

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6099420号
(P6099420)

(45) 発行日 平成29年3月22日 (2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日 (2017.3.3)

(51) Int. Cl.	F 1	
H05B 33/24 (2006.01)	H05B 33/24	
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12	B
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/12	C
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/12	E
H05B 33/28 (2006.01)	H05B 33/14	A

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-23576 (P2013-23576)	(73) 特許権者	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(22) 出願日	平成25年2月8日 (2013.2.8)	(73) 特許権者	000005049 シャープ株式会社 大阪府堺市堺区匠町1番地
(65) 公開番号	特開2014-154390 (P2014-154390A)	(74) 代理人	100110858 弁理士 柳瀬 睦肇
(43) 公開日	平成26年8月25日 (2014.8.25)	(74) 代理人	100100413 弁理士 渡部 温
審査請求日	平成28年1月15日 (2016.1.15)	(72) 発明者	池田 寿雄 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の発光素子及び第2の発光素子を有する発光装置において、
前記第1の発光素子及び前記第2の発光素子それぞれは、反射電極、透明電極、第1の発光層、第2の発光層及び半透過・半反射電極の順に積層された構造を有し、
前記第1の発光層及び前記第2の発光層の一方は青色を呈する光を発する発光層であり、前記第1の発光層及び前記第2の発光層の他方は緑色または赤色を呈する光を発する発光層であり、
前記第1の発光層からの光の強度を増強して外部に射出する前記第1の発光素子における透明電極の表面粗さが、前記第2の発光素子における透明電極の表面粗さよりも大きく
前記反射電極と前記第1の発光層との距離が5nm以上100nm以下であることを特徴とする発光装置。

【請求項2】

請求項1において、
前記第1の発光素子は青色を呈する光が取り出される素子であり、前記第2の発光素子は緑色または赤色を呈する光が取り出される素子であり、
前記第1の発光層は青色を呈する光を発する発光層であり、前記第2の発光層は緑色または赤色を呈する光を発する発光層であることを特徴とする発光装置。

【請求項3】

請求項 2 において、

前記第 1 の発光素子は青色のカラーフィルタを有し、前記第 2 の発光素子は緑色または赤色のカラーフィルタを有することを特徴とする発光装置。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 において、

赤色または緑色を呈する光が取り出される第 3 の発光素子を有し、

前記第 3 の発光素子は、前記反射電極、前記透明電極、前記第 1 の発光層、前記第 2 の発光層、赤色または緑色を呈する光を発する第 3 の発光層及び前記半透過・半反射電極の順に積層された構造を有し、

前記第 1 の発光素子及び前記第 2 の発光素子それぞれは、前記第 2 の発光層と前記半透過・半反射電極との間に前記第 3 の発光層を有し、

前記第 1 の発光素子における透明電極の表面粗さが、前記第 3 の発光素子における透明電極の表面粗さよりも大きく、

前記第 3 の発光素子から取り出される光と、前記第 2 の発光素子から取り出される光とが異なることを特徴とする発光装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、

前記第 1 の発光素子における透明電極は、多結晶の導電性酸化物を有し、

前記第 2 の発光素子における透明電極は、非晶質の導電性酸化物を有することを特徴とする発光装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、

前記第 1 の発光素子における透明電極の表面は、多結晶の導電性酸化物を有しており、

前記第 2 の発光素子における透明電極の表面は、非晶質の導電性酸化物を有していることを特徴とする発光装置。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 において、

前記多結晶の導電性酸化物がITO、酸化亜鉛、アルミニウム - 亜鉛酸化物、ガリウム - 亜鉛酸化物、またはフッ素 - 錫酸化物であり、

前記非晶質の導電性酸化物がインジウム - 亜鉛酸化物、またはインジウム - タングステン酸化物であることを特徴とする発光装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項において、

前記第 1 の発光素子及び前記第 2 の発光素子それぞれの前記透明電極は厚さが異なることを特徴とする発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロキャピティ構造を有する発光装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

有機ELディスプレイをフルカラー化する一つの技術にタンデム構造の白色発光素子とカラーフィルタを組み合わせる手法がある。タンデム構造とは複数の発光ユニットが積層された構造である。なお、本明細書等において、発光ユニットとは、両端から注入された電子と正孔が再結合する領域を1つ以上有する層または積層体をいう。タンデム構造の発光素子は、少ない電流で高い輝度を得られる発光素子である。例えば一つの発光ユニットを有する発光素子と比較した場合において、二つの発光ユニットが積層された発光素子では、それぞれの発光ユニットが半分の密度の電流を流すことによって、同等の発光を得ることができる。例えば電極間に一の構成の発光ユニットをn個積層する構成とすれば、電流密度を上昇させることなくn倍の輝度を実現できる。

