

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5329342号
(P5329342)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.	F I
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12 C
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A

請求項の数 7 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2009-190188 (P2009-190188)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成21年8月19日(2009.8.19)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2010-80436 (P2010-80436A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成22年4月8日(2010.4.8)	(72) 発明者	瀬尾 哲史
審査請求日	平成24年8月7日(2012.8.7)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2008-223210 (P2008-223210)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成20年9月1日(2008.9.1)	(72) 発明者	池田 薫
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		審査官	井 亀 諭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極と陰極の間に、前記陽極側から順に設けられた、第1の層、第2の層、第3の層を有し、

前記第1の層は正孔輸送性であり、

前記第2の層はバイポーラ性であり、

前記第3の層は電子輸送性であり、

前記第1の層は、第1の発光性を有する物質と第1のホスト材料とを有し、

前記第2の層は、第2の発光性を有する物質と第2のホスト材料とを有し、

前記第3の層は、第3の発光性を有する物質と第3のホスト材料とを有し、

前記第1の発光性を有する物質は一重項励起状態から発光が可能な物質であり、

前記第2の発光性を有する物質は三重項励起状態から発光が可能な物質であり、

前記第3の発光性を有する物質は一重項励起状態から発光が可能な物質であり、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギーおよび前記第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、前記第2のホスト材料の三重項励起エネルギーよりも大きいことを特徴とする発光素子。

【請求項2】

請求項1において、

前記第2のホスト材料は、バイポーラ性の有機化合物であることを特徴とする発光素子

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記第 1 の層と前記第 2 の層の間には、前記バイポーラ性の有機化合物からなる第 4 の層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 において、

前記第 2 の層と前記第 3 の層の間には、前記バイポーラ性の有機化合物からなる第 5 の層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記第 1 の発光性を有する物質および前記第 3 の発光性を有する物質の発光色と、前記第 2 の発光性を有する物質の発光色が補色の関係にあることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記第 2 の層は、さらに第 4 の発光性を有する物質を有し、

前記第 4 の発光性を有する物質は三重項励起状態から発光が可能な物質であり、

前記第 1 の発光性を有する物質の発光色は青色であり、

前記第 2 の発光性を有する物質の発光色は緑色であり、

前記第 4 の発光性を有する物質の発光色は赤色であることを特徴とする発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記第 1 の発光性を有する物質と前記第 3 の発光性を有する物質が同じ有機化合物であることを特徴とする発光素子。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エレクトロルミネッセンスを利用した発光素子に関する。また、発光素子を有する発光装置、電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

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

30

【0003】

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

【0004】

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

40

【0005】

エレクトロルミネッセンスを利用した発光素子は、発光性の物質が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって大きく分けられる。

【0006】

発光性の物質が有機化合物である場合、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる

50

。そして、それらキャリア（電子および正孔）が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

【0007】

なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。

【0008】

このような発光素子に関しては、その素子特性を向上させる上で、材料に起因した問題が多く、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。

10

【0009】

例えば、非特許文献1では、トリプレットハーベスト (Triplet Harvesting) という方法を用い、高効率の発光素子を実現している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】M. E. Kondakova, 他8名, SID 08 DIGEST, PP 219 - 222 (2008)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0011】

非特許文献1に記載の構成では、青色蛍光性化合物を含む発光層 (Blue LEL) の陰極側に黄色燐光性化合物を含む発光層 (Yellow LEL) が設けられており、青色蛍光性化合物の三重項エネルギーのうち、一部は陰極側へ移動してYellow LEL中の黄色燐光性化合物を発光させることができる。一方、Blue LELから陽極側へ移動する三重項エネルギーに関しては、Blue LELよりも三重項励起エネルギーの大きい電子ブロック層 (EBL) がBlue LELの陽極側に設けられているため、Blue LELから陽極側へは移動しない。その結果、青色蛍光性化合物の三重項エネルギーの一部は無放射過程によって消費され、発光に寄与しない。

【0012】

よって、本発明の一態様では、発光素子の発光効率を向上させることを目的とする。

30

【0013】

また、発光素子、発光装置および電子機器の消費電力を低減させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明者らは、主な再結合領域を2つ設け、2つの再結合領域の間に、燐光を発光する物質（以下、燐光性化合物という）を含む発光層を設けることにより、高い発光効率を実現できることを見いだした。

【0015】

よって、本発明の一態様は、陽極と陰極の間に、陽極側から順に設けられた、第1の層、第2の層、第3の層を有し、第1の層は正孔輸送性であり、第2の層はバイポーラ性であり、第3の層は電子輸送性であり、第1の層は、第1の蛍光性化合物と正孔輸送性の有機化合物とを有し、第2の層は、燐光性化合物とホスト材料とを有し、第3の層は、第2の蛍光性化合物と電子輸送性の有機化合物とを有し、正孔輸送性の有機化合物の三重項励起エネルギーおよび電子輸送性の有機化合物の三重項励起エネルギーは、ホスト材料の三重項励起エネルギーよりも大きいことを特徴とする発光素子である。

40

【0016】

上記構成において、ホスト材料は、バイポーラ性の有機化合物であることが好ましい。

【0017】

また、上記構成において、第1の層と第2の層の間には、バイポーラ性の有機化合物から

50

なる間隔層が設けられていることが好ましい。間隔層を設けることにより、第1の層から第2の層へのエネルギー移動を調整することができる。また、第2の層と第3の層の間には、バイポーラ性の有機化合物からなる間隔層が設けられていることが好ましい。間隔層を設けることにより、第3の層から第2の層へのエネルギー移動を調整することができる。間隔層の膜厚は、それぞれ1 nm以上30 nm以下とすることが好ましい。30 nmよりも厚くなると、再結合領域からの三重項励起エネルギーが第2の層まで移動しなくなり、第2の層からの発光が弱くなってしまう。よって、間隔層の膜厚は、1 nm以上30 nm以下とすることが好ましい。

【0018】

また、上記構成において、第2の層の膜厚は、5 nm乃至20 nmであることが好ましい。第2の層の膜厚が厚くなりすぎると、第1の層および第3の層からの発光のバランスがくずれてしまう。また、第2の層の膜厚が薄くなりすぎると、第2の層からの発光が弱くなってしまう。このような範囲の膜厚にすることにより、第1の層、第2の層、第3の層、それぞれの層からの発光をバランス良く得ることができる。

10

【0019】

また、上記構成において、第1の蛍光性有機化合物と第2の蛍光性有機化合物が同じ有機化合物であることが好ましい。第1の蛍光性有機化合物と第2の蛍光性有機化合物が同じ有機化合物であることにより、発光素子の作製が容易となる。

【0020】

また、上記構成において、第1の蛍光性化合物と第2の蛍光性化合物が同じ有機化合物であり、第1の蛍光性化合物および第2の蛍光性化合物の発光色と、燐光性化合物の発光色が補色の関係であることが好ましい。このような構成とすることにより、白色発光素子を得ることができる。

20

【0021】

また、上記構成において、第2の層は複数種の燐光性化合物を有していてもよい。この場合、第1の蛍光性化合物と第2の蛍光性化合物が同じ有機化合物であり、第1の蛍光性有機化合物および第2の蛍光性有機化合物の発光色が青色であり、複数の燐光性化合物のうち、一種の燐光性化合物の発光色は緑色であり、もう一種の燐光性化合物の発光色は赤色とすることで、白色発光素子を得ることができる。

【0022】

また、本発明の態様は、上述した発光素子を有する発光装置も範疇に含めるものである。本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、発光デバイス、もしくは光源（照明装置を含む）を含む。また、発光素子が形成されたパネルにコネクタ、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

30

【0023】

また、本発明の態様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、本発明の態様の電子機器は、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。

