し、
 前記 E L 層は少なくとも発光層を有し、
 前記発光層は、陽極側に位置する第 1 の発光層と陰極側に位置する第 2 の発光層とを有し、

前記第 1 の発光層は第 1 のホスト材料と第 1 の発光中心物質を有し、
 前記第 2 の発光層は第 2 のホスト材料と第 2 の発光中心物質を有し、
 前記第 1 の発光層及び前記第 2 の発光層は共に電子輸送性を有し、
 前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料は共に分子量 300 以上 2000 以下の物質であり、且つ、電子輸送骨格に窒素原子を含む 6 員環の芳香環を有し、
 前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環に含まれる窒素原子の数は同じであり、

前記第 1 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環は単環であり、
 前記第 2 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環にはさらに芳香環が縮合している発光素子。

【請求項 6】

陽極と、
 陰極と、
 前記陽極及び前記陰極に挟まれた E L 層とを有し、
 前記 E L 層は少なくとも発光層を有し、

前記発光層は、陽極側に位置する第 1 の発光層と陰極側に位置する第 2 の発光層とを有し、

前記第 1 の発光層は第 1 のホスト材料と第 1 の発光中心物質を有し、
 前記第 2 の発光層は第 2 のホスト材料と第 2 の発光中心物質を有し、
 前記第 1 の発光層及び前記第 2 の発光層は共に電子輸送性を有し、
 前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料は共に分子量 300 以上 2000 以下の物質であり、且つ、LUMO が分布する骨格に窒素原子を含む 6 員環の芳香環を有し、
 前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環に含まれる窒素原子の数は同じであり、

前記第 1 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環は単環であり、
 前記第 2 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環にはさらに芳香環が縮合している発光素子。

【請求項 7】

請求項 5 又は請求項 6 において、
 前記第 1 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環と、前記第 2 のホスト材料の前記 6 員環の芳香環は同じであることを特徴とする発光素子。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料が電子輸送性を有する発光素子。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項において、前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 のホスト材料が $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する発光素子。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項において、前記第 1 の発光中心物質と、前記第 2 の発光中心物質が同じ物質である発光素子。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項において、前記第 1 の発光中心物質と前記第 2 の発光中心物質が、三重項励起状態を発光に変換できる物質である発光素子。

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか一項において、前記第 1 の発光中心物質と、前記第 2 の発光中心物質が共にイリジウム錯体である発光素子。

【請求項 13】

請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか一項において、前記第 1 のホスト材料及び前記第 2 の

10

20

30

40

50

ホスト材料は共にその骨格中に、芳香族アミン骨格を有さない物質である発光素子。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至請求項 1 3 のいずれか一項において、前記第 1 のホスト材料の LUMO 準位と前記第 2 のホスト材料の LUMO 準位の差が 0.1 eV 以上 0.6 eV 以下である発光素子。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれか一に記載の発光素子を有する照明装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれか一に記載の発光素子と、前記発光素子を制御する手段を備えた発光装置。

10

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれか一に記載の発光素子を表示部に有し、前記発光素子を制御する手段を備えた表示装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれか一に記載の発光素子を有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機化合物を発光物質として用いた発光素子、発光装置、表示装置、電子機器及び照明装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、エレクトロルミネッセンス (EL : 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、発光物質からの発光を得ることができる。特に、この発光物質が有機化合物である発光素子は OLED (Organic Light Emitting Diode) もしくは有機 EL と呼ばれ、以下のようないくつかの特徴を有している。

【0003】

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。このため、フラットパネルディスプレイ素子として好適である。また、当該発光素子を用いたディスプレイは、より薄型軽量に作製できる。

30

【0004】

非常に応答速度が速いため、高品質な動画を提供することができる。

【0005】

膜状に形成することができるため、面での発光が可能である。このことは、白熱電球や LED 電球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。

【0006】

ところで、このような発光素子の重要な特性の一つに、駆動時間の経過に対する輝度劣化の度合い、いわゆる寿命がある。発光素子は、駆動時間が蓄積されるに伴い、同じ電流密度で発光させていても輝度が小さくなつてゆく特性がある。日本照明器具工業会はこのような特性を有する照明器具の寿命は、当該輝度が初期輝度の 70 % に達した時と定めており、市販されている LED 電球の寿命は 40000 時間から 50000 時間と言われている。後発である OLED 照明は少なくとも同程度又はそれ以上の寿命を確保する必要がある。もちろん、ディスプレイであっても輝度劣化は小さければ小さいほど好ましい。

40

【0007】

特許文献 1 では、再結合領域を第 1 の発光層と第 2 の発光層との界面に形成する発光素子が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】**【0008】**

【特許文献1】特開2007-96023号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

ここで、寿命について考えてみる。寿命を決定する因子は、大別すると材料自体によるものと、素子構造によるものの少なくとも2つがある。材料自体の特性はその材料を変更しなければ改善しないが、素子構造や材料の組み合わせにより寿命を延ばすことができれば、多くの材料に適用することができ、応用範囲も比較的広い。

10

【0010】

そこで、本発明の一態様では、駆動時間の蓄積に対する輝度劣化の度合いが小さい（寿命が長い）発光素子を提供することを目的とする。また、本発明の一態様は、上述の発光素子を用いることにより、信頼性の高い発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各自提供することを目的とする。

【0011】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

【課題を解決するための手段】**【0012】**

本発明では、発光層が電子輸送性である発光素子において、当該発光層がホスト材料の異なる複数の層に分かれしており、陽極側に位置するホスト材料のLUMO準位が、陰極側に位置するホスト材料のLUMO準位より高い発光素子を提供する。このような構成を有する発光素子は、駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい、寿命の長い発光素子とすることが可能である。

20

【0013】

すなわち、本発明の一態様は、陽極と、陰極と、陽極及び陰極に挟まれたEL層とを有し、EL層は少なくとも発光層を有し、また、発光層は、陽極側に位置する第1の発光層と陰極側に位置する第2の発光層とを有し、第1の発光層は第1のホスト材料と第1の発光中心物質を有し、第2の発光層は第2のホスト材料と第2の発光中心物質を有し、第1の発光層及び第2の発光層はともに電子輸送性を有し、第1のホスト材料のLUMO準位は第2のホスト材料のLUMO準位より高い発光素子である。

30

【0014】

また、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、陽極及び陰極に挟まれたEL層とを有し、EL層は少なくとも発光層を有し、発光層は、陽極側に位置する第1の発光層と陰極側に位置する第2の発光層とを有し、第1の発光層は第1のホスト材料と第1の発光中心物質を有し、第2の発光層は第2のホスト材料と第2の発光中心物質を有し、第1の発光層及び第2の発光層は共に電子輸送性を有し、第1のホスト材料及び第2のホスト材料は共に分子量300以上2000以下の物質であり、且つ、電子輸送骨格に6員環の芳香環を有し、第1のホスト材料における6員環の芳香環に含まれる窒素原子の数が、第2のホスト材料における6員環の芳香環に含まれる窒素原子の数よりも少ないことを特徴とする発光素子である。

40

【0015】

また、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、陽極及び陰極に挟まれたEL層とを有し、EL層は少なくとも発光層を有し、発光層は、陽極側に位置する第1の発光層と陰極側に位置する第2の発光層とを有し、第1の発光層は第1のホスト材料と第1の発光中心物質を有し、第2の発光層は第2のホスト材料と第2の発光中心物質を有し、第1の発光層及び第2の発光層は共に電子輸送性を有し、第1のホスト材料及び第2のホスト材料は共に分子量300以上2000以下の物質であり、且つ、LUMOが分布する骨格に6員環の芳香環を有し、第1のホスト材料における6員環の芳香環に含まれる窒素原子の数が、第2のホスト材料における6員環の芳香環に含まれる窒素原子の数よりも少ないことを特

50

徵とする発光素子である。

【0016】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1のホスト材料の6員環の芳香環がベンゼン骨格又はピリジン骨格であり、第2のホスト材料の6員環の芳香環がジアジン骨格である発光素子である。

【0017】

また、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、陽極及び陰極に挟まれたEL層とを有し、EL層は少なくとも発光層を有し、発光層は、陽極側に位置する第1の発光層と陰極側に位置する第2の発光層とを有し、第1の発光層は第1のホスト材料と第1の発光中心物質を有し、第2の発光層は第2のホスト材料と第2の発光中心物質を有し、第1の発光層及び第2の発光層は共に電子輸送性を有し、第1のホスト材料及び第2のホスト材料は共に分子量300以上2000以下の物質であり、且つ、電子輸送骨格に窒素原子を含む6員環の芳香環を有し、第1のホスト材料及び第2のホスト材料の6員環の芳香環に含まれる窒素原子の数は同じであり、第1のホスト材料の6員環の芳香環は単環であり、第2のホスト材料の6員環の芳香環にはさらに芳香環が縮合している発光素子である。

10

【0018】

また、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、陽極及び陰極に挟まれたEL層とを有し、EL層は少なくとも発光層を有し、発光層は、陽極側に位置する第1の発光層と陰極側に位置する第2の発光層とを有し、第1の発光層は第1のホスト材料と第1の発光中心物質を有し、第2の発光層は第2のホスト材料と第2の発光中心物質を有し、第1の発光層及び第2の発光層は共に電子輸送性を有し、第1のホスト材料及び第2のホスト材料は共に分子量300以上2000以下の物質であり、且つ、LUMOが分布する骨格に窒素原子を含む6員環の芳香環を有し、第1のホスト材料及び第2のホスト材料の6員環の芳香環に含まれる窒素原子の数は同じであり、第1のホスト材料の6員環の芳香環は単環であり、第2のホスト材料の6員環の芳香環にはさらに芳香環が縮合している発光素子である。

20

【0019】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1のホスト材料の6員環の芳香環と、第2のホスト材料の前記6員環の芳香環は同じである発光素子である。

30

【0020】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1のホスト材料及び第2のホスト材料が電子輸送性を有する発光素子である。

【0021】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1のホスト材料及び第2のホスト材料が $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 以上の電子移動度を有する発光素子である。

【0022】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1の発光中心物質と、第2の発光中心物質が同じ物質である発光素子である。

【0023】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1の発光中心物質と第2の発光中心物質が、三重項励起状態を発光に変換できる物質である発光素子である。

40

【0024】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1の発光中心物質と、第2の発光中心物質が共にイリジウム錯体である発光素子である。

【0025】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1のホスト材料及び第2のホスト材料は共にその骨格中に、芳香族アミン骨格を有さない物質である発光素子である。

【0026】

また、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1のホスト材料のLUMO準位と第2のホスト材料のLUMO準位の差が0.1eV以上0.6eV以下である発光素子であ

50

る。

【0027】

また、本発明の他の一態様は、上記構成を有する発光素子を備えた発光装置、表示装置、電子機器及び照明装置である。

【0028】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクター、例えば異方導電性フィルム、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、又は発光素子に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。さらに、照明器具等に用いられる発光装置も含むものとする。

10

【発明の効果】

【0029】

本発明の一態様は、駆動時間の経過に対する輝度劣化の度合いが小さい（寿命が長い）発光素子を提供できる。本発明の一態様は、該発光素子を用いることにより、信頼性の高い発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】発光素子の概念図。

【図2】2mDBTBPDQ - IIと2mDBTBPDq - IIの計算によるLU MO分布図。

30

【図3】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図4】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図5】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図6】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図7】照明装置の概念図。

【図8】電子機器を表す図。

【図9】電子機器を表す図。

【図10】照明装置を表す図。

40

【図11】照明装置を表す図。

【図12】車載表示装置及び照明装置を表す図。

【図13】電子機器を表す図。

【図14】発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の輝度-電流効率特性を表す図。

50

。

【図15】発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の電圧-輝度特性を表す図。

【図16】発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の輝度-外部量子効率特性を表す図。

【図17】発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の発光スペクトルを表す図。

【図18】発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の規格化輝度時間変化を表す図。

。

【図19】発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の輝度-電流効率特性を表す図。

【図20】発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の電圧-輝度特性を表す図。

。

【図21】発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の輝度-外部量子効率特性を表す図。

【図22】発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の発光スペクトルを表す図。

。

【図23】発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の規格化輝度時間変化を表す図。

50

す図。

【発明を実施するための形態】

【0031】

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。

【0032】

(実施の形態1)

本実施の形態における発光素子の構成を図1を用いて説明する。図1においては、陽極として機能する第1の電極101、陰極として機能する第2の電極102、EL層103、そしてEL層103に含まれる発光層113が図示されている。図1には他に、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115が図示されているが、これらの層は必ずしも設けなければいけないものではなく、また、その他の層が設けられても良い。

【0033】

有機化合物を発光中心物質として用いた発光素子は、陽極(第1の電極101)からEL層103に注入された正孔と、陰極(第2の電極102)からEL層103に注入された電子とが発光層113において再結合することにより生まれるエネルギーが発光中心物質を励起することにより光を得る。そのため、このような発光素子においては、再結合領域付近が発光領域となる蓋然性が高い。

【0034】

また、有機化合物を発光中心物質として用いた発光素子には、濃度消光やT-Tアニヒレーションを防ぐため、発光中心物質をホスト材料中に分散させた、いわゆるホスト-ゲスト型の発光層がよく用いられる。このような発光素子のホスト材料としては、正孔輸送性を有する物質、電子輸送性を有する物質のどちらも用いることができる。ここで、発光層の輸送特性はホスト材料と、ゲスト材料(発光中心物質)の組み合わせによって決定される。