50

【0003】

このようなタンデム構造の白色発光素子とカラーフィルタを組み合わせる手法は、副画素、例えばRGBの3つの副画素のそれぞれに設けられる発光層を別々に形成する必要がないため、歩留まりが向上すると共に高精細のディスプレイを作製しやすいというメリットがある。さらに、この白色発光素子とカラーフィルタが適用された画素にマイクロキャビティ構造を適用することにより、各副画素からの発光の色純度を高めることができる。

【0004】

特に、トップエミッション型の発光素子では、基板側から反射電極、EL層、半透過・半反射電極の順に形成し、反射電極とEL層の間に光学調整層として透過電極を形成することにより、マイクロキャビティ構造が適用された発光素子を比較的容易に形成することができる。図6に、マイクロキャビティ構造が適用された発光素子とカラーフィルタを備える画素の構成例を示す。

10

【0005】

図6に示す従来の発光装置は、反射電極501、透明電極502、EL層506、半透過・半反射電極507の順に積層された発光素子を有し、その発光素子上に赤色カラーフィルタ(CF Red)、緑色カラーフィルタ(CF Green)、青色カラーフィルタ(CF Blue)が配置されている。

【0006】

EL層506は、第1の発光層503を有する第1の発光ユニット508、中間層509、第2の発光層504および第3の発光層505を有する第2の発光ユニット510を順に積層した構造を有している。第1の発光層503は青色を呈する光を発する層であり、第2の発光層504は緑色を呈する光を発する層であり、第3の発光層505は赤色を呈する光を発する発光層である。また、中間層509は、例えば電子注入バッファ層、電子リレー層、及び電荷発生層が陽極側から順次積層された構造であるとよい。

20

【0007】

上記の発光装置はマイクロキャビティ構造を採用している。反射鏡として機能する反射電極501と半透過・半反射電極507との間の光学長Lを調整することで、EL層506で発光した光が反射電極501と半透過・半反射電極507との間で反射を繰り返し、選択的に特定波長の光の強度を増強して外部に射出することが可能となる。

【0008】

上記の発光装置においてフルカラー化するには1つの表示パネル内で光の強度を増強すべき波長が例えば赤R、緑G、青Bの3種類存在する。従って、RGBの3つの副画素それぞれに対応する光の色の波長を増強する必要があり、そのために、透明電極502の厚さを変えることによってRGBの3つの光の波長に対応する光学長Lを形成している(例えば特許文献1参照)。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2005-197011号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述した発光装置においても更なる発光効率の向上が求められている。

【0011】

発光効率の向上のために、反射電極に反射率の高い材料を用いることが有効である。しかしながら、反射率の高い材料を用いた場合であっても発光効率が向上しない場合がある。例えば、反射率の高い材料を反射電極に用いて、図6に示す素子構造を作製した場合、全ての発光素子の透明電極を同じ材質で作製すると、効率が向上する発光素子と、反対に効率が低下してしまう発光素子とが混在してしまう場合がある。

【0012】

50

本発明の一態様は、マイクロキャビティ構造が適用された発光装置における発光効率の向上を課題の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一態様は、複数の発光素子を有する発光装置において、前記複数の発光素子それぞれは、反射電極、透明電極、複数の発光層及び半透過・半反射電極の順に積層された構造を有し、前記複数の発光層は、それぞれ異なる色の光を発する層であり、前記複数の発光素子の中で前記反射電極に最も近い位置に設けられた発光層からの光の強度を増強して射出する発光素子における透明電極の表面粗さが、その他の発光素子における透明電極の表面粗さよりも大きいことを特徴とする発光装置である。

10

【0014】

また、上記本発明の一態様において、前記反射電極に最も近い位置に設けられた発光層からの光の強度を増強して射出する前記発光素子における透明電極は、多結晶の導電性酸化物を有し、前記その他の発光素子における透明電極は、非晶質の導電性酸化物を有するとよい。

【0015】

また、上記本発明の一態様において、前記反射電極に最も近い位置に設けられた発光層からの光の強度を増強して射出する前記発光素子における透明電極の表面は、多結晶の導電性酸化物を有しており、前記その他の発光素子における透明電極の表面は、非晶質の導電性酸化物を有しているとよい。