40

【発明の効果】**【0024】**

本発明の態様を適用することにより、高い発光効率の発光素子を実現することができる。

【0025】

また、本発明の態様を適用することにより、発光素子、発光装置、電子機器の消費電力を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 6 】

- 【図 1】本発明の一態様の発光素子を説明する図。
 【図 2】本発明の一態様の発光素子を説明するバンド図。
 【図 3】本発明の一態様の発光素子を説明するバンド図。
 【図 4】本発明の一態様の発光素子を説明する図。
 【図 5】本発明の一態様の発光素子を説明する図。
 【図 6】本発明の一態様の発光素子を説明する図。
 【図 7】本発明の一態様の発光素子を説明する図。
 【図 8】本発明の一態様の発光装置を説明する図。
 【図 9】本発明の一態様の発光装置を説明する図。
 【図 10】本発明の一態様の電子機器を説明する図。
 【図 11】本発明の一態様の電子機器を説明する図。
 【図 12】本発明の一態様の電子機器を説明する図。
 【図 13】本発明の一態様の電子機器を説明する図。
 【図 14】本発明の一態様の照明装置を説明する図。
 【図 15】本発明の一態様の照明装置を説明する図。
 【図 16】本発明の一態様の電子機器を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 7 】

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、本発明の態様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。なお、以下に説明する本発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略することがある。

【 0 0 2 8 】

(実施の形態 1)

本発明の発光素子の一態様について図 1 乃至図 4 を用いて以下に説明する。

【 0 0 2 9 】

本発明の一態様の発光素子は、一对の電極間に複数の層を有する。本明細書中において、一对の電極間に設けられた複数の層をまとめて、以下、E L 層という。E L 層は少なくとも発光層を有する。

【 0 0 3 0 】

本形態において、発光素子は、図 1 に示すように、第 1 の電極 1 0 2 と、第 2 の電極 1 0 4 と、第 1 の電極 1 0 2 と第 2 の電極 1 0 4 との間に設けられた E L 層 1 0 3 とから構成されている。なお、本形態では第 1 の電極 1 0 2 は陽極として機能し、第 2 の電極 1 0 4 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 1 0 2 の方が第 2 の電極 1 0 4 よりも電位が高くなるように、第 1 の電極 1 0 2 と第 2 の電極 1 0 4 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。

【 0 0 3 1 】

基板 1 0 1 は発光素子の支持体として用いられる。基板 1 0 1 としては、例えばガラス、またはプラスチックなどを用いることができる。なお、発光素子の支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。

【 0 0 3 2 】

第 1 の電極 1 0 2 としては、仕事関数の大きい(具体的には 4 . 0 e V 以上が好ましい。)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム - 酸化スズ (I T O : I n d i u m T i n O x i d e)、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 (I Z O : I n d i u m Z i n c O x i d e)、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (I W Z O) 等が挙げられる。これらの導電性金属酸化

10

20

30

40

50

物膜は、通常スパッタにより成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。例えば、酸化インジウム-酸化亜鉛（IZO）は、酸化インジウムに対し1~20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5~5wt%、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）、タングステン（W）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、パラジウム（Pd）、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。

【0033】

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

【0034】

EL層103は、層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質または正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、バイポーラ性（電子及び正孔の輸送性の高い物質）の物質等から成る層と、本実施の形態で示す発光層とを適宜組み合わせる構成すればよい。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、正孔阻止層（ホールプロッキング層）、電子輸送層、電子注入層等を実施の形態1で示す発光層と適宜組み合わせる構成することができる。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。図1では、一例として、第1の電極102、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、第2の電極104が順に積層した構成を示している。

【0035】

正孔輸送層112は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質としては、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル（略称：NPBまたは-NPD）やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ピフェニル]-4,4'-ジアミン（略称：TPD）、4,4',4''-トリス(N,N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称：TDATA）、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称：MTDATA）、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル（略称：BSPB）などの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、主に 10^{-6} cm²/Vs以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

【0036】

また、正孔輸送層112として、ポリ(N-ビニルカルバゾール)（略称：PVK）、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)（略称：PVTPA）、ポリ[N-(4-{N'-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル}-N'-フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド]（略称：PTPDMA）ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン]（略称：Poly-TPD）などの高分子化合物を用いることもできる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

発光層 1 1 3 は、発光性の高い物質を含む層である。本発明の一態様の発光素子において、発光層 1 1 3 は、陽極として機能する第 1 の電極 1 0 2 側から順に設けられた、第 1 の層 1 2 1、第 2 の層 1 2 2、第 3 の層 1 2 3 を有する。

【 0 0 3 8 】

第 1 の層 1 2 1 は正孔輸送性であり、第 1 の蛍光を発光する物質（以下、蛍光性化合物という）と正孔輸送性の有機化合物とを有する。第 1 の蛍光性化合物の一重項励起エネルギーは、正孔輸送性の有機化合物の一重項励起エネルギーよりも同じまたは小さい。

【 0 0 3 9 】

第 2 の層 1 2 2 はバイポーラ性であり、燐光を発光する物質（以下、燐光性化合物という）とホスト材料とを有する。ホスト材料はバイポーラ性であることが好ましい。燐光性化合物の三重項励起エネルギーは、ホストの三重項励起エネルギーよりも同じまたは小さい。

10

【 0 0 4 0 】

第 3 の層 1 2 3 は電子輸送性であり、第 2 の蛍光性化合物と電子輸送性の有機化合物とを有する。第 2 の蛍光性化合物の一重項励起エネルギーは、電子輸送性の有機化合物の一重項励起エネルギーよりも同じまたは小さい。

【 0 0 4 1 】

このような構成とすることにより、第 1 の電極 1 0 2 の方が第 2 の電極 1 0 4 よりも電位が高くなるように、第 1 の電極 1 0 2 と第 2 の電極 1 0 4 に電圧を印加したときに、第 1 の層 1 2 1 と第 2 の層 1 2 2 の界面付近および第 2 の層 1 2 2 と第 3 の層 1 2 3 との界面付近の 2 カ所に再結合領域が形成される。

20

【 0 0 4 2 】

つまり、図 2 に示すように、第 1 の電極 1 0 2 から注入された正孔は、正孔輸送層 1 1 2 を通り、第 1 の層 1 2 1 へ輸送される。第 1 の層 1 2 1 は正孔輸送性であるため、正孔は第 1 の層 1 2 1 を輸送される。第 2 の層 1 2 2 はバイポーラ性であるため、正孔の一部は、第 2 の層 1 2 2 と第 3 の層 1 2 3 の界面付近へ輸送される。一方、第 2 の電極 1 0 4 から注入された電子は、電子輸送層 1 1 4 を通り、第 3 の層 1 2 3 へ輸送される。第 3 の層 1 2 3 は電子輸送性であるため、電子は、第 3 の層 1 2 3 を輸送される。第 2 の層 1 2 2 はバイポーラ性であるため、電子の一部は、第 2 の層 1 2 2 と第 1 の層 1 2 1 の界面付近へ輸送される。よって、主に、第 1 の層 1 2 1 と第 2 の層 1 2 2 との界面付近、および第 2 の層 1 2 2 と第 3 の層 1 2 3 との界面付近の 2 カ所で、正孔と電子が再結合する。もちろん、一部は、第 2 の層 1 2 2 において再結合する。

30

【 0 0 4 3 】

この再結合領域 1 3 1 および再結合領域 1 3 2 では、一重項励起状態 (S^*) の励起子と三重項励起状態 (T^*) の励起子が生成し、その統計的な生成比は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。再結合領域 1 3 1 で生じた一重項励起状態の励起子は、第 1 の層 1 2 1 に含まれる第 1 の蛍光性化合物の一重項励起状態へエネルギー移動し、第 1 の蛍光性化合物が発光する。また、再結合領域 1 3 2 で生じた一重項励起状態の励起子は、第 3 の層 1 2 3 に含まれる第 2 の蛍光性化合物の一重項励起状態へエネルギー移動し、第 2 の蛍光性化合物が発光する。