【0035】

一方のキャリア輸送性が他方のキャリア輸送性より強い発光層の場合、再結合領域は発光層の陽極側か陰極側のどちらかに偏る。再結合領域や発光領域がこのように一部分に集中すると、当該部分への負担が大きくなり、劣化が促進されてしまう。また、キャリアが発光層を通り抜けてしまい、発光層の周辺(正孔輸送層や電子輸送層)を劣化させることもある。

【0036】

そこで、本実施の形態では、電子輸送性を有する発光層113を備えた発光素子において、発光層113を図1(b)のように2層(第1の発光層113a、第2の発光層113b)に分割する。そして、これら発光層のホスト材料を異なる材料とし、第1の発光層113aにおけるホスト材料を、第2の発光層113bにおけるホスト材料の最低空軌道(LUMO)準位より高いLUMO準位を有する材料により形成することによって、上記劣化を抑制し寿命の長い発光素子を提供することを可能とするものである。

【0037】

当該構成を有することによって、電子は、第1の発光層113a中に移動するには第1の発光層113aと第2の発光層113bとの間に存在する障壁を越えなければいけなくなる。そのため、電子の進みが遅くなり、従来であれば発光層113の陽極側の一部分であった正孔との再結合領域が、発光層113内部にも分散されるようになる。結果として、一部分への過度な負担が軽減し、劣化の進行を抑制することができるようになる。また、発光層の周辺、すなわちこの場合は正孔輸送層の劣化を抑制することにもつながる。

【0038】

以上の構成についてもう少し詳しく説明する。電子輸送性を有する発光層113を備えた

10

20

30

40

50

発光素子の従来の構成では、発光層 113 内に LUMO の段差は存在しない。このような発光素子では、発光層 113 に注入された電子は速やかに発光層 113 と正孔輸送層 112との界面にまで輸送される。そのため、正孔は、発光層 113 に注入されたそばから電子と再結合されるため、再結合領域は発光層 113 の陽極側の一部分に集中してしまう。

【0039】

一方、本実施の形態で説明した発光素子は、発光層 113 は電子輸送性であるが、図 1 (c) に示したように、2 層 (第 1 の発光層 113a、第 2 の発光層 113b) に分割されており、当該 2 層の間には LUMO の段差 113g が存在する。このような構成を有する発光素子では、第 2 の発光層 113b に注入された電子は、図中、点線のように進み、第 2 の発光層 113b と第 1 の発光層 113a との界面 113k までは速やかに輸送される。しかし、第 1 の発光層 113a との間の LUMO の段差 113g が存在することで、第 1 の発光層 113a 中に移動するにはその段差 (障壁) を超えなければいけないため、第 1 の発光層 113a には徐々に注入されることになる。その間、第 1 の発光層 113a に注入された正孔は発光層の内部まで侵入することが可能となり、電子と正孔との再結合領域を分散することができる。これにより、一部分への発光領域の集中による過度な負担を減らし、当該部分の劣化を抑制することができることから、本実施の形態で説明した発光素子は、寿命の長い発光素子とすることができます。

10

【0040】

<ホスト材料について>

第 1 の発光層 113a と第 2 の発光層 113b が電子輸送性を有するためには、第 1 のホスト材料と第 2 のホスト材料が電子輸送性を有することが好ましい。また、これらの材料が、正孔輸送性より電子輸送性の方が高い材料であることがより好ましい。但し、発光層の輸送性は、ホスト材料とゲスト材料との組み合わせによっても決まるため、これに限られることはない。なお、これらのホスト材料は、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有することがさらに好ましい条件である。

20

【0041】

また、第 1 のホスト材料と第 2 のホスト材料との LUMO 準位の差は、0.1 eV 以上 0.6 eV 以下であることが好ましい。LUMO 準位の差が 0.1 eV より小さい場合は、電子のせき止め効果が小さい。また、LUMO 準位の差が 0.6 eV より大きいと電子の移動が過度に制限され、駆動電圧の上昇や、第 1 の発光層 113a と第 2 の発光層 113b の界面周辺への再結合領域の集中を招いてしまう恐れがある。

30

【0042】

上記要件を満たす好ましい材料としては、6 員環の芳香環を有する材料が挙げられる。特に、当該 6 員環の芳香環が当該材料の電子輸送性を担う骨格 (電子輸送骨格) や、LUMO が分布する骨格となっている材料を用いることが好ましい。このような構造を有する材料は良好な電子輸送性を有し、また、当該 6 員環の芳香環に含まれる窒素の数が少ない材料を第 1 のホスト材料に、多い材料を第 2 のホスト材料に用いると、第 1 の発光層 113a と第 2 の発光層 113b との間の LUMO の差が、再結合領域を分散するために、より適当な構成とすることができます。

40

【0043】

このような構成を実現する上記第 1 のホスト材料と第 2 のホスト材料の組み合わせとしては、例えば、第 1 のホスト材料における 6 員環の芳香環としてベンゼン骨格やピリジン骨格を有する材料 (すなわち、6 員環の芳香環に含まれる窒素の数が 0 又は 1) を用いることが好ましく、第 2 のホスト材料における 6 員環の芳香環としてはジアジン骨格 (すなわち、6 員環の芳香環に含まれる窒素の数が 2) を有する材料を用いることが好ましい。なお、ジアジン骨格としては、ピラジン骨格、ピリミジン骨格、ピリダジン骨格が挙げられる。

【0044】

また、第 1 のホスト材料と第 2 のホスト材料における上記 6 員環の芳香環が窒素を含み、その窒素の数が第 1 のホスト材料と第 2 のホスト材料とで同じである場合は、第 1 のホス

50

ト材料の6員環の芳香環が単環（すなわち芳香環が縮合していない骨格）であり、第2のホスト材料の6員環の芳香環には芳香環がさらに縮合していると上記条件を良好に満たすため好ましい構成である。このような骨格の組み合わせとしては、第1のホスト材料の6員環の芳香環としてピリジン骨格、第2のホスト材料の6員環の芳香環としてキノリン骨格を挙げることができる。同様にピラジン骨格とキノキサリン骨格の組み合わせや、ピリミジン骨格とジベンゾキノキサリン骨格との組み合わせなども挙げができる。この場合、第1のホスト材料の6員環の芳香環と、第2のホスト材料の6員環の芳香環が同じ骨格（すなわち、ピリジンとキノリン、あるいはピラジンとジベンゾキノキサリンの組み合わせなど）であれば、第1のホスト材料と第2のホスト材料の間の電子に対する障壁が適切となる上に、積層した際の膜の性質も良好となり、特に好ましい。

10

【0045】

なお、ホスト材料のLUMO準位については、薄膜状態の材料のイオン化ポテンシャルの値を大気中にて光電子分光法により測定し、得られたイオン化ポテンシャルの値を、負の値に換算してHOMO準位を求め、薄膜の吸収スペクトルのデータより、直接遷移を仮定したTaucプロットから求めた吸収端から固体状態の光学的エネルギーギャップを見積もり、先に得たHOMO準位と、このエネルギーギャップの値から求めることができる。

【0046】

または、当該材料のサイクリックボルタントリ(CV)測定を行い、還元反応測定における還元ピーク電位 E_{p_c} と酸化ピーク電位 E_{p_a} とから半波電位 $E_{1/2}$ (E_{p_a} と E_{p_c} の中間の電位)を算出し、半波電位 $E_{1/2}$ の数値を、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から差し引くことにより算出することもできる。

20

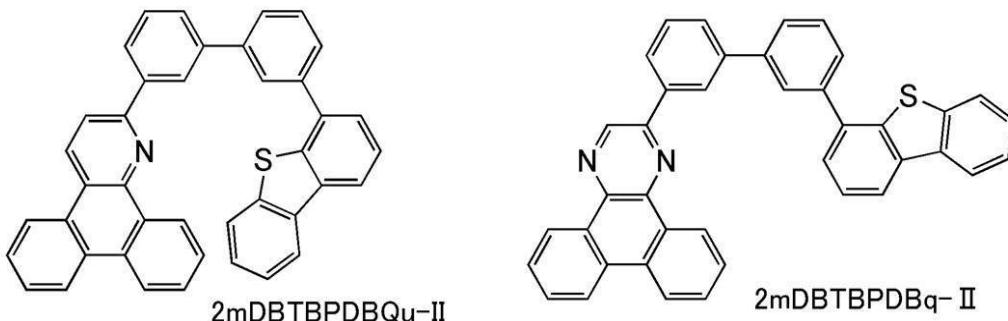
【0047】

また、ホスト材料の電子輸送を担う骨格(電子輸送骨格)、すなわちLUMOが分布する骨格の見積もりについては、量子化学計算により行うことができる。図2に、ピリジン骨格を含むキノリン骨格を有する2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノリン(略称:2mDBTBPDBQu-II)と、ピラジン骨格を含むジベンゾキノキサリン骨格を有する2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPDBq-II)に関し、LUMOが存在する位置を量子化学計算により求めた例を示す。2mDBTBPDBQu-IIと2mDBTBPDBq-IIの構造式を以下に示す。

30

【0048】

【化1】



40

【0049】

計算では、分子の構造最適化を実施後、遷移に関する分子軌道を解析した。構造最適化計算には、Gauss基底を用いた密度汎関数法(DFT)を用いた。DFTでは、交換相関相互作用を電子密度で表現された一電子ポテンシャルの汎関数(関数の関数の意)で近似しているため、計算は高速である。ここでは、混合汎関数であるB3LYPを用いて、交換と相関エネルギーに係る各パラメータの重みを規定した。また、基底関数として、6-311G(それぞれの原子価軌道に三つの短縮関数を用いたtriplesplit valence基底系の基底関数)を全ての原子に適用した。上述の基底関数によ

50

り、例えば、水素原子であれば、1s～3sの軌道が考慮され、また、窒素原子であれば、1s～4s、2p～4pの軌道が考慮される。さらに、計算精度向上のため、分極基底系として、水素原子にはp関数を、水素原子以外にはd関数を加え、p軌道やd軌道も考慮した計算とした。

【0050】

量子化学計算プログラムとしては、Gaussian 09を使用した。計算は、ハイパフォーマンスコンピュータ（SGI社製、Altix 4700）を用いて行った。

【0051】

図2(A)(B)には構造最適化計算により得られた最安定構造における最低空軌道(LUMO)を、Gauss View 5.0.8により可視化した図を示した。

10

【0052】

図2より、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノリン(略称:2mDBTBPDBQu-II)と2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPDBq-II)はLUMOがそれぞれジベンゾキノリン骨格及びジベンゾキノキサリン骨格に分布する材料であることがわかった。当該ジベンゾキノリン骨格及びジベンゾキノキサリン骨格は、それぞれ6員環の芳香環を有する窒素原子が1つの骨格及び2つの骨格であることができる。

【0053】

以上のように、ホスト材料の電子輸送を担う骨格(電子輸送骨格)、すなわちLUMOが分布する骨格を見積もることが可能である。

20

【0054】

なお、ホスト材料は、高いエネルギー・ギヤップや高いT1準位を得るために、芳香族アミン骨格を有さない材料を用いることが好ましい。このような材料を用いることによって、りん光発光材料をゲスト材料に用いることができ、発光効率の良好な発光素子を得ることができる。また、ホスト材料の電子輸送性を相対的に高くするためにも、正孔輸送骨格である芳香族アミン骨格を有さないことが好ましい。また、蒸着法で素子を形成する場合、ホスト材料の分子量は300以上2000以下であることが好ましい。

【0055】

<ゲスト材料(発光中心物質)について>

30

ホスト材料に分散されて発光中心物質として機能するゲスト材料については、第1の発光層113aと第2の発光層113bで同じであっても異なっていてもかまわない。第1の発光層113aと第2の発光層113bで異なるゲスト材料(発光中心物質)を用いる場合、ホスト材料のLUMOの段差を調節することによって、各層での発光中心物質の発光強度のバランス微調整することが可能となる。ただし、第1の発光層113aと第2の発光層113bで異なるゲスト材料を用いる場合、経時的なキャリアバランスの変化が起これば、発光強度のバランスも変化してしまう。この場合、各層のゲスト材料の発光効率が異なれば、輝度上昇や低下のような輝度変動が生じることになる。したがって、このような輝度の変動を抑えるためには、第1の発光層113aと第2の発光層113bで同じゲスト材料を用いることが好ましい。

40

【0056】

また、ゲスト材料はりん光や熱活性化遅延蛍光等、三重項励起エネルギーを発光に変えることが可能な材料を用いることが、発光効率が良好な素子を得ることができると好ましい。また、ホスト材料のHOMO準位よりHOMO準位が高いゲスト材料を用いた発光素子に本実施の形態の構成を適用することが好ましい。これは、ゲスト材料が正孔をトラップすることから、発光層が電子輸送性になりやすく、より本実施の形態の構成に適合し、寿命改善効果の高い構成となるからである。このようなゲスト材料としては、りん光性のイリジウム錯体が好適である。

【0057】

以上のような構成を有する本実施の形態における発光素子は、発光領域の偏りを原因とす

50

る劣化を抑制することができることから、駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい（寿命の長い）発光素子とすることができます。