20

【0016】

また、上記本発明の一態様において、前記多結晶の導電性酸化物がITO、酸化亜鉛、アルミニウム - 亜鉛酸化物、ガリウム - 亜鉛酸化物、またはフッ素 - 錫酸化物であり、前記非晶質の導電性酸化物がインジウム - 亜鉛酸化物、またはインジウム - タングステン酸化物であるとよい。

【0017】

また、上記本発明の一態様において、前記複数の発光素子は、それぞれ異なる色のカラーフィルタを有するとよい。

【0018】

また、上記本発明の一態様において、前記複数の発光素子それぞれの前記透明電極は厚さが異なるとよい。

30

【0019】

また、上記本発明の一態様において、前記複数の発光素子は、青色を呈する光が取り出される第1の発光素子、緑色を呈する光が取り出される第2の発光素子及び赤色を呈する光が取り出される第3の発光素子を有し、前記第1の発光素子、前記第2の発光素子及び前記第3の発光素子のそれぞれは、前記複数の発光層を有し、前記複数の発光層は、青色を呈する光を発する第1の発光層、緑色を呈する光を発する第2の発光層及び赤色を呈する光を発する第3の発光層を有するとよい。

【0020】

なお、本明細書中における発光装置は、発光素子を画素（または副画素）に備える表示装置を含むものとする。

40

【発明の効果】

【0021】

本発明の一態様を適用することで、マイクロキャビティ構造が適用された発光装置における発光効率の向上が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一態様に係る発光装置を示す模式図。

【図2】(A)は多結晶の導電性酸化膜を示す模式図、(B)は非晶質の導電性酸化膜を示す模式図。

50

【図3】(A)は本発明の一態様の表示装置に用いることができる表示パネルの構造の上面図、(B)は(A)の切断線A-BおよびC-Dにおける断面を含む構造の側面図。

【図4】高反射率材料であるAPC膜(APCとは、いわゆるAg:銀、Pd:パラジウム、Cu:銅の合金材料を称する)と非晶質インジウム-亜鉛酸化膜の積層膜の断面を示すTEM像。

【図5】APC膜と多結晶ITO膜の積層膜の断面を示すTEM像。

【図6】従来の発光装置を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下では、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、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。

【0024】

[実施の形態1]

図1は、本発明の一態様に係る発光装置を示す模式図である。この発光装置は、トップエミッション型の白色発光素子(発光素子220、230、240)を有し、各々の発光素子は、基板(図示せず)側から反射電極101、発光性の有機化合物を含む層(以下「EL層」ともいう。)106、半透過・半反射電極107の順に積層され、反射電極101とEL層106の間には光学調整層として透明電極102a、102b、102cのいずれかが形成されている。透明電極102a、透明電極102b、透明電極102cは、厚さが異なり、この順に厚さが厚く形成されている。これにより、反射鏡として機能する反射電極101と半透過・半反射電極107との間の光学長Lを調整し、EL層106で発光した光を選択的に増強して外部に射出することが可能となる。その結果、マイクロキャビティ構造が適用された発光素子を形成することができる。

【0025】

半透過・半反射電極107と、透明電極102a(又は102b、102c)のいずれか一方が陽極として機能し、他方が陰極として機能する。本実施の形態では、半透過・半反射電極107を陰極とし、透明電極102a(又は102b、102c)を陽極として用いる。また透明電極102a(又は102b、102c)と反射電極101とは接して設けられていてもよいし、間に透光性を有する層を有していてもよい。

【0026】

陽極と陰極の間に、発光素子の閾値電圧より高い電圧を印加すると、EL層106に陽極側から正孔が注入され、陰極側から電子が注入される。注入された電子と正孔はEL層106において再結合し、EL層106に含まれる発光物質が発光する。

【0027】

EL層106は、第1の発光層103を有する第1の発光ユニット108、中間層109、第2の発光層104および第3の発光層105を有する第2の発光ユニット110を順に積層した構造を有している。

【0028】

中間層109は少なくとも電荷発生層を含んで形成されていればよく、電荷発生層以外の層と積層された構成であってもよい。例えば、電子注入バッファ層、電子リレー層及び電荷発生層が順次積層された構造を適用することができる。