40

【 0 0 4 4 】

一方、再結合領域 1 3 1 および再結合領域 1 3 2 で生成した三重項励起状態の励起子は、従来の発光素子では、発光に寄与することなく失活してしまっていた。もしくは、非特許文献 1 に記載されるように、その一部だけが利用されていた。

【 0 0 4 5 】

本発明の一態様の発光素子において、第 1 の層 1 2 1 に含まれる正孔輸送性の有機化合物の三重項励起エネルギー（基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差）は、第 2 の層 1 2 2 に含まれるホスト材料の三重項励起エネルギーよりも大きい。このような構成とすることにより、再結合領域 1 3 1 で発生した三重項励起状態の励起エネルギーは第 2 の層 1 2 2 へ移動することができ、第 2 の層 1 2 2 に含まれるホスト材料の三重項励起状態への

50

エネルギー移動が可能となる。また、第3の層123に含まれる電子輸送性の有機化合物の三重項励起エネルギーは、第2の層122に含まれるホスト材料の三重項励起エネルギーよりも大きい。このような構成とすることにより、再結合領域132で発生した三重項励起状態の励起エネルギーは第2の層122へ移動することができ、第2の層122に含まれるホスト材料の三重項励起状態へのエネルギー移動が可能となる。また、第2の層122に含まれるホスト材料の三重項励起エネルギーよりも、第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物の三重項励起エネルギーおよび第3の層123に含まれる電子輸送性の有機化合物の三重項励起エネルギーを大きくすることにより、第2の層122で生じたホスト材料の三重項励起エネルギーは、第2の層122内に効率良く閉じこめられる。

【0046】

その結果、第2の層122に含まれるホスト材料の三重項励起状態から、燐光性化合物の三重項励起状態へエネルギー移動が起こり、燐光性化合物が発光する。

【0047】

すなわち、本発明の態様を適用することにより、再結合領域131および再結合領域132で生成した一重項励起状態の励起子および三重項励起状態の励起子をより有効に発光に利用することができる。

【0048】

また、上述したように、電子と正孔の一部は、第2の層122でも再結合し励起子を生成する。よって、キャリアの再結合によっても、第2の層122に含まれる燐光性化合物からの発光が得られる。よって、高い発光効率を実現することができる。

【0049】

また、本発明の一態様の発光素子は、上述した発光層113の構成を採用することにより、主な再結合領域を、再結合領域131および再結合領域132の2カ所に調整することが可能となる。よって、キャリアの再結合の確率を増大することができ、また、発光バランスを向上させることができる。また、各層(第1の層121、第2の層122、第3の層123)の膜厚をそれぞれ調整することにより、さらに発光バランスを向上させることが可能となる。

【0050】

上記構成において、図3(A)に示すように、第1の層121と第2の層122との間には、第2の層122に含まれるバイポーラ性の有機化合物からなる間隔層141が設けられていることが好ましい。間隔層141が設けられていることにより、再結合領域131と第2の層122との距離を調整することが容易となる。その結果、三重項励起状態からのエネルギーの移動に応じて、第2の層122からの発光強度を調整することが容易となる。また、第1の層121に含まれる第1の蛍光性化合物の一重項励起エネルギーが、フェルスター機構によるエネルギー移動により、第2の層122に含まれる燐光性化合物に移動してしまうことを防ぐことができる。さらに、間隔層141として、バイポーラ性の有機化合物を用いることにより、キャリアバランスを保つことができる。また、容易に間隔層を形成することができる。

【0051】

同様に、図3(A)に示すように、第2の層122と第3の層123の間には、第2の層122に含まれるバイポーラ性の有機化合物からなる間隔層142が設けられていることが好ましい。間隔層142が設けられていることにより、再結合領域132と第2の層122との距離を調整することが容易となる。その結果、三重項励起状態からのエネルギーの移動に応じて、第2の層122からの発光強度を調整することが容易となる。また、第3の層123に含まれる第2の蛍光性化合物の一重項励起エネルギーが、フェルスター機構によるエネルギー移動により、第2の層122に含まれる燐光性化合物に移動してしまうことを防ぐことができる。さらに、間隔層142として、バイポーラ性の有機化合物を用いることにより、キャリアバランスを保つことができる。また、容易に間隔層を形成することができる。

【0052】

10

20

30

40

50

間隔層の膜厚は、それぞれ1 nm以上30 nm以下とすることが好ましい。30 nmよりも厚くなると、再結合領域からの三重項励起子エネルギーが第2の層まで移動しなくなり、第2の層からの発光が弱くなってしまふ。よって、間隔層の膜厚は、1 nm以上30 nm以下とすることが好ましい。

【0053】

また、第2の層の膜厚は、5 nm乃至20 nmであることが好ましい。第2の層の膜厚が厚くなりすぎると、第1の層および第3の層からの発光のバランスがくずれてしまふ。また、第2の層の膜厚が薄くなりすぎると、第2の層からの発光が弱くなってしまふ。このような範囲の膜厚にすることにより、第1の層、第2の層、第3の層、それぞれの層からの発光をバランス良く得ることができる。

10

【0054】

また、上記構成において、第1の蛍光性有機化合物と第2の蛍光性有機化合物が同じ有機化合物であることが好ましい。第1の蛍光性有機化合物と第2の蛍光性有機化合物が同じ有機化合物であることにより、発光素子の作製が容易となる。

【0055】

また、本発明の一態様の発光素子は、複数の発光性の高い物質からの発光を得ることができるため、白色発光素子に好適に用いることができる。白色発光素子に適用することにより、高効率の白色発光素子を得ることができる。

【0056】

例えば、上記構成において、第1の蛍光性化合物と第2の蛍光性化合物が同じ有機化合物であり、第1の蛍光性化合物および第2の蛍光性化合物の発光色と、燐光性化合物の発光色とが補色の関係であることが好ましい。このような構成とすることにより、白色発光素子を得ることができる。また、発光素子の作製も容易になる。

20

【0057】

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。

【0058】

また、図3(B)に示すように、第2の層122は複数種の燐光性化合物を有していてもよい。第2の層122が複数種の燐光性化合物を有していることにより、より、演色性に優れた白色発光素子を得ることができる。例えば、第1の蛍光性化合物と第2の蛍光性化合物が同じ有機化合物であり、第1の蛍光性有機化合物および第2の蛍光性有機化合物の発光色が青色であり、複数の燐光性化合物のうち、一種の燐光性化合物の発光色は緑色であり、もう一種の燐光性化合物の発光色は赤色とすることで、演色性に優れた白色発光素子を得ることができる。

30

【0059】

第2の層122における燐光性化合物としては種々の材料を用いることができる。例えば、青色系の燐光性化合物として、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}']イリジウム(III)テトラキス(1-ピラゾリル)ボラート(略称:FIr6)、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}']イリジウム(III)ピコリナート(略称:FIrpic)、ビス[2-(3',5'-ピストリフルオロメチルフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}']イリジウム(III)ピコリナート(略称:Ir(CF₃ppy)₂(pic))、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}']イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:FIr(acac))などの有機金属錯体が挙げられる。また、緑色系の燐光性化合物として、トリス(2-フェニルピリジナト-N,C^{2'})イリジウム(III)(略称:Ir(ppy)₃)、ビス(2-フェニルピリジナト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(ppy)₂(acac))、ビス(1,2-ジフェニル-1H-ベンゾイミダゾラト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(pbi)₂(acac))、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:Ir(bzq)₂(acac))などの有機金