【0058】

（実施の形態2）

本実施の形態では実施の形態1で説明した発光素子の詳細な構造の例について図1を用いて以下に説明する。

【0059】

本実施の形態における発光素子は、一对の電極間に複数の層からなるEL層を有する。本実施の形態において、発光素子は、第1の電極101と、第2の電極102と、第1の電極101と第2の電極102との間に設けられたEL層103とから構成されている。
10 なお、本形態では第1の電極101は陽極として機能し、第2の電極102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101の方が第2の電極102よりも電位が高くなるように、第1の電極101と第2の電極102に電圧を印加したときに、発光が得られる構成となっている。

【0060】

第1の電極101は陽極として機能するため、仕事関数の大きい（具体的には4.0eV以上）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て形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ（ITO：Indium Tin Oxide）、ケイ素若しくは酸化ケイ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、酸化タンクス滕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、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム-酸化亜鉛は、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方法などがある。また、酸化タンクス滕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クス滕を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もできる。この他、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タンクス滕（W）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、パラジウム（Pd）、または金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料をEL層103における第1の電極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。
20
30

【0061】

EL層103の積層構造については、発光層113が実施の形態1に示したような構成となつていれば他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、電子輸送層、電子注入層、キャリアプロック層、中間層等を適宜組み合わせて構成することができる。本実施の形態では、EL層103は、第1の電極101の上に順に積層した正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115を有する構成について説明する。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。

【0062】

正孔注入層111は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入層111としては、電圧の印加により隣接する正孔輸送層112から電子を奪い、正孔輸送層112に正孔を注入することができるようなアクセプター性物質を用いることができる。このような化合物として、具体的には、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、タンクス滕酸化物、マンガン酸化物のようなルイス酸性を示す金属酸化物や、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）、クロラニルのようなハロゲン化合物や、ピラジノ[2,3-f][1,10]フェナントロリン-2,3-ジカルボニトリル（略称：PPDN）、ジピラジノ[2,3-f:2',3'-h]キノキサリン-2,3,6,7,10,11-ヘキサカルボニトリル（略称：HAT-CN）のようなシアノ化合物等を用いることができる。この他、第
40
50

1の電極101から正孔を容易に受け取れるようなHOMOの準位の高い化合物を用いることができ、具体的には、フタロシアニン(略称:H₂Pc)や銅フタロシアニン(CuPc)等のフタロシアニン系の化合物、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:DPAAB)、N,N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]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:DNTPD)等のフェニレンジアミン骨格を有する芳香族アミン化合物、或いはポリ(エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT/PPS)のような酸が添加された導電性高分子等によつても正孔注入層111を形成することができる。

【0063】

10

また、正孔注入層111として、正孔輸送性の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101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も用いることができるようになる。アクセプター性物質としては、上述した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)、クロラニルのようなハロゲン化合物や、ピラジノ[2,3-f][1,10]フェナントロリン-2,3-ジカルボニトリル(略称:PPDN)、ジピラジノ[2,3-f:2',3'-h]キノキサリン-2,3,6,7,10,11-ヘキサカルボニトリル(略称:HAT-CN)のようなシアノ化合物等を挙げることができる。また、ルイス酸性を示す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、酸化タンゲステン、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

20

【0064】

複合材料に用いる正孔輸送性の物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物(オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等)など、種々の有機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/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。以下では、複合材料における正孔輸送性の物質として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

30

【0065】

例えば、芳香族アミン化合物としては、N,N'-ジ(p-トリル)-N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン(略称:DTDPPA)、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:DPAAB)、N,N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]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: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)等を挙げができる。

40

【0066】

複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: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)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、4,4'-ジフェニル-4''-(

50

9 - フェニル - 9 - H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン(略称: P C B B i 1 B P)、ビス(ビフェニル - 4 - イル)[4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) ビフェニル - 4 - イル]アミン(略称: P C T B i 1 B P)等を挙げることができる。

【0067】

また、複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、他に、4 , 4' - ジ(N - カルバゾリル) ビフェニル(略称: C B P)、1 , 3 , 5 - ト里斯[4 - (N - カルバゾリル) フェニル]ベンゼン(略称: T C P B)、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)、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、3 , 3' - ビス(9 - フェニル - 9 H - カルバゾール)(略称: P C C P)、9 - フェニル - 3 - [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: P C z P A)、9 - {4 - (9 - H - 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - フェニル} - フェナントレン(略称: P C P P n)等の芳香族アミン骨格を有さないカルバゾール誘導体を用いることができ、正孔輸送性と透光性の観点で好ましい。

【0068】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素としては、例えば、2 - 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)、2 - t e r t - 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: D P P A)、2 - t e r t - 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 - B u D B A)、9 , 10 - ジ(2 - ナフチル)アントラセン(略称: D N A)、9 , 10 - ジフェニルアントラセン(略称: D P A n t h)、2 - t e r t - ブチルアントラセン(略称: t - B u A n t h)、9 , 10 - ビス(4 - メチル - 1 - ナフチル)アントラセン(略称: D M N A)、2 - t e r t - ブチル - 9 , 10 - ビス[2 - (1 - ナフチル)フェニル]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' - 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(t e r t - ブチル)ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 1×10^{-6} cm² / V s 以上の正孔移動度を有し、炭素数14 ~ 42である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。特に、縮合芳香族炭化水素骨格を含む芳香族炭化水素であって、前記縮合芳香族炭化水素骨格におけるポリアセン構造が3環以下である芳香族炭化水素は、透光性と化学的安定性の観点で好ましい。このような縮合芳香族炭化水素骨格の具体例としては、ナフタレン、フェナントレン、ピレン、トリフェニレン、クリセン、アントラセン、ペリレンなどが挙げられる。

【0069】

なお、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4 , 4' - ビス(2 , 2 - ジフェニルビニル)ビフェニル(略称: D P V B i)、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: D P V P A)等が挙げられる。

【0070】

また、ポリ(N - ビニルカルバゾール)(略称: P V K)やポリ(4 - ビニルトリフェニルアミン)(略称: P V T P A)、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: P T P D M A)、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: P o l y - T P D)等の高分子化合物を用いることも

10

20

30

40

50

できる。

【0071】

正孔注入層を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光素子を得ることが可能となる。

【0072】

正孔輸送層112は、正孔輸送性の物質を含む層である。正孔輸送性の物質としては、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:N P B)や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:T P D)、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 D A T A)、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:M T D A T A)、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)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:B P A F L P)などの芳香族アミン化合物や、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:P C z P C A 1)、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:P C z P C A 2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:P C z P C N 1)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:P C B A 1 B P)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4',4'''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:P C B N B B)、4,4'-ジフェニル-4',4'''-(9-フェニル-9-H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:P C B B i 1 B P)、ビス(ビフェニル-4-イル)[4'-4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)ビフェニル-4-イル]アミン(略称:P C T B i 1 B P)等のカルバゾール骨格を有する芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、正孔輸送性が高く、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。また、上述の複合材料における正孔輸送性の物質として挙げた有機化合物も正孔輸送層112に用いることができる。また、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:P V K)やポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:P V T P A)等の高分子化合物を用いることもできる。なお、正孔輸送性の物質を含む層は、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】

発光層113は、発光性の物質を含む層である。発光層113は、実施の形態1で説明したような構成を有していることから、本実施の形態における発光素子は駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい(寿命の長い)発光素子とすることができます。発光層113の構成については実施の形態1の記載を参照されたい。

【0074】

発光層113において発光中心物質として用いることが可能な材料としては特に限定は無く、様々な蛍光性材料又は燐光性材料を用いることができる。

【0075】

蛍光発光性材料としては、例えば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:Y G A 2 S)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4',4'''-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称:Y G A P A)、等の他、発光波長が450 nm以上の4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4',4'''-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン(略称:2 Y G A P 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]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:P C A P A)、ペリレン、2,5,8,11-テトラ-tert-ブチルペリレン(略称:T B P)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4',4'''-(9-フェニル-9H-

10

20

30

40

50

カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A) 、 N , N ' , - (2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9 , 1 0 - ジイルジ - 4 , 1 - フェニレン) ビス [N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン] (略称 : D P A B P A) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [4 - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P P A) 、 N - [4 - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P P A) 、 N , N , N ' , N ' , N ' , N ' , N ' , N ' - テトラアミン (略称 : D B C 1) 、 クマリン 3 0 、 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 : 2 P C A P A) 、 N - [9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ピフェニル - 2 - イル) - 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 B P h A) 、 N - (9 , 1 0 - 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 : 2 D P A P A) 、 N - [9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ピフェニル - 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 : 2 D P A B P h A) 、 9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ピフェニル - 2 - イル) - N - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 2 Y G A B P h A) 、 N , N , 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称 : D P h A P h A) 、 クマリン 5 4 5 T 、 N , N ' - ジフェニルキナクリドン (略称 : D P Q d) 、 ルブレン、 5 , 1 2 - ビス (1 , 1 ' - ピフェニル - 4 - イル) - 6 , 1 1 - ジフェニルテトラセン (略称 : B P T) 、 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 - { 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) 、 N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) テトラセン - 5 , 1 1 - ジアミン (略称 : p - m P h T D) 、 7 , 1 4 ジフェニル - N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) アセナフト [1 , 2 - a] フルオランテン - 3 , 1 0 - ジアミン (略称 : p - m P h A F D) 、 2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 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 J T I) 、 2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 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 J T B) 、 2 - (2 , 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] 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 : B i s D C M) 、 2 - { 2 , 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 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 : B i s D C J T M) などが挙げられる。

【 0 0 7 6 】

りん光性発光材料としては、例えば、トリス { 2 - [5 - (2 - メチルフェニル) - 4 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - N 2] フェニル - C } イリジウム (I I I) (略称 : I r (m p p t z - d m p) 3) 、 トリス (5 - メチル - 3 , 4 - ジフェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (M p t z) 3) 、 トリス [4 - (3 - ピフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (i P r p t z - 3 b) 3) のような 4 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス [3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (M p t z 1 - m p) 3) 、 トリス (1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリア

10

20

30

40

50

ゾラト)イリジウム(III)(略称: Ir(P_rp_tz1-Me)₃)のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac-トリス[1-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム(III)(略称: Ir(iPrpmi)₃)、トリス[3-(2,6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ[1,2-f]フェナントリジナト]イリジウム(III)(略称: Ir(dmpimp-Me)₃)のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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: FIracac)のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。また、トリス(4-メチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(mppm)₃)、トリス(4-t-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(tBu ppm)₃)、(アセチルアセトナト)ビス(6-メチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(mppm)₂(acac))、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(tBuppmp)₂(acac))、(アセチルアセトナト)ビス[6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: Ir(nbppm)₂(acac))、(アセチルアセトナト)ビス[5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: Ir(mppppm)₂(acac))、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(dppm)₂(acac))のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(3,5-ジメチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(mppr-Me)₂(acac))、(アセチルアセトナト)ビス(5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(mppr-iPr)₂(acac))のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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(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))、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)(略称: Ir(bzq)₃)、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))のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称: Tb(acac)₃(Phen))のような希土類金属錯体が挙げられる。さらに、ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト](ジイソブチリルメタノ)イリジウム(III)(略称: Ir(5mdppm)₂(dibm))、ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト](ジピバロイルメタノ)イリジウム(III)(略称: Ir(5mdppm)₂(dpm))、ビス[4,6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト](ジピバロイルメタノ)イリジウム(III)(略称: Ir(d1npm)₂(dpm))のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(tppr)₂(acac))、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタノ)イリジウム(III)(略称: Ir(tppr)₂(dpm))、

(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(II) (略称: Ir(Fd₂p₂q)₂(acac))のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N,C²⁻)イリジウム(II) (略称: Ir(piq)₃)、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N,C²⁻)イリジウム(II)アセチルアセトナート (略称: Ir(piq)₂(acac))のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(I) (略称: PtOEP)のような白金錯体や、トリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト) (モノフェナントロリン)ユーロピウム(II) (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ト] (モノフェナントロリン)ユーロピウム(II) (略称: Eu(TTA)₃(Phen))のような希土類金属錯体が挙げられる。

10

【0077】

以上で述べた発光材料の他、公知の発光材料の中から適宜選択して用いることが可能である。

【0078】

また、上記第1のホスト材料及び第2のホスト材料として用いることが可能な材料としては、特に限定はなく、種々のキャリア輸送材料を選択し、図1に示した素子構造が得られるように適宜組み合わせればよい。

20

【0079】

例えば、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(II) (略称: BA1q)、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)などの金属錯体や、4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン (略称: mDBTPTp-II)、4-[3'-(トリフェニレン-2-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾチオフェン (略称: mDBTBPp-II)のような芳香族化合物や、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)、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)、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)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール (略称: CO11)、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)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール (略称: mDBTBIm-II)などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン (略称: 2mCzBPD₂Bq)、4,6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン (略称: 4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン (略称: 4,6mDBTP2Pm-II)などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノリン (略称: 2mDBTBPD₂BQu-II)、3,5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン (略称: 35DCzPPy)、1,3,5-ト

30

40

50

リ [3 - (3 - ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称 : T m P y P B) などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【 0 0 8 0 】

また、以上で述べたホスト材料の他、公知の物質の中からホスト材料を用いても良い。なお、ホスト材料としては、発光中心物質が蛍光性化合物の場合は、該蛍光性化合物のエネルギーギヤップよりも大きいエネルギーギヤップを有する物質を、発光中心物質がりん光性化合物の場合は、該りん光性化合物の三重項準位 (基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差) よりも大きい三重項準位を有する物質を選択することが好ましい。