【0029】

陰極側に設けられた第3の発光層105に注入された正孔は、陰極から注入された電子と再結合し、第3の発光層105に含まれる発光物質が発光する。また、陽極側から第2の発光層104に注入された正孔は、陰極側から注入された電子と再結合し、第2の発光層に含まれる発光物質が発光する。また、陽極側に設けられた第1の発光層103に陰極側から注入された電子は、陽極側から注入された正孔と再結合し、第1の発光層103に含まれる発光物質が発光する。よって、中間層109において発生した正孔と電子は、そ

10

20

30

40

50

れぞれ異なる発光層において発光に至る。

【0030】

なお、本実施の形態では、3つの発光層を形成しているが、2つの発光層を形成してもよいし、4つ以上の発光層を形成してもよい。また、本実施の形態では、2つの発光ユニットを形成しているが、3つ以上の発光ユニットを形成してもよい。

【0031】

半透過・半反射電極107の上には第1のカラーフィルタ(CF)112、第2のカラーフィルタ(CF)113、第3のカラーフィルタ(CF)114のいずれかが配置されている。第1のカラーフィルタ112は第1の色を有し、第2のカラーフィルタ113は第2の色を有し、第3のカラーフィルタ114は第3の色を有している。

10

【0032】

第1のカラーフィルタ112の下には第1の発光素子220が配置されており、第1の発光素子220は反射電極101、透明電極102a、EL層106及び半透過・半反射電極107を有している。第2のカラーフィルタ113の下には第2の発光素子230が配置されており、第2の発光素子230は反射電極101、透明電極102b、EL層106及び半透過・半反射電極107を有している。第3のカラーフィルタ114の下には第3の発光素子240が配置されており、第3の発光素子240は反射電極101、透明電極102c、EL層106及び半透過・半反射電極107を有している。

【0033】

なお、本実施の形態では、3つの発光素子を形成しているが、異なる色の発光を呈する2つの発光素子を形成してもよいし、4つ以上の発光素子を形成してもよい。

20

【0034】

第1の発光素子220における発光を取り出す発光層は第1の発光層103であり、第1の発光層103によって発せられる光の色は第1のカラーフィルタ112を透過する第1の色である。したがって、第1のカラーフィルタを透過した光112aは第1の色である。ここで、第1の色は青色である。

第2の発光素子230における発光を取り出す発光層は第2の発光層104であり、第2の発光層104によって発せられる光の色は第2のカラーフィルタ113を透過する第2の色である。したがって、第2のカラーフィルタを透過した光112bは第2の色である。ここで、第2の色は緑色である。

30

第3の発光素子240における発光を取り出す発光層は第3の発光層105であり、第3の発光層105によって発せられる光の色は第3のカラーフィルタ114を透過する第3の色である。したがって、第3のカラーフィルタを透過した光112cは第3の色である。ここで、第3の色は赤色である。

【0035】

図1中の破線矢印で示すように、第1～第3の発光素子220、230、240の中で発光を取り出す発光層が反射電極101に最も近い位置に設けられた発光素子は第1の発光素子220であり、第1の発光素子220における透明電極102aの表面粗さは、その他の発光素子(第2及び第3の発光素子230、240)における透明電極102b、102cの表面粗さよりも大きい。

40

【0036】

透明電極の表面粗さを異ならせる手段としては、透明電極102aに多結晶の導電性酸化物材料を用い、透明電極102b、102cに非晶質の導電性酸化物材料を用いる。これにより、透明電極102aの表面粗さを大きくし、透明電極102b、102cの表面粗さを小さくすることができる。

【0037】

多結晶化しやすい導電性酸化物材料は、例えばITO、酸化亜鉛、アルミニウム-亜鉛酸化物、ガリウム-亜鉛酸化物、またフッ素-錫酸化物などである。また、非晶質になりやすい導電性酸化物材料は、例えばインジウム-亜鉛酸化物、インジウム-タンゲステン酸化物である。なお、上述した材料を含む導電性酸化物膜は、その形成条件によって多結

50

晶または非晶質のどちらにもなり得る場合もある。

【 0 0 3 8 】

図 2 (A) に多結晶の導電性酸化膜の模式図を示す。多結晶の導電性酸化膜は例えば柱状の結晶粒が混在するため、その最表面に顕著な凹凸形状が形成される。

一方、図 2 (B) に非晶質の導電性酸化膜の模式図を示す。非晶質の導電性酸化膜は、結晶粒が存在しないため、その最表面の形状は比較的なだらかな形状となる。さらに、非晶質の導電性酸化膜の被形成面 (反射電極 1 0 1 の表面) に凹凸があった場合にもこれを被覆することが可能で、非晶質の導電性酸化膜の最表面の平坦性を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