40

50

属錯体が挙げられる。また、黄色系の燐光性化合物として、ビス(2,4-ジフェニル-1,3-オキサゾラト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(dpo)₂(acac))、ビス[2-(4'-パーフルオロフェニルフェニル)ピリジナト]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(p-PF-ph)₂(acac))、ビス(2-フェニルベンゾチアゾラト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(bt)₂(acac))などの有機金属錯体が挙げられる。また、橙色系の燐光性化合物として、トリス(2-フェニルキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)(略称: Ir(pq)₃)、ビス(2-フェニルキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(pq)₂(acac))、(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)])などの有機金属錯体が挙げられる。また、赤色系の燐光性化合物として、ビス[2-(2'-ベンゾ[4,5-]チエニル)ピリジナト-N, C^{3'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(btp)₂(acac))、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(pi q)₂(acac))、(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(III)(略称: Ir(Fdpq)₂(acac))、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(II)(略称: PtOEP)などの有機金属錯体が挙げられる。また、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称: Tb(acac)₃(Phen))、トリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称: Eu(DBM)₃(Phen))、トリス[1-(2-テノイル)-3,3,3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称: Eu(TTA)₃(Phen))等の希土類金属錯体は、希土類金属イオンからの発光(異なる多重度間の電子遷移)であるため、燐光性化合物として用いることができる。

【0060】

また、第1の層121および第3の層123における蛍光性化合物としては、種々の材料を用いることができる。例えば、青色系の蛍光性化合物として、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: YGAPA)、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称: TBP)などが挙げられる。また、緑色系の蛍光性化合物として、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、N-[9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCABPhA)、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン(略称: 2DPAPA)、N-[9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン(略称: 2DPABPhA)、9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-フェニルアントラセン-2-アミン(略称: 2YGABPhA)、N,N,9-トリフェニルアントラセン-9-アミン(略称: DPhAPhA)などが挙げられる。また、黄色系の蛍光性化合物として、ルブレン、5,12-ビス(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6,11-ジフェニルテトラセン(略称: BPT)などが挙げられる。また、赤色系の蛍光性化合物として、N,N,N',N'-テトラキス(4-メチルフェニル)テトラセン-5,11-ジアミン(略称: p-mPhTD)、7,13-ジフェニル-N,N,N',N'-テトラキス(4-メチルフェニル)アセナフト[1,2-a]フルオランテン-3,10-ジアミン(略称: p-mPhAFD)などが挙げられる。

10

20

30

40

50

【0061】

第1の層121における正孔輸送性の有機化合物としては、種々の材料を用いることができる。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPBまたは-NPD)やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4',4''-トリス(N,N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:MTDATA)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に 10^{-6} cm^2/Vs 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。また、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:PVTPA)、ポリ[N-(4-{N'-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル}-N'-フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド](略称:PTPDMA)ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン](略称:Poly-TPD)などの高分子化合物を用いることもできる。

10

【0062】

第3の層123における電子輸送性の有機化合物としては、種々の材料を用いることができる。例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略称:BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(略称:BA1q)など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称:Zn(BOX)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:Zn(BTZ)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)や、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、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]カルバゾール(略称:CO11)、バソフェナントロリン(略称:BPhen)、バソキュープロイン(略称:BCP)なども用いることができる。ここに述べた物質は、主に 10^{-6} cm^2/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、これら以外のものを用いてもよい。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もできる。

20

30

【0063】

第2の層122におけるホスト材料としては、上述したようにバイポーラ性の有機化合物であることが好ましい。正孔・電子の双方を受容するバイポーラな性質を考慮すると、芳香族アミン骨格や電子過剰ヘテロ芳香環(ピロール、インドール、カルバゾール、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェンなど)のような電子過剰な骨格と、電子不足ヘテロ芳香環(ピリジン、キノリン、キノキサリン、ジアゾール、トリアゾールなど)のような電子不足の骨格とを、分子内に同時に有する物質が好ましい。例えば、4,4'-(キノキサリン-2,3-ジイル)ビス(N,N'-ジフェニルアニリン)(略称:TPAQn)、N,N'-(キノキサリン-2,3-ジイルジ-4,1-フェニレン)ビス(N-フェニル-1,1'-ビフェニル-4-アミン)(略称:BPAPQ)、N,N'-(キノキサリン-2,3-ジイルジ-4,1-フェニレン)ビス[ビス(1,1'-ビフェニル-4

40

50

-イル)アミン] (略称: B B A P Q)、4, 4' - (キノキサリン - 2, 3 - ジイル)ビス{N - [4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N - フェニルアニリン} (略称: Y G A P Q)、N, N' - (キノキサリン - 2, 3 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン)ビス(N, 9 - ジフェニル - 9H - カルバゾール - 3 - アミン) (略称: P C A P Q)、2 - {4 - [N - (ピフェニル - 4 - イル) - N - フェニルアミノ]フェニル} - 3 - フェニルキノキサリン (略称: B P A 1 P Q)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (3 - フェニルキノキサリン - 2 - イル)トリフェニルアミン (略称: Y G A 1 P Q)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (3 - フェニルキノキサリン - 2 - イル)フェニル] - 9H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: P C A 1 P Q)、N, N, N' - トリフェニル - N' - [4 - (3 - フェニルキノキサリン - 2 - イル)フェニル] - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称: D P A 1 P Q)、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: C O 1 1)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル)トリフェニルアミン (略称: Y G A O 1 1)、N, 9 - ジフェニル - N - [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 - 3 - アミン (略称: P C A O 1 1)、N, N, N' - トリフェニル - N' - [4 - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル)フェニル] - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称: D P A O 1 1)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (4, 5 - ジフェニル - 4H - 1, 2, 4 - トリアゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン (略称: Y G A T A Z 1)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (3, 5 - ジフェニル - 4H - 1, 2, 4 - トリアゾール - 4 - イル)トリフェニルアミン (略称: Y G A T A Z 2) などが挙げられる。

【0064】

例えば、第1の層における第1の蛍光性化合物として青色に発光する2, 5, 8, 11 - テトラ (t e r t - ブチル) ペリレン (略称: T B P) を用い、正孔輸送性の化合物として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) を用い、第2の層における燐光性化合物として橙色に発光する (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 (I I I) (略称: [I r (m p p r - M e) ₂ (a c a c)] を用い、ホスト材料として2 - {4 - [N - (ピフェニル - 4 - イル) - N - フェニルアミノ]フェニル} - 3 - フェニルキノキサリン (略称: B P A 1 P Q) を用い、第3の層における第2の蛍光性化合物として第1の蛍光性化合物と同じT B P を用い、電子輸送性化合物として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: C O 1 1) を用いることにより、本発明の一態様を適用した白色発光素子を得ることができる。C O 1 1 の三重項励起エネルギーはN P B の三重項励起エネルギーよりも大きく、N P B の三重項励起エネルギーはB P A 1 P Q の三重項励起エネルギーよりも大きいため、第2の層のホスト材料であるB P A 1 P Q の三重項励起状態へのエネルギー移動が可能となる。また、第2の層で生じたホスト材料の三重項励起エネルギーは、第2の層122内に効率良く閉じこめられるため、高い発光効率を実現することができる。

【0065】

電子輸送層114は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送性の高い物質としては、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を用いることができる。また、この他ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンゾオキサゾラト] 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 - ビフェニル) - 5 - (4

10

20

30

40

50

- tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称: PBD) や、1, 3 - ビス [5 - (p - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル] ベンゼン (略称: OXD - 7)、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] カルバゾール (略称: CO11)、3 - (4 - ビフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: TAZ)、バソフェナントロリン (略称: BPhen)、バソキュプロイン (略称: BCP) など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、これら以外のものを用いてもよい。また、電子輸送層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層を二層以上積層したものとしてもよい。