10

【 0 0 8 1 】

以上のような構成を有する発光層 113 は、真空蒸着法での共蒸着や、混合溶液としてインクジェット法やスピンドルコート法やディップコート法などを用いて作製することができる。

【 0 0 8 2 】

電子輸送層 114 は、電子輸送性の物質を含む層である。例えば、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q) 、トリス (4 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l m q₃) 、ビス (10 - ヒドロキシベンゾ [h] キノリナト) ベリリウム (略称 : B e B q₂) 、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 (略称 : B A l q) など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等からなる層である。また、この他ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンズオキサゾラト] 亜鉛 (略称 : Z n (B O X)₂) 、ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンゾチアゾラト] 亜鉛 (略称 : Z n (B T Z)₂) などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2 - (4 - ビフェニリル) - 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) や、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) 、パソフェナントロリン (略称 : B P h e n) 、パソキュプロイン (略称 : B C P) なども用いることができる。ここに述べた物質は、電子輸送性が高く、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、上述した電子輸送性のホスト材料を電子輸送層 114 に用いても良い。

20

【 0 0 8 3 】

また、電子輸送層 114 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。

【 0 0 8 4 】

また、電子輸送層 114 と第 2 の電極 102 との間に、第 2 の電極 102 に接して電子注入層 115 を設けてもよい。電子注入層 115 としては、フッ化リチウム (L i F) 、フッ化セシウム (C s F) 、フッ化カルシウム (C a F₂) 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を用いることができる。なお、電子注入層 115 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 102 からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

30

【 0 0 8 5 】

第 2 の電極 102 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 e V 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できる。このような陰極材料の具体例としては、リチウム (L i) やセシウム (C s) 等のアルカリ金属、およびマグネシウム (M g) 、カルシウム (C a) 、ストロンチウム (S r)

40

50

等の元素周期表の第1族または第2族に属する元素、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。しかしながら、第2の電極102と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ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102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、スピンドル法等を用いて成膜することが可能である。

【0086】

また、EL層103の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、インクジェット法またはスピンドル法など用いても構わない。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。

10

【0087】

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。

【0088】

以上のような構成を有する発光素子は、第1の電極101と第2の電極102との間に生じた電位差により電流が流れ、発光性の高い物質を含む層である発光層113において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。つまり発光層113に発光領域が形成されるような構成となっている。

20

【0089】

発光は、第1の電極101または第2の電極102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101または第2の電極102のいずれか一方または両方は、透光性を有する電極で成る。第1の電極101のみが透光性を有する電極である場合、発光は第1の電極101を通って取り出される。また、第2の電極102のみが透光性を有する電極である場合、発光は第2の電極102を通って取り出される。第1の電極101および第2の電極102がいずれも透光性を有する電極である場合、発光は第1の電極101および第2の電極102を通って、両方から取り出される。

30

【0090】

なお、第1の電極101と第2の電極102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。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極101および第2の電極102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が好ましい。

【0091】

また、発光層113に接する正孔輸送層や電子輸送層、特に発光層113における発光領域に近い方に接するキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層を構成する発光物質もしくは、発光層に含まれる発光中心物質が有するバンドギャップより大きいバンドギャップを有する物質で構成することが好ましい。

40

【0092】

本実施の形態における発光素子は、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に作製すればよい。基板上に作製する順番としては、第1の電極101側から順に積層しても、第2の電極102側から順に積層しても良い。発光装置は一基板上に一つの発光素子を形成したものでも良いが、複数の発光素子を形成しても良い。一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、素子分割された照明装置や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

50

Tでもよいし逆スタガ型のTFTでもよい。また、TFTに用いる半導体の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体を用いてもよいし、結晶性半導体を用いてもよい。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。

【0093】

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。

【0094】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いた発光装置について説明する。

10

【0095】

本実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いて作製された発光装置について図3を用いて説明する。なお、図3(A)は、発光装置を示す上面図、図3(B)は図3(A)をA-BおよびC-D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(ソース線駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート線駆動回路)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

【0096】

なお、引き回し配線608はソース線駆動回路601及びゲート線駆動回路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。

20

【0097】

次に、断面構造について図3(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線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

30

【0098】

なお、ソース線駆動回路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。

【0099】

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

40

【0100】

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とする。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、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができる。

【0101】

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

50

ている。ここで、陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ITO膜、またはケイ素を含有したインジウム錫酸化物膜、2～20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、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。

【0102】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンドルコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1及び実施の形態2で説明したような構成を含んでいる。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。

【0103】

さらに、EL層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金や化合物、MgAg、MgIn、AlLi等）を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が第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（ITO、2～20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層を用いるのが良い。

【0104】

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617でもって、発光素子が形成されている。当該発光素子は実施の形態2の構成を有する発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態2で説明した構成を有する実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子と、それ以外の構成を有する発光素子の両方が含まれていても良い。

【0105】

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。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材625を設けると水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

【0106】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリット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。

【0107】

以上のようにして、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いて作製された発光装置を得ることができる。

【0108】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態1及び実施の形態2で示した発光効率の良好な発光素子であり、消費電力の低減された発光装置とすることができる。また、駆動電圧の小さい発光素子であり、駆動電圧の小さい発光装置を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0109】

以上のように、本実施の形態では、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、この他、パッシブマトリクス型の発光装置であってもよい。図4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を示す。なお、図4(A)は、発光装置を示す斜視図、図4(B)は図4(A)をX-Yで切断した断面図である。図4において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺)の方が上辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、低駆動電圧で動作する実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を有することによって、低消費電力で駆動させることができる。また、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を含むことによって、低消費電力で駆動させることができる。また、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を有することによって信頼性の高い発光装置とすることが可能となる。

10

【0110】

また、フルカラー表示とするためには、発光素子からの光が発光装置の外部に出る為の光路上に着色層もしくは色変換層を設ければ良い。着色層等を設けることによってフルカラー化した発光装置の例を図5(A)及び(B)に示す。図5(A)には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、有機化合物を含む層1028、発光素子の第2の電極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。また、着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)は透明な基材1033に設ける。また、黒色層(ブラックマトリックス)1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、本実施の形態においては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

20

30

【0111】

また、以上に説明した発光装置では、TFTが形成されている基板1001側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図6に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。TFTと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

40

【0112】

発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図6のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。有機化合物を含む層1028の構成は、実施の形態1及び実施の形態2で説明したような構成とし、白色の発光が得られるような素子構造とする。白色の発光が得られる構成としては、EL層を2層用い

50

た場合には一方の発光層から青色の光が、もう一方の発光層から橙色の光が得られるような構成や、一方の発光層から青色の光が、もう一方の発光層からは赤色と緑色の光が得られるような構成などが考えられる。なお、実施の形態1及び実施の形態2で示した構成を適用しているのであれば、白色発光を得る構成はこれに限らないことはもちろんである。

【0113】

着色層は、発光素子からの光が外部へとれる光路上に設ける。図5(A)のようなボトムエミッション型の発光装置の場合、透明な基材1033に着色層1034R、1034G、1034Bを設けて基板1001に固定することによって設けることができる。また、図5(B)のように着色層をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に設ける構成としても良い。図6のようなトップエミッションの構造であれば着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)を設けた封止基板1031で封止を行うこともできる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するように黒色層(ブラックマトリックス)1030を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)や黒色層(ブラックマトリックス)はオーバーコート層によって覆われても良い。なお封止基板1031は透光性を有する基板をもちいることとする。

10

【0114】

こうして得られた有機発光素子の一対の電極間に電圧を印加すると白色の発光領域1044Wが得られる。また、着色層と組み合わせることで、赤色の発光領域1044Rと、青色の発光領域1044Bと、緑色の発光領域1044Gとが得られる。本実施の形態の発光装置は実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いていることから、消費電力の小さい発光装置の実現が可能である。

20

【0115】

また、ここでは赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、緑、青の3色でフルカラー表示を行ってもよい。

【0116】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0117】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を照明装置として用いる例を図7を参照しながら説明する。図7(B)は照明装置の上面図、図7(A)は図7(B)におけるe-f断面図である。

30

【0118】

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板400上に、第1の電極401が形成されている。第1の電極401は実施の形態1および2における第1の電極101に相当する。

【0119】

第1の電極401上には補助電極402が設けられている。本実施の形態では、第1の電極401側から発光を取り出す例を示したため、第1の電極401は透光性を有する材料により形成する。補助電極402は透光性を有する材料の導電率の低さを補うために設けられており、第1の電極401の抵抗が高いことによる電圧降下を起因とする発光面内の輝度むらを抑制する機能を有する。補助電極402は少なくとも第1の電極401の材料よりも導電率の大きい材料を用いて形成し、好ましくはアルミニウムなどの導電率の大きい材料を用いて形成すると良い。なお、ボトムエミッション型の発光装置の場合、補助電極402における第1の電極401と接する部分以外の表面は絶縁層で覆われていることが好ましい。これは、取り出すことができない補助電極402上部からの発光を抑制するためであり、無効電流を低減し、電力効率の低下を抑制するためである。なお、補助電極402の形成と同時に第2の電極404に電圧を供給するためのパッド412を形成しても良い。

40

【0120】

50

第1の電極401と補助電極402上にはEL層403が形成されている。EL層403は実施の形態1及び実施の形態2に説明した構成を有する。なお、これら構成については当該記載を参照されたい。なお、EL層403は第1の電極401よりも平面的に見て少しだけ形成することが、第1の電極401と第2の電極404とのショートを抑制する絶縁層の役割も担えるため好ましい構成である。

【0121】

EL層403を覆って第2の電極404を形成する。第2の電極404は実施の形態1および2における第2の電極102に相当し、同様の構成を有する。本実施の形態においては、発光は第1の電極401側から取り出されるため、第2の電極404は反射率の高い材料によって形成されることが好ましい。本実施の形態において、第2の電極404はパッド412と接続することによって、電圧が供給されるものとする。10

【0122】

以上、第1の電極401、EL層403、及び第2の電極404（及び補助電極402）を有する発光素子を本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光素子は発光効率の高い発光素子であるため、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができる。また、当該発光素子は信頼性の高い発光素子であることから、本実施の形態における照明装置は信頼性の高い照明装置とすることができる。

【0123】

以上の構成を有する発光素子を、シール材405、406を用いて封止基板407を固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。また、封止基板407、発光素子が形成された基板400、シール材405、406で囲まれた空間408は、真空や、減圧雰囲気であっても良いが、その他、乾燥した空気、水分と酸素を含まない空気、乾燥した窒素などの気体、シール材などの液体や固体によって充填されていても良い。20

【0124】

また、パッド412、第1の電極401及び補助電極402の一部をシール材405、406の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバータなどを搭載したICチップ420などを設けても良い。

【0125】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、EL素子に実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を有することから、消費電力の小さい照明装置とすることができる。また、駆動電圧の低い照明装置とすることができる。また、信頼性の高い照明装置とすることができる。30

【0126】

（実施の形態5）

本実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子をその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子は駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい（寿命の長い）発光素子である。その結果、本実施の形態に記載の電子機器は、信頼性の高い発光部を有する電子機器とすることが可能である。40

【0127】

上記発光素子を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を以下に示す。

【0128】

図8（A）は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体

10

20

30

40

50

7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態1及び実施の形態2に記載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、駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい（寿命の長い）発光素子とすることが可能である。そのため、当該発光素子で構成される表示部7103を有するテレビジョン装置は信頼性の高いテレビジョン装置とすることができる。

【0129】

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行なうことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネルや音量の操作を行なうことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。

10

【0130】

なお、テレビジョン装置は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的なテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【0131】

図8（B1）はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キー・ボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態1及び実施の形態2で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。図8（B1）のコンピュータは、図8（B2）のような形態であっても良い。図8（B2）のコンピュータは、キー・ボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。なお、このコンピュータは、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。当該発光素子は駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい（寿命の長い）発光素子とすることが可能である。そのため、当該発光素子で構成される表示部7203を有するコンピュータは信頼性の高いコンピュータとすることができる。

20

【0132】

図8（C）は携帯型遊技機であり、筐体7301と筐体7302の2つの筐体で構成されており、連結部7303により、開閉可能に連結されている。筐体7301には、実施の形態1及び実施の形態2で説明した発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7304が組み込まれ、筐体7302には表示部7305が組み込まれている。また、図8（C）に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカ部7306、記録媒体挿入部7307、LEDランプ7308、入力手段（操作キー7309、接続端子7310、センサ7311（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン7312）等を備えている。もちろん、携帯型遊技機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも表示部7304および表示部7305の両方、または一方に実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部を用いていればよく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができます。図8（C）に示す携帯型遊技機は、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能や、他の携

30

40

50

帯型遊技機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図8(C)に示す携帯型遊技機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。上述のような表示部7304を有する携帯型遊技機は、表示部7304に用いられている発光素子が、駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化が小さい(寿命が長い)ことから、信頼性の高い携帯型遊技機とすることができる。

【0133】

図8(D)は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機7400は、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。当該発光素子は駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化の小さい(寿命の長い)発光素子とすることが可能である。そのため、当該発光素子で構成される表示部7402を有する携帯電話機は信頼性の高い携帯電話機とすることができる。10

【0134】

図8(D)に示す携帯電話機は、表示部7402を指などで触ることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触ることにより行うことができる。

【0135】

表示部7402の画面は主として3つのモードがある。第1は、画像の表示を主とする表示モードであり、第2は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第3は表示モードと入力モードの2つのモードが混合した表示+入力モードである。20