本実施の形態によれば、第 1 ~ 第 3 の発光素子 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 の中で発光を取り出す発光層が反射電極 1 0 1 に最も近い位置に設けられた発光素子である第 1 の発光素子 2 2 0 における透明電極 1 0 2 a の表面粗さを、その他の発光素子である第 2 及び第 3 の発光素子 2 3 0 , 2 4 0 それぞれにおける透明電極 1 0 2 b , 1 0 2 c の表面粗さよりも大きくする。これにより、マイクロキャビティ構造が適用されたタンデム構造の発光装置 (例えば有機 E L ディスプレイ) の発光効率を向上させることができる。

10

【 0 0 4 0 】

なお、本実施の形態では、発光を取り出す発光層が反射電極 1 0 1 に最も近い位置に設けられた発光素子である第 1 の発光素子 2 2 0 における当該発光を取り出す発光層を第 1 の発光層 1 0 3 とし、第 1 の発光層 1 0 3 によって発せられる光の色を青色としているが、それに限定されることはなく、青色以外の発光を呈する発光層が、反射電極 1 0 1 に最も近い位置に設けられていてもよい。

20

【 0 0 4 1 】

[実施の形態 2]

< 表示パネルの構成 >

本発明の一態様の表示装置に用いることができる表示パネルの構成を図 3 に示す。図 3 (A) は本発明の一態様の表示装置に用いることができる表示パネルの構造の上面図であり、図 3 (B) は図 3 (A) の切断線 A - B および C - D における断面を含む構造の側面図である。

【 0 0 4 2 】

本実施の形態で例示して説明する表示パネル 4 0 0 は、第 1 の基板 4 1 0 上に表示部 4 0 1 を有し、表示部 4 0 1 には画素 4 0 2 が複数設けられている。また、画素 4 0 2 には複数 (例えば 3 つ) の副画素が設けられている (図 3 (A)) 。この 3 つの副画素に図 1 に示す第 1 ~ 第 3 の発光素子 2 2 0 ~ 2 4 0 を用いることができる。また、第 1 の基板 4 1 0 上には表示部 4 0 1 と共に当該表示部 4 0 1 を駆動するソース側の駆動回路部 4 0 3 s 、ゲート側の駆動回路部 4 0 3 g が設けられている。なお、駆動回路部を第 1 の基板 4 1 0 上ではなく外部に形成することもできる。

30

【 0 0 4 3 】

表示パネル 4 0 0 は外部入力端子を備え、FPC (フレキシブルプリントサーキット) 4 0 9 を介して、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。

40

【 0 0 4 4 】

シール材 4 0 5 は、第 1 の基板 4 1 0 と第 2 の基板 4 4 0 を貼り合わせ、その間に形成された空間 4 3 1 に表示部 4 0 1 が封止されている (図 3 (B) 参照) 。

【 0 0 4 5 】

表示パネル 4 0 0 の断面を含む構造を図 3 (B) 参照して説明する。表示パネル 4 0 0 は、ソース側の駆動回路部 4 0 3 s と、画素 4 0 2 に含まれる、緑色を呈する光を射出する副画素 4 0 2 G と、引き回し配線 4 0 8 を備える。なお、本実施の形態で例示する表示パネル 4 0 0 の表示部 4 0 1 は、図中に示す矢印の方向に光を射出して、画像を表示する。

【 0 0 4 6 】

50

ソース側の駆動回路部 403s は n チャンネル型トランジスタ 413 と、p チャンネル型トランジスタ 414 とを組み合わせた CMOS 回路を含む。なお、駆動回路はこの構成に限定されず、種々の CMOS 回路、PMOS 回路または NMOS 回路で構成しても良い。