10

【0066】

また、電子輸送層 114 として、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もできる。

【0067】

また、図 4 に示すように、第 1 の電極 102 と正孔輸送層 112 との間に正孔注入層 111 を設けてもよい。正孔注入性の高い物質としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン (略称: H₂Pc) や銅フタロシアニン (略称: CuPc) 等のフタロシアニン系の化合物、或いはポリ (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) 等の高分子等によっても正孔注入層を形成することができる。

20

【0068】

また、正孔注入層 111 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 102 として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料を用いることができる。アクセプター性物質としては、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン (略称: F₄ - TCNQ)、クロラニル等を挙げることもできる。また、遷移金属酸化物を挙げることもできる。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もできる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

30

【0069】

なお、本明細書中において、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。

【0070】

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、 dendrimer、ポリマー等) など、種々の化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。具体的には、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、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。

40

【0071】

例えば、芳香族アミン化合物としては、N, N' - ビス (4 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - p - フェニレンジアミン (略称: DTDPPA)、4, 4' - ビス [N

50

- (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: D P A B)、4, 4' - ビス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: D N T P D)、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: D P A 3 B) 等を挙げることができる。

【0072】

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: 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) 等を挙げることができる。

10

【0073】

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 - トリス [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 - アントラセニル) 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等を用いることができる。

【0074】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素としては、例えば、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: t - B u D N A)、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: D P P A)、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 - 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 - tert - 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)、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] - 2 - tert - ブチルアントラセン、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス (2 - フェニルフェニル) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス [(2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフェニル) フェニル] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ (tert - ブチル) ペリレン等が挙げられる。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、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有し、炭素数 14 ~ 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

20

30

【0075】

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もよい。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。

40

【0076】

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。

【0077】

また、図 4 に示すように、電子輸送層 114 と第 2 の電極 104 との間に、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 F ₂) 等のようなアルカリ金属又はアルカリ

50

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。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 104 からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

【0078】

EL 層 103 の形成方法としては、種々の方法を用いることができ、乾式法、湿式法のどちらでも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。

10

【0079】

以上のような構成を有する本発明の一態様の発光素子は、第 1 の電極 102 と第 2 の電極 104 との間に生じた電位差により電流が流れ、EL 層 103 において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。より具体的には、EL 層 103 中の発光層 113 において発光領域が形成されるような構成となっている。

【0080】

発光は、第 1 の電極 102 または第 2 の電極 104 のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第 1 の電極 102 または第 2 の電極 104 のいずれか一方または両方は、透光性を有する電極である。第 1 の電極 102 のみが透光性を有する電極である場合、図 5 (A) に示すように、発光は第 1 の電極 102 を通って基板側から取り出される。また、第 2 の電極 104 のみが透光性を有する電極である場合、図 5 (B) に示すように、発光は第 2 の電極 104 を通って基板と逆側から取り出される。第 1 の電極 102 および第 2 の電極 104 がいずれも透光性を有する電極である場合、図 5 (C) に示すように、発光は第 1 の電極 102 および第 2 の電極 104 を通って、基板側および基板側と逆側の両方から取り出される。

20

【0081】

なお第 1 の電極 102 と第 2 の電極 104 との間に設けられる EL 層 103 の構成は、上記のものには限定されない。発光領域と第 1 の電極 102 あるいは第 2 の電極 104 とが近接することによって生じる消光を防ぐように、第 1 の電極 102 および第 2 の電極 104 から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成であり、発光層が上述した構成を有するのであれば、上記以外のものでもよい。

30

【0082】

つまり、EL 層 103 の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質または正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、バイポーラ性 (電子及び正孔の輸送性の高い物質) の物質、正孔ブロック材料等から成る層を、本発明の一態様の発光層 113 と自由に組み合わせ構成すればよい。

【0083】

図 6 に示す発光素子は、基板 101 上に、陰極として機能する第 2 の電極 104、EL 層 103、陽極として機能する第 1 の電極 102 とが順に積層された構成となっている。EL 層 103 は、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114 を有し、発光層 113 は、第 1 の電極 102 側から順に、第 1 の層 121、第 2 の層 122、第 3 の層 123 を有する。

40

【0084】

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 と電氣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。

50

スタガ型のTFETでもよいし、逆スタガ型のTFETでもよい。また、TFET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TFETからなるものでもよいし、若しくはN型またはP型のいずれか一方からのみなるものであってもよい。また、TFET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。

【0085】

本発明の一様態の発光素子は、再結合領域で生成した一重項励起状態の励起子と三重項励起状態の励起子をともに有効利用することにより、高い発光効率を実現することができる。また、キャリアの再結合領域を調整することにより、より高い発光効率を実現することができる。

10

【0086】

また、高い発光効率を得られるため、発光素子の消費電力を低減することができる。

【0087】

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。

【0088】

(実施の形態2)

本実施の形態は、本発明の一様態に係る複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子(以下、積層型素子という)の態様について、図7を参照して説明する。この発光素子は、第1の電極と第2の電極との間に、複数の発光ユニットを有する発光素子である。発光ユニットとしては、少なくとも発光層を有していればよく、実施の形態1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。

20

【0089】

図7において、第1の電極501と第2の電極502との間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されており、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512との間には、電荷発生層513が設けられている。第1の電極501と第2の電極502は実施の形態1と同様なものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよく、その構成は実施の形態1と同様なものを適用することができる。

30

【0090】

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グステン等の金属酸化物を含む。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物(オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等)など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔輸送性有機化合物として正孔移動度が $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。

40

【0091】

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形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせ形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせ形成してもよい。

【0092】

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

50

側の発光ユニットに電子を注入し、他方の側の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。例えば、図7において、第1の電極501の電位の方が第2の電極502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。

【0093】

本実施の形態では、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一对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、高輝度領域で発光が可能であり、そのため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。

【0094】

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。

【0095】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を有する発光装置について説明する。

【0096】

本実施の形態では、画素部に本発明の一態様の発光素子を有する発光装置について図8を用いて説明する。なお、図8(A)は、発光装置を示す上面図、図8(B)は図8(A)をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース側駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート側駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0097】

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。

【0098】

次に、断面構造について図8(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0099】

なお、ソース側駆動回路601はNチャンネル型TFT623とPチャンネル型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、画素部が形成された基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を画素部が形成された基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0100】

また、画素部602はスイッチング用TFT611と、電流制御用TFT612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、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。

【0101】

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

10

20

30

40

50

リルを用いた場合、絶縁物 614 の上端部のみに曲率半径 ($0.2 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$) を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物 614 として、光の照射によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光の照射によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【0102】

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 613 を陽極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の大きい (仕事関数 4.0 eV 以上) 金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛、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。

10

【0103】

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で示した発光層を有している。また、EL層 616 を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer を含む) でのいずれを用いてもよい。また、EL層 616 に用いる材料としては、有機化合物だけでなく、無機化合物を用いてもよい。

20

【0104】

また、第2の電極 617 に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第2の電極を陰極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の小さい (仕事関数 3.8 eV 以下) 金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびマグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金 (MgAg, AlLi) 等が挙げられる。なお、EL層 616 で生じた光を第2の電極 617 を透過させる場合には、第2の電極 617 として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜 (酸化インジウム - 酸化スズ (ITO)、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛 (IZO)、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (IWZO) 等) との積層を用いることも可能である。