【0136】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部7402を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部7402の画面のほとんどにキーボードまたは番号ボタンを表示させることが好みしい。

【0137】

また、携帯電話機内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、携帯電話機の向き(縦か横か)を判断して、表示部7402の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。30

【0138】

また、画面モードの切り替えは、表示部7402を触れること、又は筐体7401の操作ボタン7403の操作により行われる。また、表示部7402に表示される画像の種類によって切り替えるようにすることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替える。

【0139】

また、入力モードにおいて、表示部7402の光センサで検出される信号を検知し、表示部7402のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

【0140】

表示部7402は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部7402に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。40

【0141】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態1乃至実施の形態4に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

【0142】

以上の様に実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を備え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。50

実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を用いることにより、信頼性の高い電子機器を得ることができる。

【 0 1 4 3 】

図 9 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図 9 に示した液晶表示装置は、筐体 9 0 1 、液晶層 9 0 2 、バックライトユニット 9 0 3 、筐体 9 0 4 を有し、液晶層 9 0 2 は、ドライバ I C 9 0 5 と接続されている。また、バックライト 9 0 3 には、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子が用いられおり、端子 9 0 6 により、電流が供給されている。

【 0 1 4 4 】

実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用したことにより、信頼性の高いバックライトが得られる。また、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を用いることで、面発光の照明装置が作製でき、また大面積化も可能である。これにより、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、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を適用した発光装置は従来と比較し厚みを小さくできるため、表示装置の薄型化も可能となる。

10

【 0 1 4 5 】

図 1 0 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図 1 0 に示す電気スタンドは、筐体 2 0 0 1 と、光源 2 0 0 2 を有し、光源 2 0 0 2 として、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を用いた発光装置が用いられている。

20

【 0 1 4 6 】

図 1 1 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を、室内の照明装置 3 0 0 1 や表示装置 3 0 0 2 として用いた例である。実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子は駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化が小さい（寿命が長い）発光素子であるため、信頼性の高い照明装置とすることができます。また、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子は大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子は、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

【 0 1 4 7 】

実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子は、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図 1 2 に実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を用いて設けられた表示である。

30

【 0 1 4 8 】

表示領域 5 0 0 0 と表示領域 5 0 0 1 は自動車のフロントガラスに設けられた実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を搭載した表示装置である。実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子は、第 1 の電極と第 2 の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルーラー状態の表示装置とすることができます。シースルーラー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスへの設置や、飛行機のヘッドアップディスプレイ（ H U D ）として使用しても、視界の妨げになることなく好適に適用することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いるとさらに好ましい。

40

【 0 1 4 9 】

表示領域 5 0 0 2 はピラー部分に設けられた実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を搭載した表示装置である。表示領域 5 0 0 2 には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域 5 0 0 3 は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補

50

い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

【0150】

表示領域 5004 や表示領域 5005 はナビゲーション情報、スピードメーターやタコメーター、走行距離、給油量、ギア状態、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域 5000 乃至表示領域 5003 にも設けることができる。また、表示領域 5000 乃至表示領域 5005 は照明装置として用いることも可能である。

【0151】

実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子は駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化が小さい（寿命が長い）発光素子とすることができます。このことから、安全性能要求の高い車載用の発光装置や照明装置であっても好適に用いることができる。

【0152】

図 13 (A) 及び図 13 (B) は 2 つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図 13 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9630 、表示部 9631a 、表示部 9631b 、表示モード切り替えスイッチ 9034 、電源スイッチ 9035 、省電力モード切り替えスイッチ 9036 、留め具 9033 、操作スイッチ 9038 、を有する。なお、当該タブレット端末は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を備えた発光装置を表示部 9631a 、表示部 9631b の一方又は両方に用いることにより作製される。

【0153】

表示部 9631a は、一部をタッチパネル領域 9632a とすることができます、表示された操作キー 9637 にふれることでデータ入力をすることができます。なお、表示部 9631a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9631a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9631a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9631b を表示画面として用いることができる。

【0154】

また、表示部 9631b においても表示部 9631a と同様に、表示部 9631b の一部をタッチパネル領域 9632b とすることができます。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9639 が表示されている位置に指やスタイルスなどでのふれることで表示部 9631b にキーボードボタンを表示することができます。

【0155】

また、タッチパネル領域 9632a とタッチパネル領域 9632b に対して同時にタッチ入力することもできる。

【0156】

また、表示モード切り替えスイッチ 9034 は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ 9036 は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとすることができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

【0157】

また、図 13 (A) では表示部 9631b と表示部 9631a の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なっていてもよく、表示の品質も異なっていてもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

【0158】

10

20

30

40

50

図13(B)は、閉じた状態であり、本実施の形態におけるタブレット型端末では、筐体9630、太陽電池9633、充放電制御回路9634、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636を備える例を示す。なお、図13(B)では充放電制御回路9634の一例としてバッテリー9635、DCDCコンバータ9636を有する構成について示している。

【0159】

なお、タブレット型端末は2つ折り可能なため、未使用時に筐体9630を閉じた状態にすることができる。従って、表示部9631a、表示部9631bを保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

【0160】

また、この他にも図13(A)及び図13(B)に示したタブレット型端末は、様々な情報(静止画、動画、テキスト画像など)を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、等を有することができる。

10

【0161】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池9633によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池9633は、筐体9630の片面又は両面に設けることができ、バッテリー9635の充電を効率的に行う構成とすることができます。

20

【0162】

また、図13(B)に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図13(C)にブロック図を示し説明する。図13(C)には、太陽電池9633、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示しており、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3が、図13(B)に示す充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

【0163】

まず外光により太陽電池9633により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための電圧となるようDCDCコンバータ9636で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作に太陽電池9633で充電された電力が用いられる際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ9638で表示部9631に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部9631での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー9635の充電を行う構成とすればよい。

30

【0164】

なお、太陽電池9633については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に限定されず、圧電素子(ピエゾ素子)や熱電変換素子(ペルティエ素子)などの他の発電手段によってバッテリー9635の充電を行う構成であってもよい。無線(非接触)で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせて行う構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

40

【0165】

また、上記表示部9631を具備していれば、図13に示した形状のタブレット型端末に限定されない。

【実施例1】

【0166】

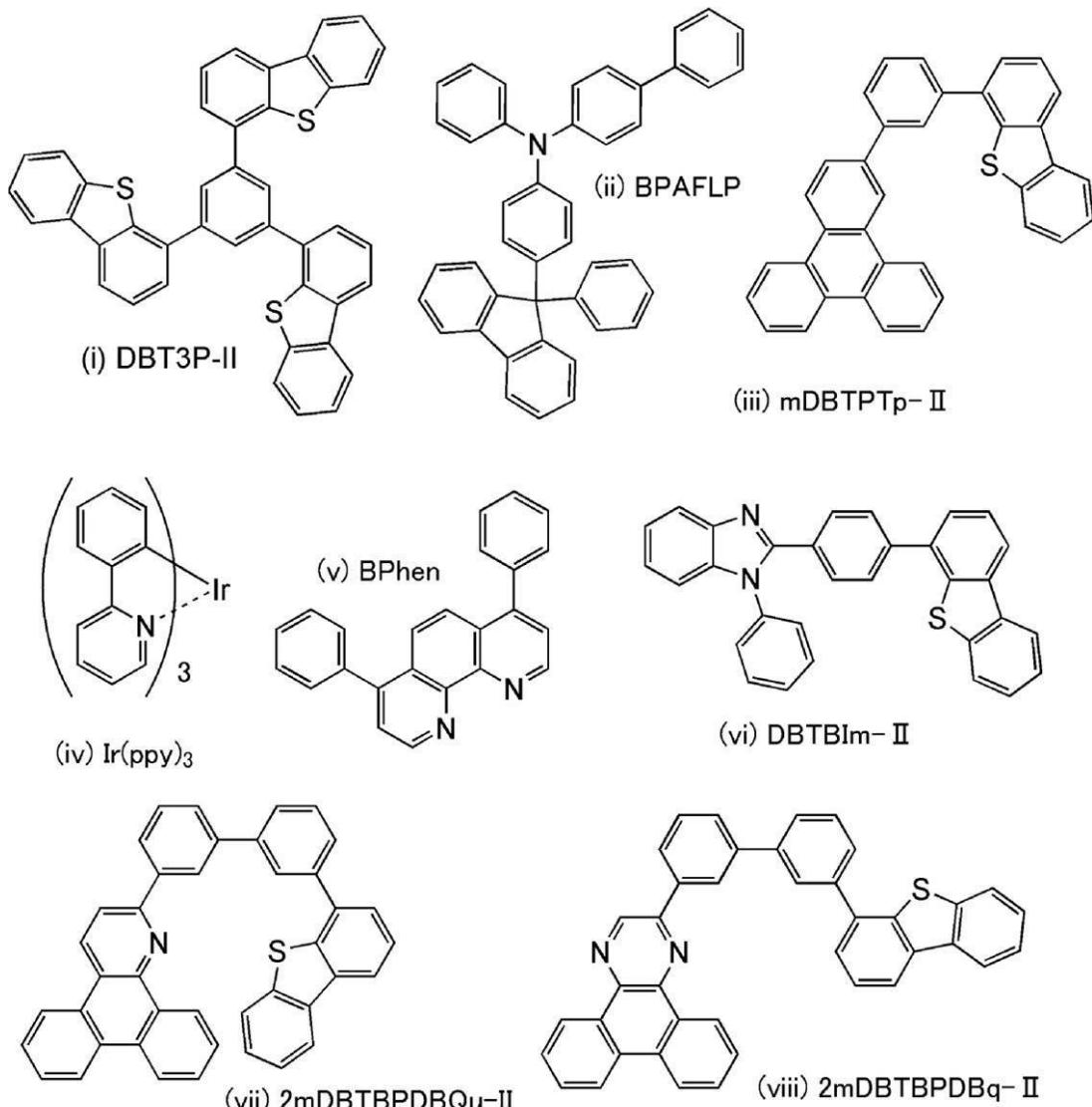
本実施例では、本発明の一態様の発光素子(発光素子1乃至発光素子3)及び比較発光素子1について図1(a)(b)を用いて説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。なお、発光素子1乃至発光素子3はホスト材料の異なる2層構造の発光層を有し、当該2層の発光層のうち、陰極側の発光層におけるホスト材料に、陽極側の発光層にお

50

けるホスト材料よりもLUMO準位が低い材料を用いている。なお、比較発光素子1は、陰極側の発光層におけるホスト材料と、陽極側の発光層におけるホスト材料が同じである。

【0167】

【化2】



【0168】

以下に、本実施例の発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の作製方法を示す。

【0169】

(発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITSO)をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101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。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【0170】

次に、基板上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200度1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0171】

その後、 10^{-4} Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170度で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

10

20

30

40

50

【0172】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101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101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-II)、と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層111を形成した。その膜厚は、40nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:1(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

10

【0173】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPAFLP)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

【0174】

さらに、正孔輸送層112上に、上記構造式(iii)で表される4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:mDBTPTp-II)と上記構造式(iv)で表されるトリス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(略称:Ir(ppy)₃)とを重量比1:0.08(=mDBTPTp-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した。

20

【0175】

その後、発光素子1では上記構造式(viii)で表される2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPDQ-I)とIr(ppy)₃とを重量比1:0.04(=2mDBTBPDQ-I:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第2の発光層113bを形成することによって発光層113を形成した。その後、発光層113上に2mDBTBPDQ-Iを膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(v)で表されるパソフェナントロリン(略称:BPhen)を20nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。なお、2mDBTBPDQ-Iの溶液状態におけるLUMO準位は-2.94eVであり、mDBTPTp-IIの溶液状態におけるLUMO準位、-2.36eVより0.58eV程低い位置にある。

30

【0176】

発光素子2では、正孔輸送層112上に、mDBTPTp-IIとIr(ppy)₃とを重量比1:0.08(=mDBTPTp-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した後、上記構造式(vi)で表される2-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:DBTBIm-I)とIr(ppy)₃とを重量比1:0.04(=DBTBIm-I:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第2の発光層113bを形成することによって発光層113を形成した。その後、発光層113上にDBTBIm-Iを膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(v)で表されるパソフェナントロリン(略称:BPhen)を20nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。なお、DBTBIm-Iの溶液状態におけるLUMO準位は-2.52eVであり、mDBTPTp-IIの溶液状態におけるLUMO準位、-2.36eVより0.16eV程低い位置にある。

40

【0177】

発光素子3では、正孔輸送層112上に、mDBTPTp-IIとIr(ppy)₃とを重量比1:0.08(=mDBTPTp-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した後、上記構造式(vii)で表される2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノリン(略称:2mDBTBPDQu-I)とIr(ppy)₃とを重量比1:0

50

.04 (= 2mDBTBPDQ - II : Ir(ppy)₃) なるように 20 nm 共蒸着し、第2の発光層 113b を形成することによって発光層 113 を形成した。その後、発光層 113 上に 2mDBTBPDQ - II を膜厚 10 nm なるように成膜し、さらに、上記構造式 (v) で表されるバソフェナントロリン (略称: BPhen) を 20 nm なるように成膜して、電子輸送層 114 を形成した。なお、2mDBTBPDQ - II の溶液状態における LUMO 準位は -2.59 eV であり、mDBTPTp - II の溶液状態における LUMO 準位、-2.36 eV より 0.23 eV 程低い位置にある。