30

【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。

40

【0106】

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

【0107】

以上のようにして、本発明の一態様の発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【0108】

本発明の一態様の発光装置は、実施の形態1乃至実施の形態2で示した発光素子を有する

50

。そのため、発光効率の高い発光装置を得ることができる。また、発光装置の消費電力を低減することができる。

【 0 1 0 9 】

以上のように、本実施の形態では、薄膜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、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 9 には本発明の一態様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 9 (A) は、発光装置を示す斜視図、図 9 (B) は図 9 (A) を X - Y で切断した断面図である。図 9 において、基板 9 5 1 上には、電極 9 5 2 と電極 9 5 6 との間には E L 層 9 5 5 が設けられている。電極 9 5 2 の端部は絶縁層 9 5 3 で覆われている。そして、絶縁層 9 5 3 上には隔壁層 9 5 4 が設けられている。隔壁層 9 5 4 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 9 5 4 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 9 5 4 を設けることで、陰極をパターンニングすることができる。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、発光効率の高い本発明の一態様の発光素子を含むことによって、消費電力の低い発光装置を得ることができる。

10

【 0 1 1 0 】

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。

【 0 1 1 1 】

（実施の形態 4）

本実施の形態では、実施の形態 3 に示す発光装置をその一部に含む本発明の一態様の電子機器について説明する。本発明の一態様の電子機器は、実施の形態 1 乃至実施の形態 2 で示した発光素子を有し、発光効率の高い表示部を有する。また、消費電力の低い表示部を有する。

20

【 0 1 1 2 】

本発明の一態様の発光装置を用いて作製された電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンポ等）、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的には Digital Versatile Disc (DVD) 等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図 1 0 に示す。

30

【 0 1 1 3 】

図 1 0 (A) は本実施の形態に係るテレビ装置であり、筐体 9 1 0 1、支持台 9 1 0 2、表示部 9 1 0 3、スピーカー部 9 1 0 4、ビデオ入力端子 9 1 0 5 等を含む。このテレビ装置において、表示部 9 1 0 3 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 1 0 3 も同様の特徴を有するため、このテレビ装置は低消費電力化が図られている。このような特徴により、テレビ装置において、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、筐体 9 1 0 1 や支持台 9 1 0 2 の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係るテレビ装置は、低消費電力及び小型軽量化が図られているので、それにより住環境に適合した製品を提供することができる。

40

【 0 1 1 4 】

図 1 0 (B) は本実施の形態に係るコンピュータであり、本体 9 2 0 1、筐体 9 2 0 2、表示部 9 2 0 3、キーボード 9 2 0 4、外部接続ポート 9 2 0 5、ポインティングデバイス 9 2 0 6 等を含む。このコンピュータにおいて、表示部 9 2 0 3 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。その発光

50

素子で構成される表示部 9 2 0 3 も同様の特徴を有するため、このコンピュータは低消費電力化が図られている。このような特徴により、コンピュータにおいて、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体 9 2 0 1 や筐体 9 2 0 2 の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係るコンピュータは、低消費電力及び小型軽量化が図られているので、環境に適合した製品を提供することができる。

【 0 1 1 5 】

図 1 0 (C) はカメラであり、本体 9 3 0 1、表示部 9 3 0 2、筐体 9 3 0 3、外部接続ポート 9 3 0 4、リモコン受信部 9 3 0 5、受像部 9 3 0 6、バッテリー 9 3 0 7、音声入力部 9 3 0 8、操作キー 9 3 0 9、接眼部 9 3 1 0 等を含む。このカメラにおいて、表示部 9 3 0 2 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 3 0 2 も同様の特徴を有するため、このカメラは低消費電力化が図られている。このような特徴により、カメラにおいて、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体 9 3 0 1 の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係るカメラは、低消費電力及び小型軽量化が図られているので、携帯に適した製品を提供することができる。

10

【 0 1 1 6 】

図 1 0 (D) は本実施の形態に係る携帯電話であり、本体 9 4 0 1、筐体 9 4 0 2、表示部 9 4 0 3、音声入力部 9 4 0 4、音声出力部 9 4 0 5、操作キー 9 4 0 6、外部接続ポート 9 4 0 7、アンテナ 9 4 0 8 等を含む。この携帯電話において、表示部 9 4 0 3 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高く、消費電力が低いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 4 0 3 も同様の特徴を有するため、この携帯電話は低消費電力化が図られている。このような特徴により、携帯電話において、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体 9 4 0 1 や筐体 9 4 0 2 の小型軽量化を図ることが可能である。本実施の形態に係る携帯電話は、低消費電力及び小型軽量化が図られているので、携帯に適した製品を提供することができる。

20

【 0 1 1 7 】

図 1 6 には、図 1 0 (D) とは異なる構成の携帯電話の一例を示す。図 1 6 (A) が正面図、図 1 6 (B) が背面図、図 1 6 (C) が展開図である。図 1 6 に示す携帯電話は、電話と携帯情報端末の双方の機能を備えており、コンピュータを内蔵し、音声通話以外にも様々なデータ処理が可能な所謂スマートフォンである。

30

【 0 1 1 8 】

図 1 6 に示す携帯電話は、筐体 1 0 0 1 及び 1 0 0 2 二つの筐体で構成されている。筐体 1 0 0 1 には、表示部 1 1 0 1、スピーカー 1 1 0 2、マイクロフォン 1 1 0 3、操作キー 1 1 0 4、ポインティングデバイス 1 1 0 5、カメラ用レンズ 1 1 0 6、外部接続端子 1 1 0 7 等を備え、筐体 1 0 0 2 には、キーボード 1 2 0 1、外部メモリスロット 1 2 0 2、カメラ用レンズ 1 2 0 3、ライト 1 2 0 4、イヤホン端子 1 1 0 8 等を備えている。また、アンテナは筐体 1 0 0 1 内部に内蔵されている。

【 0 1 1 9 】

また、上記構成に加えて、非接触 IC チップ、小型記録装置等を内蔵していてもよい。

40

【 0 1 2 0 】

表示部 1 1 0 1 には、実施の形態 3 で示した発光装置を組み込むことが可能であり、使用形態に応じて表示の方向が適宜変化する。表示部 1 1 0 1 と同一面上にカメラ用レンズ 1 1 0 6 を備えているため、テレビ電話が可能である。また、表示部 1 1 0 1 をファインダーとしカメラ用レンズ 1 2 0 3 及びライト 1 2 0 4 で静止画及び動画の撮影が可能である。スピーカー 1 1 0 2 及びマイクロフォン 1 1 0 3 は音声通話に限らず、テレビ電話、録音、再生等が可能である。操作キー 1 1 0 4 では、電話の発着信、電子メール等の簡単な情報入力、画面のスクロール、カーソル移動等が可能である。更に、重なり合った筐体 1 0 0 1 と筐体 1 0 0 2 (図 1 6 (A)) は、スライドし図 1 6 (C) のように展開し、携

50

帯情報端末として使用できる。この場合、キーボード1201、ポインティングデバイス1105を用い円滑な操作が可能である。外部接続端子1107はACアダプタ及びUSBケーブル等の各種ケーブルと接続可能であり、充電及びコンピュータ等とのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット1202に記録媒体を挿入しより大量のデータ保存及び移動に対応できる。

【0121】

また、上記機能に加えて、赤外線通信機能、テレビ受信機能等を備えたものであってもよい。

【0122】

図11は音響再生装置、具体例としてカーオーディオであり、本体701、表示部702、操作スイッチ703、704を含む。表示部702は実施の形態3の発光装置（パッシブマトリクス型またはアクティブマトリクス型）で実現することができる。また、この表示部702はセグメント方式の発光装置で形成しても良い。いずれにしても、本発明の一態様に係る発光素子を用いることにより、車両用電源（12～42V）を使って、低消費電力化を図りつつ、明るい表示部を構成することができる。また、本実施の形態では車載用オーディオを示すが、携帯型や家庭用のオーディオ装置に用いても良い。

10

【0123】

図12は、音響再生装置の一例としてデジタルプレーヤーを示している。図12に示すデジタルプレーヤーは、本体710、表示部711、メモリ部712、操作部713、イヤホン714等を含んでいる。なお、イヤホン714の代わりにヘッドホンや無線式イヤホンを用いることができる。表示部711として、実施の形態3の発光装置（パッシブマトリクス型またはアクティブマトリクス型）で実現することができる。また、この表示部711はセグメント方式の発光装置で形成しても良い。いずれにしても、本発明の一態様に係る発光素子を用いることにより、二次電池（ニッケル-水素電池など）を使っても表示が可能であり、低消費電力化を図りつつ、明るい表示部を構成することができる。メモリ部712は、ハードディスクや不揮発性メモリを用いている。例えば、記録容量が20～200ギガバイト（GB）のNAND型不揮発性メモリを用い、操作部713を操作することにより、映像や音声（音楽）を記録、再生することができる。なお、図11における表示部702及び図12における表示部711は黒色の背景に白色の文字を表示することで消費電力を抑えられる。これは携帯型のオーディオ装置において特に有効である。

20

30

【0124】

以上の様に、本発明の一態様を適用して作製した発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。本発明を適用することにより、発光効率が高く、低消費電力の表示部を有する電子機器を作製することが可能となる。

【0125】

また、本発明の一態様の発光装置は、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例を、図13を用いて説明する。

【0126】

図13には、本発明の一態様の係る発光装置を用いた照明装置として用いた電子機器の一例として、本発明の一態様を適用した発光装置をバックライトとして用いた液晶表示装置を示す。図13に示した液晶表示装置は、筐体901、液晶層902、バックライト903、筐体904を有し、液晶層902は、ドライバIC905と接続されている。また、バックライト903は、本発明の一態様を適用した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。

40

【0127】

本発明の一態様に係る発光装置は薄型で発光効率が高く、低消費電力であるため、本発明の一態様に係る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、表示装置の薄型化、低消費電力化も可能となる。また、本発明の一態様に係る発光装置は、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、

50

液晶表示装置の大面積化も可能になる。

【 0 1 2 8 】

図 1 4 は、本発明の一態様に係る発光装置を、照明装置である電気スタンドとして用いた例である。図 1 4 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、本発明の一態様に係る発光装置が用いられている。本発明の一態様の発光装置は発光効率が高く、低消費電力であるため、電気スタンドも消費電力が低い。

【 0 1 2 9 】

図 1 5 は、本発明の一態様を適用した発光装置を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた例である。本発明の一態様に係る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、本発明の一態様に係る発光装置は、発光効率が高く、低消費電力であるため、低消費電力の照明装置として用いることが可能となる。このように、本発明の一態様を適用した発光装置を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた部屋に、図 1 0 (A) で説明したような、本発明の一態様に係るテレビ装置 3 0 0 2 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、両装置は低消費電力であるので、環境への負荷を低減することができる。

【 0 1 3 0 】

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。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 1 】

1 0 1	基板	20
1 0 2	第 1 の電極	
1 0 3	E L 層	
1 0 4	第 2 の電極	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5	電子注入層	
1 2 1	第 1 の層	
1 2 2	第 2 の層	30
1 2 3	第 3 の層	
1 3 1	再結合領域	
1 3 2	再結合領域	
1 4 1	間隔層	
1 4 2	間隔層	
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	40
6 0 1	駆動回路部 (ソース側駆動回路)	
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 (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	50

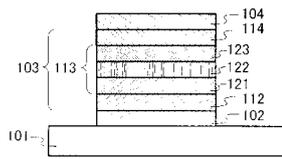
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	N チャネル型 T F T	
6 2 4	P チャネル型 T F T	
7 0 1	本体	
7 0 2	表示部	10
7 0 3	操作スイッチ	
7 1 0	本体	
7 1 1	表示部	
7 1 2	メモリ部	
7 1 3	操作部	
7 1 4	イヤホン	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライト	
9 0 4	筐体	20
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
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	
1 0 0 1	筐体	
1 0 0 2	筐体	30
1 1 0 1	表示部	
1 1 0 2	スピーカー	
1 1 0 3	マイクロフォン	
1 1 0 4	操作キー	
1 1 0 5	ポインティングデバイス	
1 1 0 6	カメラ用レンズ	
1 1 0 7	外部接続端子	
1 1 0 8	イヤホン端子	
1 2 0 1	キーボード	
1 2 0 2	外部メモリスロット	40
1 2 0 3	カメラ用レンズ	
1 2 0 4	ライト	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
3 0 0 2	テレビ装置	
9 1 0 1	筐体	
9 1 0 2	支持台	
9 1 0 3	表示部	
9 1 0 4	スピーカー部	50

- 9 1 0 5 ビデオ入力端子
- 9 2 0 1 本体
- 9 2 0 2 筐体
- 9 2 0 3 表示部
- 9 2 0 4 キーボード
- 9 2 0 5 外部接続ポート
- 9 2 0 6 ポインティングデバイス
- 9 3 0 1 本体
- 9 3 0 2 表示部
- 9 3 0 3 筐体
- 9 3 0 4 外部接続ポート
- 9 3 0 5 リモコン受信部
- 9 3 0 6 受像部
- 9 3 0 7 バッテリー
- 9 3 0 8 音声入力部
- 9 3 0 9 操作キー
- 9 3 1 0 接眼部
- 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