【0178】

比較発光素子 1 では、正孔輸送層 112 上に、mDBTPTp - II と Ir(ppy)₃ とを重量比 1:0.08 (= mDBTPTp - II : Ir(ppy)₃) なるように 20 nm 共蒸着し、第1の発光層 113a を形成した後、mDBTPTp - II と Ir(ppy)₃ とを重量比 1:0.04 (= mDBTPTp - II : Ir(ppy)₃) なるように 20 nm 共蒸着し、第2の発光層 113b を形成することによって発光層 113 を形成した。その後、発光層 113 上に mDBTPTp - II を膜厚 10 nm なるように成膜し、さらに、上記構造式 (v) で表されるバソフェナントロリン (略称: BPhen) を 20 nm なるように成膜して、電子輸送層 114 を形成した。

10

【0179】

電子輸送層 114 を形成したら、その後、フッ化リチウム (LiF) を 1 nm の膜厚となるように蒸着し、電子注入層 115 を形成した。

20

【0180】

最後に、陰極として機能する第2の電極 102 として、アルミニウムを 200 nm の膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子 1 乃至発光素子 3 及び比較発光素子 1 を作製した。

30

【0181】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0182】

また、mDBTPTp - II の分子量は 486、2mDBTBPDQ - II の分子量は 564、DBTBIm - II の分子量は 452、2mDBTBPDQ - II の分子量は 563 である。

【0183】

以上により得られた発光素子 1 乃至発光素子 3 及び比較発光素子 1 の素子構造を表 1 に示す。

【0184】

【表1】

	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層		電子輸送層		電子 注入層
			第1の 発光層	第2の 発光層	第1の電子 輸送層	第2の電子 輸送層	
発光 素子 1				2mDBTPDBq-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	2mDBTPDBq-II 10nm		
発光 素子 2	DBT3P-II :MoOx 4:1 40nm	BPAFLP 20nm	mDBTPTp-II :Ir(ppy)3 1:0.08 20nm	DBTBIm-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	DBTBIm-II 10nm		
発光 素子 3				2mDBTPDBQu-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	2mDBTPDBQu-II 10nm		
比較 発光 素子 1				mDBTPTp-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	mDBTPTp-II 10nm		

10

20

30

40

50

【0185】

発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子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ガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80にて1時間熱処理）を行った後、これら発光素子の信頼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。

【0186】

発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1の輝度-電流効率特性を図14に示す。図14において、横軸は輝度（cd/m²）、縦軸は電流効率（cd/A）を表す。また、電圧-輝度特性を図15に示す。図15において、横軸は電圧（V）、縦軸は輝度（cd/m²）を表す。また、輝度-外部量子効率特性を図16に示す。図16において、横軸は輝度（cd/m²）、縦軸は外部量子効率（%）を示す。

【0187】

以上のように、発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1はいずれも良好な素子特性を示すことがわかった。

【0188】

また、発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1に0.1mAの電流を流した際の発光スペクトルを、図17に示す。図17において、横軸は波長（nm）、縦軸は発光強度（任意単位）を表す。図17より、発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子1はIr(ppy)₃起因の緑色の発光を呈することがわかった。

【0189】

続いて、信頼性試験を行った。信頼性試験は、初期輝度5000cd/m²、電流密度一定の条件で、初期輝度を100%として駆動時間の経過に伴う輝度変化を測定することにより行った。結果を図18に示す。図18においては、縦軸が初期輝度を100%とした、規格化輝度、横軸が時間である。図から、2層構造の発光層を有する発光素子において、当該2層の発光層のホスト材料が同一である比較発光素子1に対して、陰極側の発光層のホスト材料が陽極側の発光層のホスト材料より低いLUMO準位を有する発光素子1乃至発光素子3の方が、時間の経過による輝度低下が小さく、信頼性の良好な発光素子であることがわかった。特に、陰極側の発光層におけるホスト材料のLUMO準位が、陽極側の発光層におけるホスト材料のLUMO準位より0.58eV程低い構成を有する発光素子1は特に信頼性の良好な発光素子であることがわかった。

【0190】

なお、各材料のLUMO準位の算出は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定によって行った。CV測定では参照電極に対する作用電極の電位を適切な範囲で変化させて還元ピーク電位 E_{pc} 及び酸化ピーク電位 E_{pa} を得た。LUMO準位は還元反応測定における還元ピーク電位 E_{pc} と酸化ピーク電位 E_{pa} とから半波電位 $E_{1/2}$ (E_{pa} と E_{pc} の中間の電位)を算出し、半波電位 $E_{1/2}$ を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から差し引くことにより算出した。

【0191】

CV測定における溶液は、溶媒として脱水N,N-ジメチルホルムアミド(DMF)(Sigma-Aldrich社製、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2mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。

10

【0192】

作用電極は白金電極(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。また、CV測定のスキャン速度は0.1V/sに統一した。

20

【0193】

なお、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は、Ag/Ag⁺電極のフェルミ準位に相当し、その算出は、真空準位からのポテンシャルエネルギーが既知の物質を当該参照電極(Ag/Ag⁺電極)を用いて測定した値から行えれば良い。

【0194】

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)の算出方法を具体的に説明する。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+0.610V[v.s. 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、+0.11V[v.s. Ag/Ag⁺]であった。したがって、この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0.50[eV]低くなっていることがわかった。

30

【0195】

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、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、-4.44-0.50=-4.94[eV]であると算出できる。

40

【実施例2】

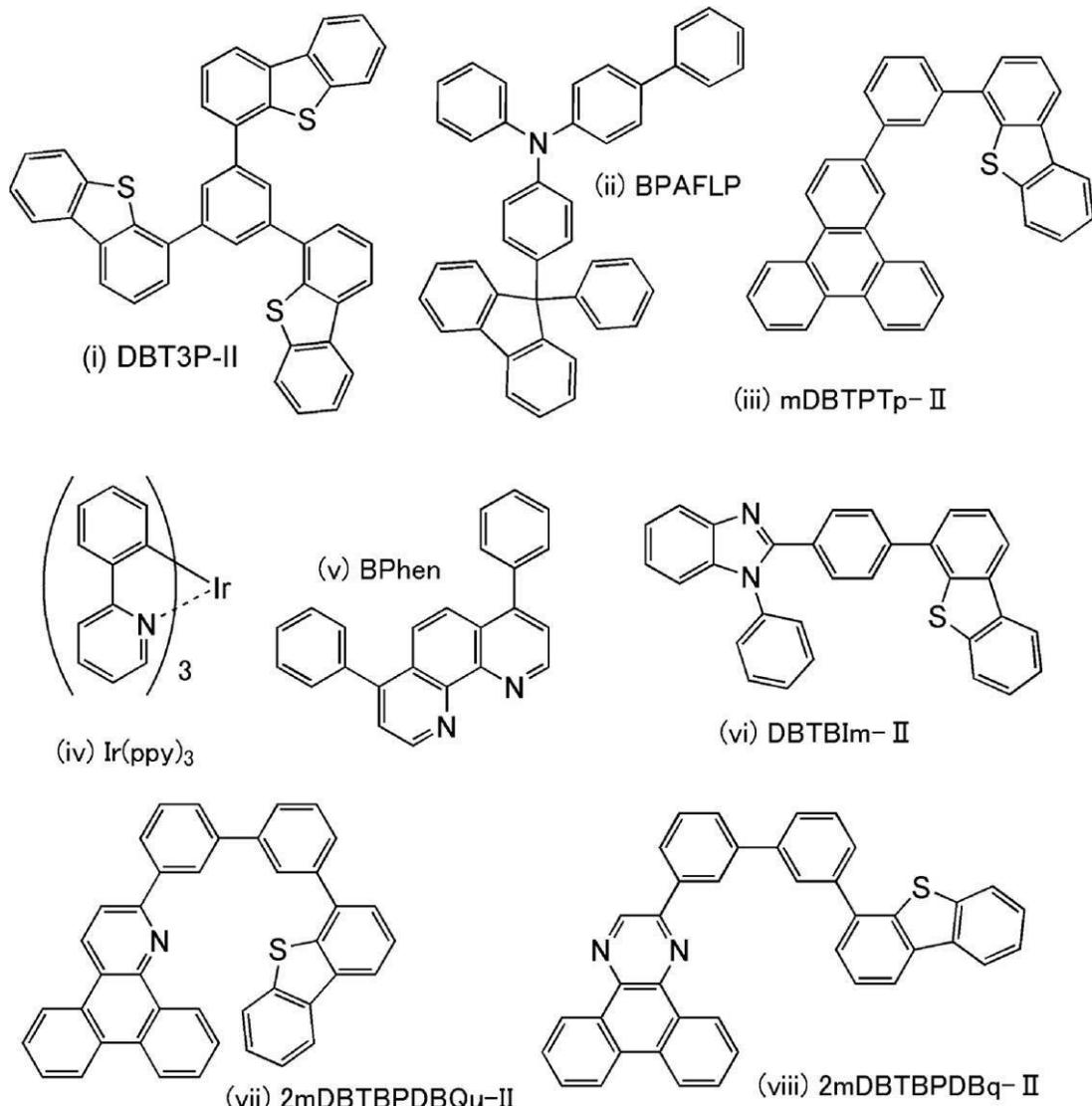
【0196】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子(発光素子4)及び比較発光素子2乃至比較発光素子4について図1(a)(b)を用いて説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。なお、発光素子4はホスト材料が各々異なる2層構造の発光層を有し、当該2層の発光層のうち、陰極側の発光層におけるホスト材料に、陽極側の発光層におけるホスト材料よりもLUMO準位が低い材料を用い、比較発光素子2乃至比較発光素子4は、陰極側の発光層におけるホスト材料に、陽極側の発光層におけるホスト材料と同じ、もしくはより高いLUMO準位を有する材料を用いている。

【0197】

50

【化3】



【0198】

以下に、本実施例の発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の作製方法を示す。

【0199】

(発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITSO)をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101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。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【0200】

次に、基板上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200度1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0201】

その後、 10^{-4} Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170度で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0202】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101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

10

20

30

40

50

圧した後、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される4, 4', 4'' - (ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称: DBT3P-II)、と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層111を形成した。その膜厚は、40nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:1 (=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0203】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称: BPAFLP)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。
10

【0204】

さらに、正孔輸送層112上に、上記構造式(viii)で表される2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノリン(略称: 2mDBTBPDQu-II)と上記構造式(iv)で表されるトリス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(略称: Ir(ppy)₃)とを重量比1:0.08(=2mDBTBPDQu-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した後、発光素子4では上記構造式(viii)で表される2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2mDBTBPDQq-II)とIr(ppy)₃とを重量比1:0.04(=2mDBTBPDQq-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第2の発光層113bを形成することによって発光層113を形成した。その後、発光層113上に2mDBTBPDQq-IIを膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(v)で表されるバソフェナントロリン(略称: BPhen)を20nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。なお、2mDBTBPDQq-IIの溶液状態におけるLUMO準位は-2.94eVであり、2mDBTBPDQu-IIの溶液状態におけるLUMO準位、-2.59eVより0.35eV程低い位置にある。
20

【0205】

比較発光素子2では、正孔輸送層112上に、2mDBTBPDQu-IIとIr(ppy)₃とを重量比1:0.08(=2mDBTBPDQu-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した後、上記構造式(vi)で表される2-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称: DBTBIm-II)とIr(ppy)₃とを重量比1:0.04(=DBTBIm-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第2の発光層113bを形成することによって発光層113を形成した。その後、発光層113上にDBTBIm-IIを膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、BPhenを20nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。なお、DBTBIm-IIの溶液状態におけるLUMO準位は-2.52eVであり、2mDBTBPDQu-IIの溶液状態におけるLUMO準位、-2.59eVより0.07eV程高い位置にある。
30
40

【0206】

比較発光素子3では、正孔輸送層112上に、2mDBTBPDQu-IIとIr(ppy)₃とを重量比1:0.08(=2mDBTBPDQu-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した後、2mDBTBPDQu-IIとIr(ppy)₃とを重量比1:0.04(=2mDBTBPDQu-II:Ir(ppy)₃)となるように20nm共蒸着し、第2の発光層113bを形成することによって発光層113を形成した。その後、発光層113上に2mDBTBPDQu-IIを膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、BPhenを20nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。
50

【0207】

比較発光素子4では、正孔輸送層112上に、 2mDBTBPDPBQu-II と $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ とを重量比1:0.08(= 2mDBTBPDPBQu-II : $\text{Ir}(\text{ppy})_3$)となるように20nm共蒸着し、第1の発光層113aを形成した後、上記構造式(iii)で表される4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: mDBTPTp-II)と $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ とを重量比1:0.04(= mDBTPTp-II : $\text{Ir}(\text{ppy})_3$)となるように20nm共蒸着し、第2の発光層113bを形成することによって発光層113を形成した。その後、発光層113上に mDBTPTp-II を膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(v)で表されるバソフェナントロリン(略称: BPhen)を20nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。なお、 mDBTPTp-II の溶液状態におけるLUMO準位は-2.36eVであり、 2mDBTBPDPBQu-II の溶液状態におけるLUMO準位、-2.59eVより0.23eV程高い位置にある。

10

【0208】

電子輸送層114を形成したら、その後、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように蒸着し、電子注入層115を形成した。

【0209】

最後に、陰極として機能する第2の電極102として、アルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子4および比較発光素子2乃至比較発光素子4を作製した。

20

【0210】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0211】

また、 mDBTPTp-II の分子量は486、 2mDBTBPDPBq-II の分子量は564、 DBTBIm-II の分子量は452、 2mDBTBPDPBQu-II の分子量は563である。

【0212】

以上により得られた発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の素子構造を表2に示す。

【0213】

30

【表2】

	正孔注入層	正孔輸送層	発光層		電子輸送層		電子注入層
			第1の発光層	第2の発光層	第1の電子輸送層	第2の電子輸送層	
発光素子4				2mDBTBPDBq-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	2mDBTBPDBq-II 10nm		
比較発光素子2	DBT3P-II :MoOx	BPAFLP	2mDBTBPDBQu-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	DBTBIm-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	DBTBIm-II 10nm		
比較発光素子3	4:1 40nm	20nm	1:0.08 20nm	2mDBTBPDBQu-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	2mDBTBPDBQu-II 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm
比較発光素子4				mDBTPTp-II :Ir(ppy)3 1:0.04 20nm	mDBTPTp-II 10nm		

10

20

【0214】

発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4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ガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80にて1時間熱処理）を行った後、これら発光素子の信頼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。

【0215】

発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4の輝度-電流効率特性を図19に示す。図19において、横軸は輝度（cd/m²）、縦軸は電流効率（cd/A）を表す。また、電圧-輝度特性を図20に示す。図20において、横軸は電圧（V）、縦軸は輝度（cd/m²）を表す。また、輝度-外部量子効率特性を図21に示す。図21において、横軸は輝度（cd/m²）、縦軸は外部量子効率（%）を示す。

30

【0216】

以上のように、発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4はいずれも良好な素子特性を示すことがわかった。

【0217】

また、発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4に0.1mAの電流を流した際の発光スペクトルを、図22に示す。図22において、横軸は波長（nm）、縦軸は発光強度（任意単位）を表す。図22より、発光素子4及び比較発光素子2乃至比較発光素子4はIr(ppy)₃起因の緑色の発光を呈することがわかった。

40

【0218】

続いて、信頼性試験を行った。信頼性試験は、初期輝度5000cd/m²、電流密度一定の条件で、初期輝度を100%として駆動時間の経過に伴う輝度変化を測定することにより行った。結果を図23に示す。図23においては、縦軸が初期輝度を100%とした、規格化輝度、横軸が時間である。図から、2層構造の発光層を有する発光素子において、当該2層の発光層のホスト材料が同一もしくは陰極側のホスト材料のLUMO準位の方が高い材料である比較発光素子2乃至比較発光素子4に対して、陰極側の発光層のホスト材料が陽極側の発光層のホスト材料より低いLUMO準位を有する発光素子4が、時間の経過による輝度低下が小さく、信頼性の良好な発光素子であることがわかった。

50

【0219】

なお、各材料の LUMO 準位の算出方法は実施例 1 と同様であるので割愛する。

【符号の説明】

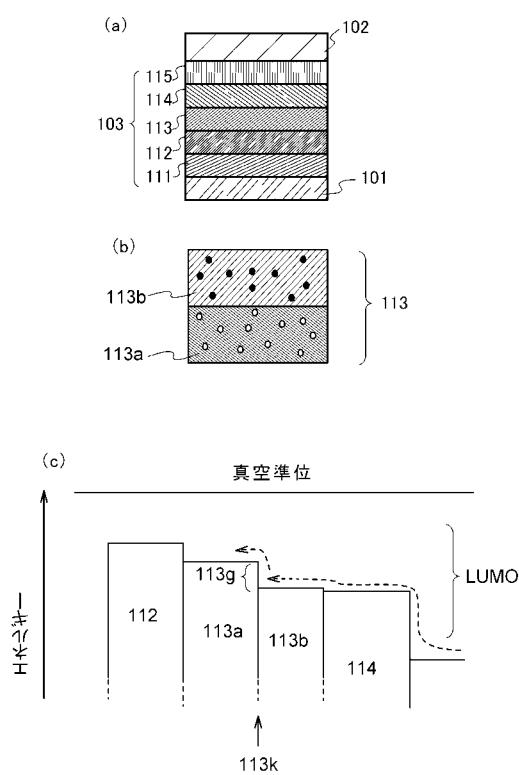
【0220】

101	第 1 の電極	10
102	第 2 の電極	
103	E L 層	
111	正孔注入層	
112	正孔輸送層	
113	発光層	
113 a	第 1 の発光層	
113 b	第 2 の発光層	
113 g	LUMO の段差	
113 k	界面	
114	電子輸送層	
115	電子注入層	
400	基板	
401	第 1 の電極	
402	補助電極	
403	E L 層	20
404	第 2 の電極	
405	シール材	
406	シール材	
407	封止基板	
412	パッド	
601	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
602	画素部	
603	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	
604	封止基板	
605	シール材	30
607	空間	
608	配線	
609	FPC (フレキシブルプリントサーキット)	
610	素子基板	
611	スイッチング用 TFT	
612	電流制御用 TFT	
613	第 1 の電極	
614	絶縁物	
616	E L 層	
617	第 2 の電極	40
618	発光素子	
623	n チャネル型 TFT	
624	p チャネル型 TFT	
625	乾燥材	
901	筐体	
902	液晶層	
903	バックライトユニット	
904	筐体	
905	ドライバ I C	
906	端子	50

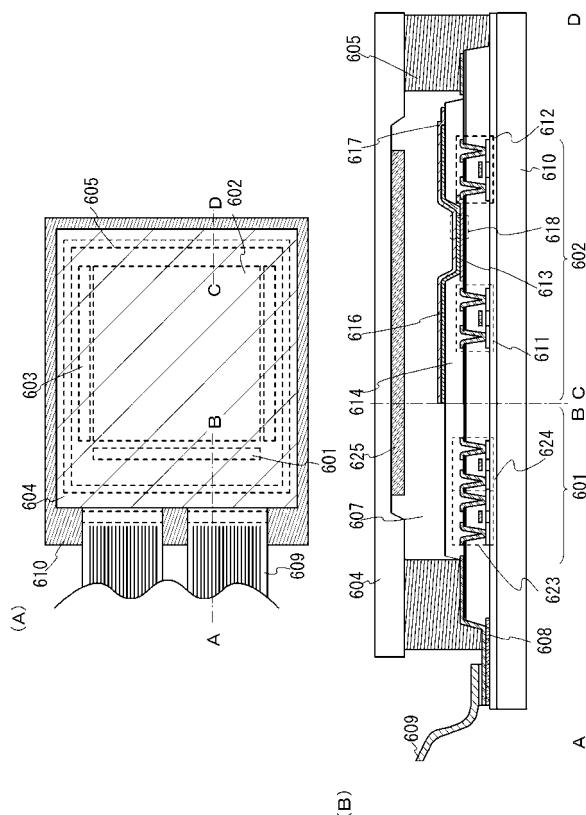
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	10
1 0 0 7	ゲート電極	
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	第1の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第2の層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 W	発光素子の第1の電極	
1 0 2 4 R	発光素子の第1の電極	
1 0 2 4 G	発光素子の第1の電極	
1 0 2 4 B	発光素子の第1の電極	
1 0 2 5	隔壁	20
1 0 2 8	有機化合物を含む層	
1 0 2 9	発光素子の第2の電極	
1 0 3 0	黒色層(ブラックマトリックス)	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	
1 0 3 5	黒色層(ブラックマトリックス)	30
1 0 3 7	第3の層間絶縁膜	
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
1 0 4 4 W	白色の発光領域	
1 0 4 4 R	赤色の発光領域	
1 0 4 4 B	青色の発光領域	
1 0 4 4 G	緑色の発光領域	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	40
3 0 0 1	照明装置	
3 0 0 2	表示装置	
5 0 0 0	表示領域	
5 0 0 1	表示領域	
5 0 0 2	表示領域	
5 0 0 3	表示領域	
5 0 0 4	表示領域	
5 0 0 5	表示領域	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	50

7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キー ボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	10
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 2 1 0	第2の表示部	
7 3 0 1	筐体	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 3	連結部	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	表示部	
7 3 0 6	スピーカ部	
7 3 0 7	記録媒体挿入部	
7 3 0 8	L E D ランプ	
7 3 0 9	操作キー	20
7 3 1 0	接続端子	
7 3 1 1	センサ	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 0	携帯電話機	
9 0 3 3	留め具	30
9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	
9 0 3 7	操作キー	
9 0 3 8	操作スイッチ	
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 1 a	表示部	
9 6 3 1 b	表示部	
9 6 3 2 a	タッチパネル領域	40
9 6 3 2 b	タッチパネル領域	
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	
9 6 3 6	D C D C コンバータ	
9 6 3 8	コンバータ	
9 6 3 9	ボタン	