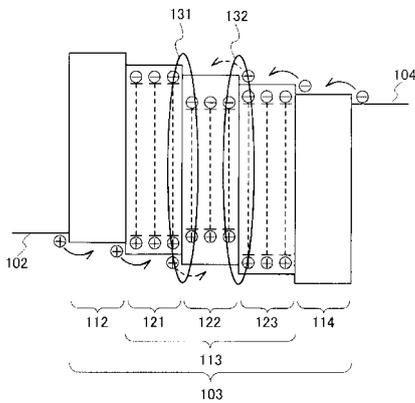
10

20

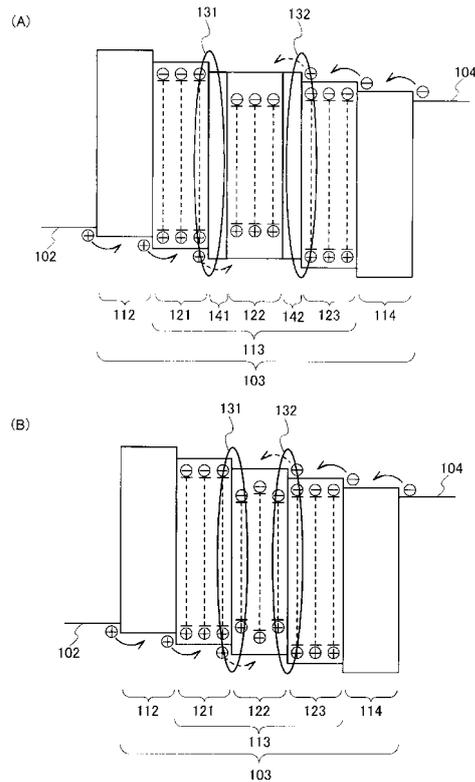
【図1】



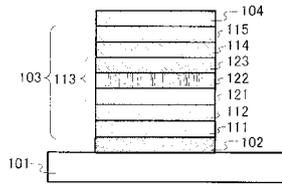
【図2】



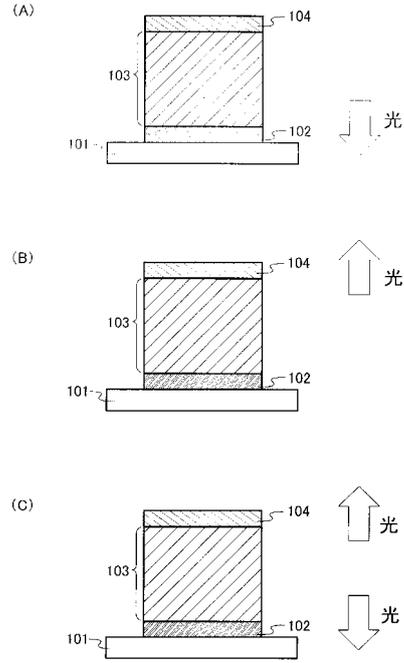
【図3】



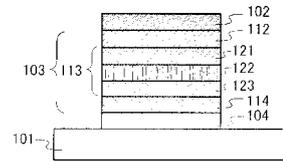
【図4】



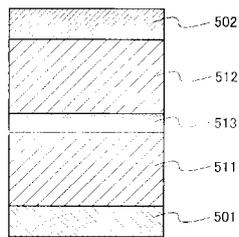
【図5】



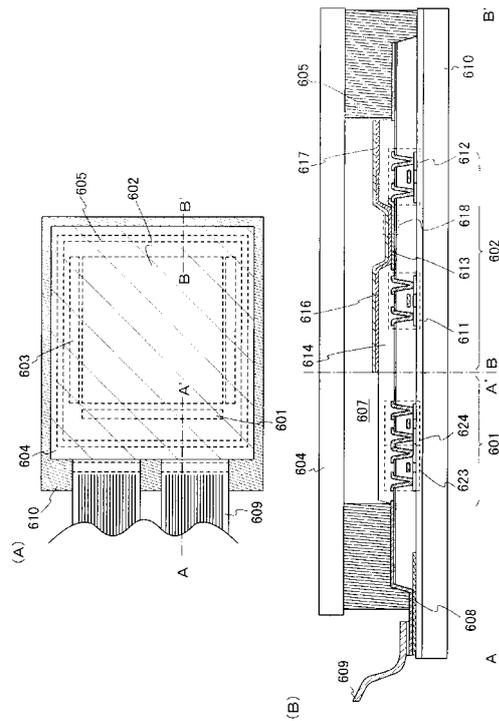
【図6】



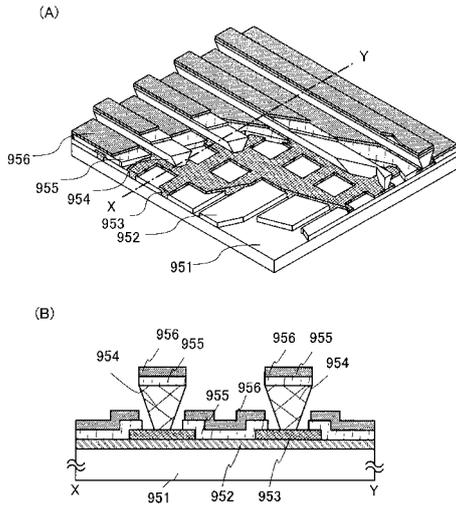
【図7】



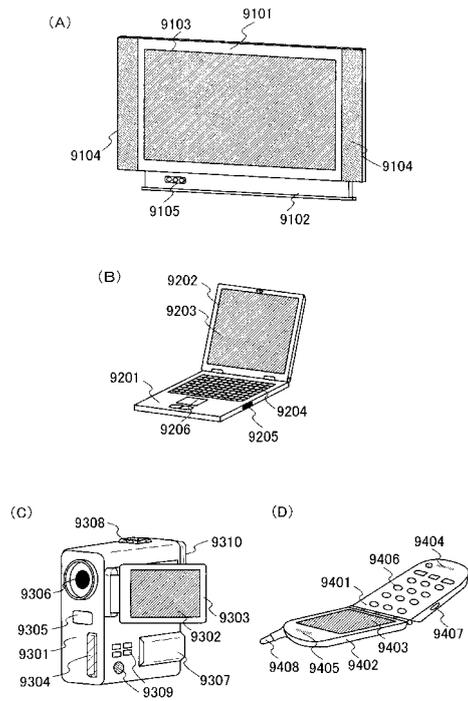
【図8】



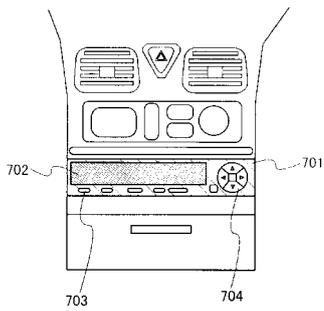
【 図 9 】



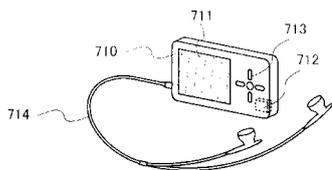
【 図 10 】



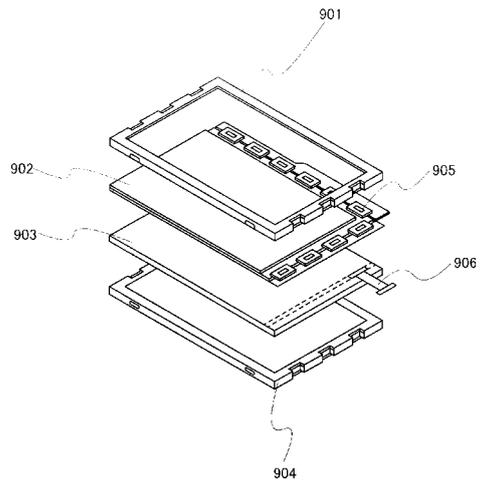
【 図 11 】



【 図 12 】



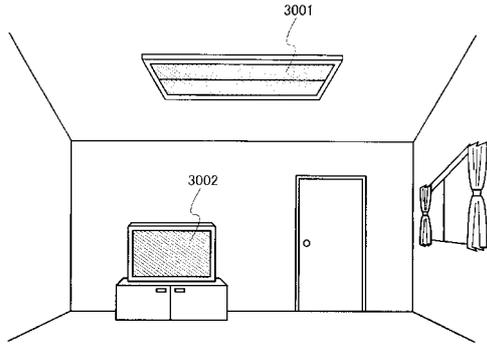
【 図 13 】



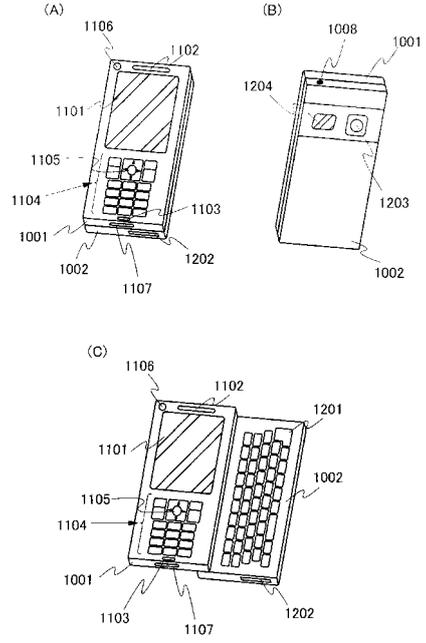
【 図 14 】



【 15 】



【 16 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-159582(JP,A)

特開2006-172762(JP,A)

特表2009-540563(JP,A)

特表2010-507922(JP,A)

Yiru Sun, et. al, Management of singlet and triplet excitons for efficient white organic light-emitting devices, Nature, 2006年 4月13日, 440/7086, 908-912

Jeong-Ik Lee, et. al, Harvest of triplet excitons in fluorescence emission layer based on a wide band gap host of TcTa for efficient white organic light emitting diodes, Proc. SPIE, 2007年, 6655, 66550I

Gregor Schwartz, et. al, Harvesting triplet excitons from fluorescent blue emitters for high-efficiency white organic light emitting diodes, Proc. SPIE, 2007年, 6655, 66550J

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/50