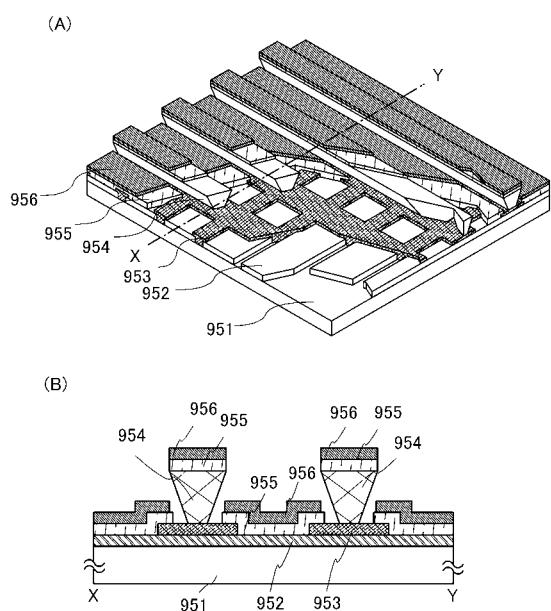
【図1】



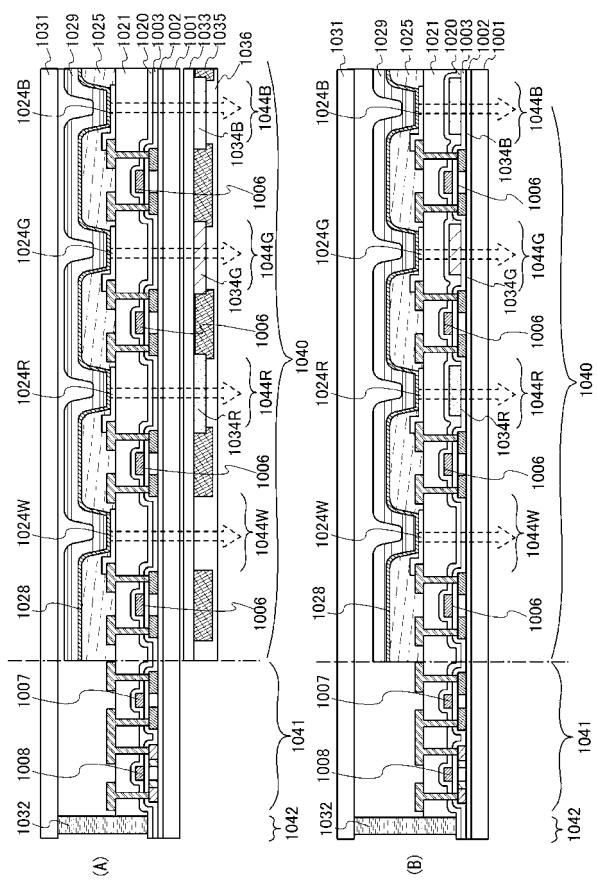
【図3】



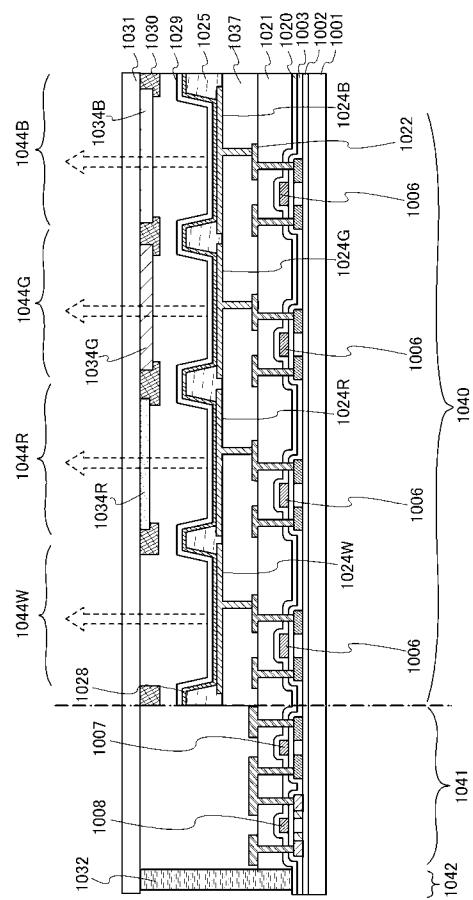
【図4】



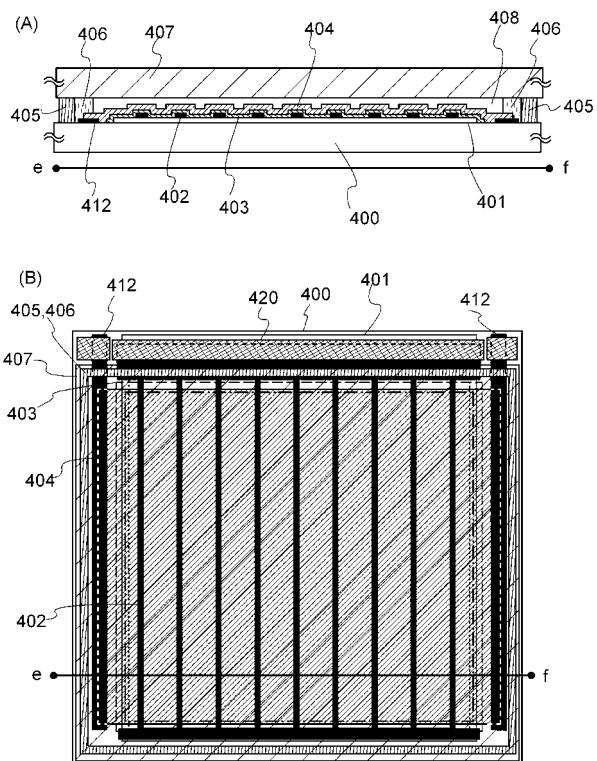
【図5】



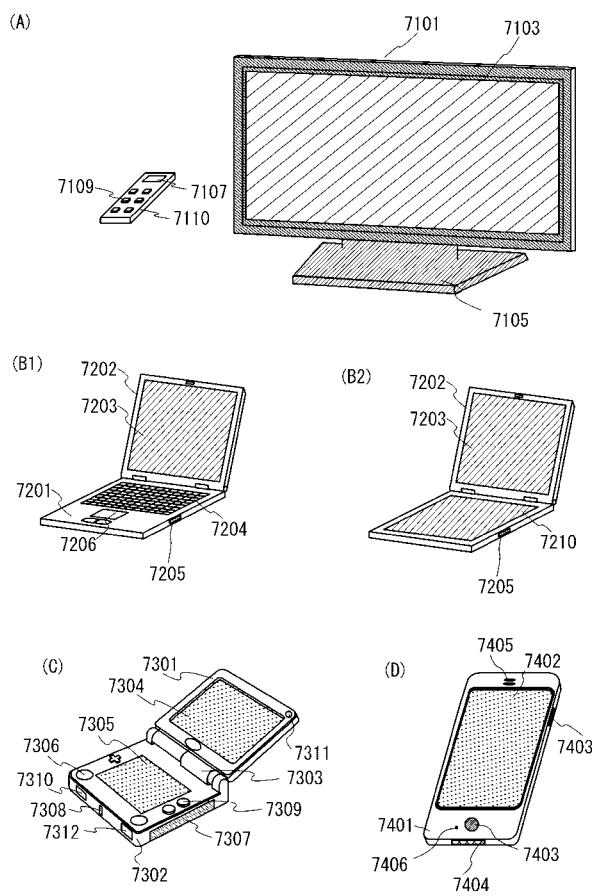
【図 6】



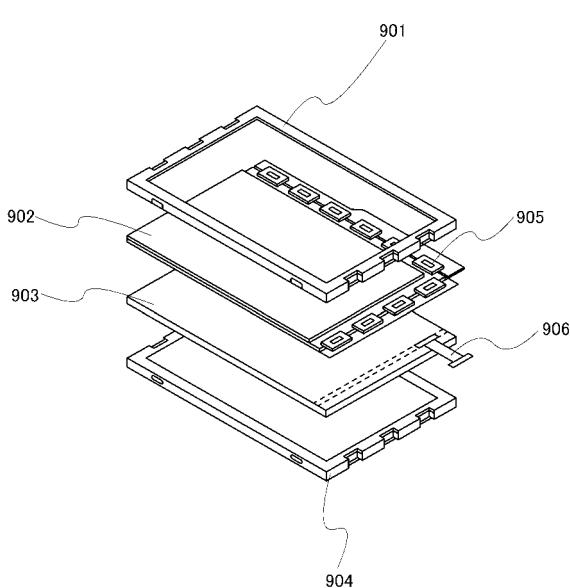
【図 7】



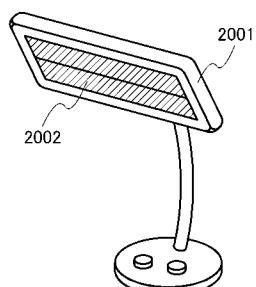
【図 8】



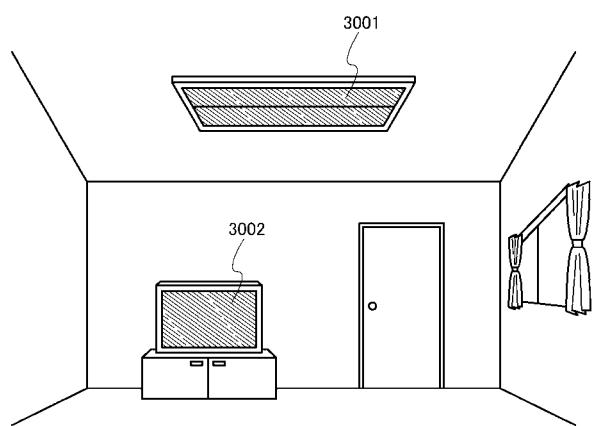
【図 9】



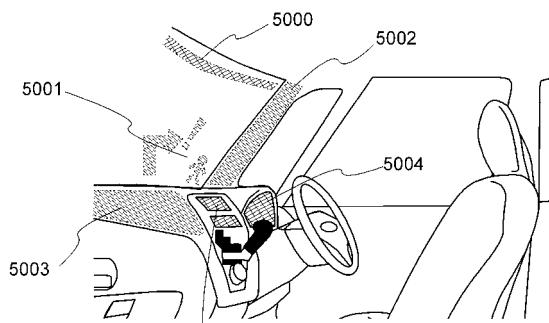
【図 1 0】



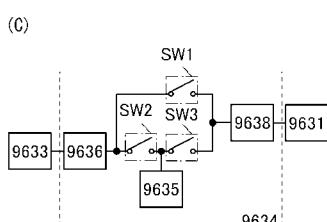
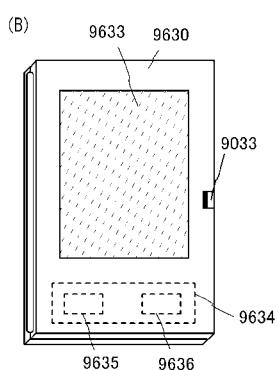
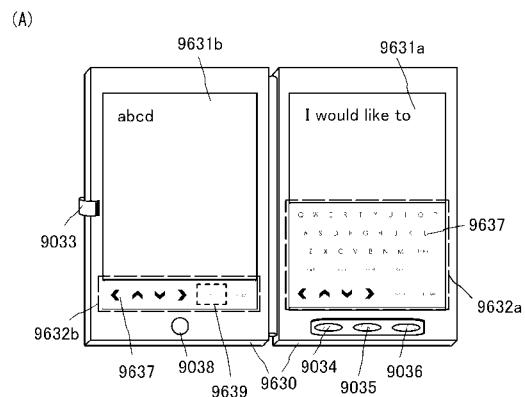
【図 1 1】



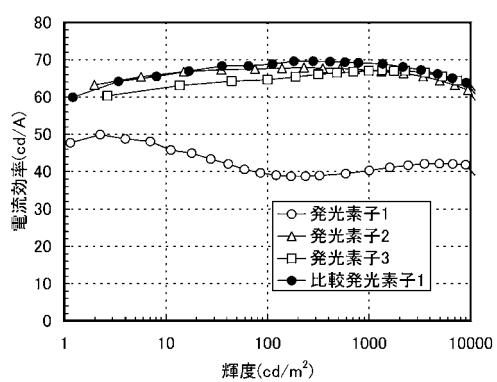
【図 1 2】



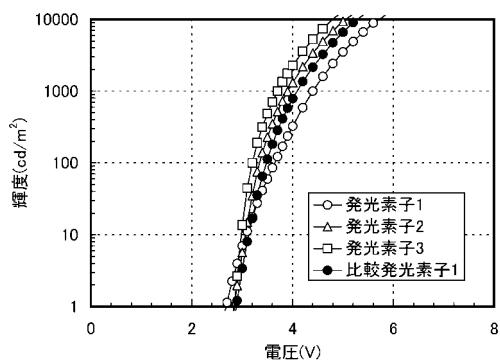
【図 1 3】



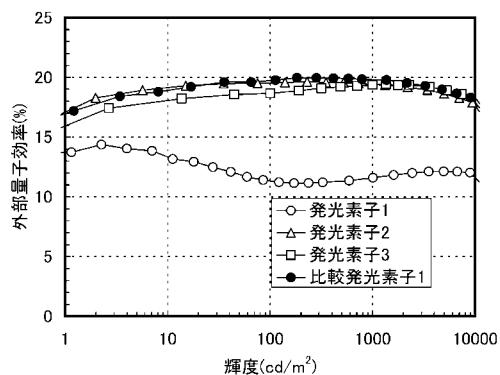
【図 1 4】



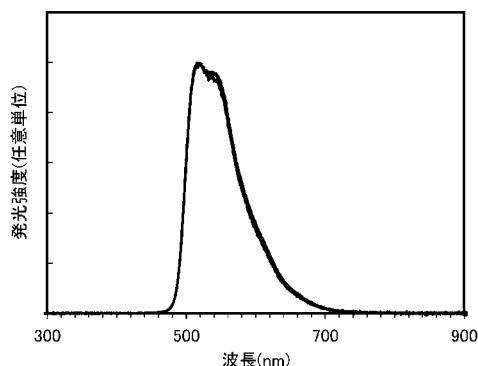
【図 1 5】



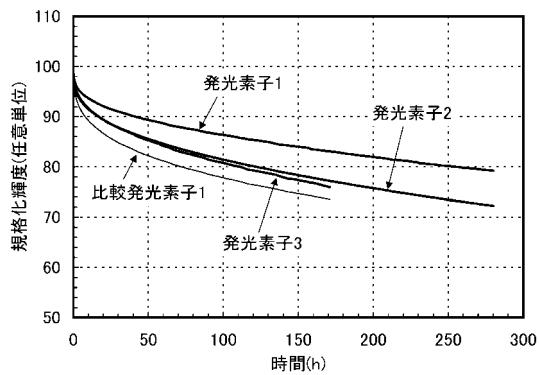
【図 16】



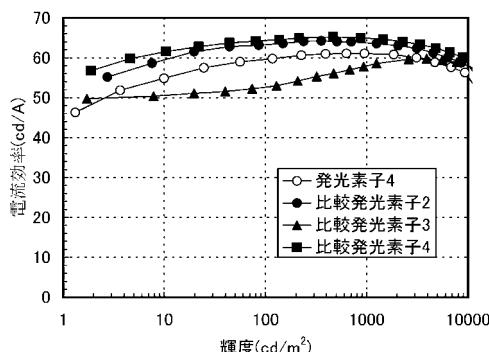
【図 17】



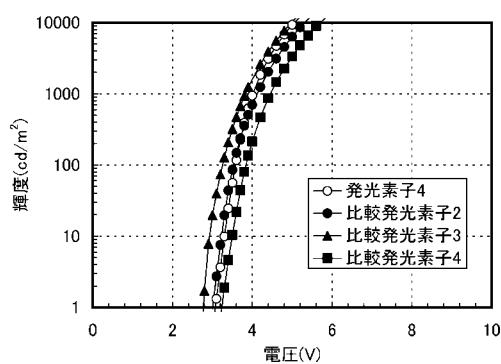
【図 18】



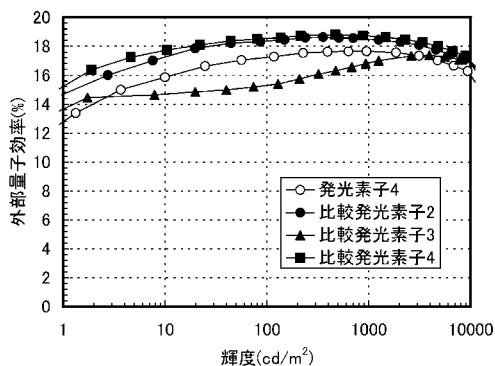
【図 19】



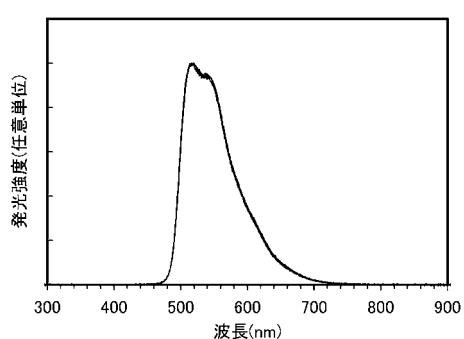
【図 20】



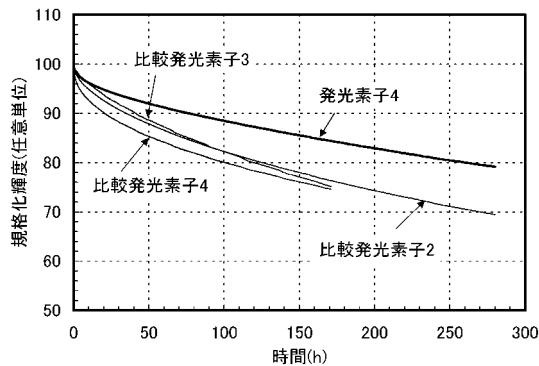
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【図2】