【0047】

引き回し配線 408 は外部入力端子から入力される信号をソース側の駆動回路部 403s およびゲート側の駆動回路部 403g に伝送する。

【0048】

副画素 402G は、スイッチング用のトランジスタ 411 と電流制御用のトランジスタ 412 と発光モジュール 450G とを有する。なお、発光モジュール 450G に図 1 に示す第 2 の発光素子 230 を用いることができる。また、トランジスタ 411 等の上には、絶縁層 416 と隔壁 418 とが形成されている。発光モジュール 450G は、反射膜と半透過・半反射膜と、反射膜と半透過・半反射膜の間に発光素子 420G とを有し、発光素子 420G が発する光を射出する半反射膜の側にカラーフィルタ 441G (図 1 に示す第 2 のカラーフィルタ (CF) 113 に相当) が設けられている。本実施の形態で例示する発光モジュール 450G は、発光素子 420G の第 1 の電極 421G が反射膜 (図 1 に示す反射電極 101 及び透明電極 102b に相当) を、第 2 の電極 422 が半透過・半反射膜 (図 1 に示す半透過・半反射電極 107 に相当) を兼ねる構成となっている。なお、表示部 401 が画像を表示する方向は、発光素子 420G が発する光が取り出される方向により決定される。

【0049】

また、カラーフィルタ 441G を囲むように遮光性の膜 442 が形成されている。遮光性の膜 442 は表示パネル 400 が外光を反射する現象を防ぐ膜であり、表示部 401 が表示する画像のコントラストを高める効果を奏する。なお、カラーフィルタ 441G と遮光性の膜 442 は、第 2 の基板 440 に形成されている。

【0050】

絶縁層 416 は、トランジスタ 411 等の構造に由来して生じる段差を平坦化、または、トランジスタ 411 等への不純物の拡散を抑制するための、絶縁性の層であり、単一の層であっても複数の層の積層体であってもよい。隔壁 418 は開口部を有する絶縁性の層であり、発光素子 420G は隔壁 418 の開口部に形成される。

【0051】

発光素子 420G は第 1 の電極 421G と、第 2 の電極 422 と、EL 層 423 を含む。

【0052】

< トランジスタの構成 >

図 3 (A) に例示する表示パネル 400 には、トップゲート型のトランジスタが適用されているがこれに限られず、ボトムゲート型のトランジスタも適用することができる。ソース側の駆動回路部 403s、ゲート側の駆動回路部 403g 並びに副画素にはさまざまな構造のトランジスタを適用できる。また、これらのトランジスタのチャンネルが形成される領域には、さまざまな半導体を用いることができる。具体的には、アモルファスシリコン、ポリシリコン、単結晶シリコンの他、酸化物半導体などを用いることができる。

【0053】

トランジスタのチャンネルが形成される領域に単結晶半導体を用いると、トランジスタサイズを微細化することが可能となるため、表示部において画素をさらに高精細化することができる。

【0054】

半導体層を構成する単結晶半導体としては、単結晶シリコン基板などの半導体基板の他、絶縁表面上に単結晶半導体層が設けられた SOI (Silicon On Insulator) 基板を用いることができる。

【0055】

< 封止構造 >

10

20

30

40

50

本実施の形態で例示する表示パネル 400 は、第 1 の基板 410、第 2 の基板 440、およびシール材 405 で囲まれた空間 431 に、発光素子を封止する構造を備える（図 3 参照）。

【0056】

空間 431 は、不活性気体（窒素やアルゴン等）で充填される場合の他、樹脂で充填される場合もある。また、不純物（代表的には水および/または酸素）の吸着材（例えば、乾燥剤など）を空間 431 に導入しても良い。

【0057】

シール材 405 および第 2 の基板 440 は、大気中の不純物（代表的には水および/または酸素）をできるだけ透過しない材料であることが望ましい。シール材 405 にはエポキシ系樹脂や、ガラスフリット等を用いることができる。

10

【0058】

第 2 の基板 440 に用いることができる材料としては、ガラス基板や石英基板の他、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や、FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics）等をその例に挙げることができる。

【0059】

<発光素子に用いることができる材料>

次に、図 1 及び図 3 に示す発光素子に用いることができる具体的な材料について、反射電極、透明電極（陽極）、半透過・半反射電極（陰極）、EL 層、電荷発生層、電子リレー層、並びに電子注入バッファ層の順に説明する。

20

【0060】

<反射電極に用いることができる材料>

反射電極は、反射率の高い材料を用いることが好ましい。反射率が高いことで吸収による光の損失を低減でき、高い効率を得ることができる。反射率が高い材料としては銀または銀合金がある。

【0061】

<透明電極（陽極）に用いることができる材料>

透明電極としては、多結晶の導電性酸化物材料と非晶質の導電性酸化物材料を用いる。そして陽極に用いる場合には仕事関数が大きいことが好ましい（具体的には 4.0 eV 以上が好ましい）。但し、陽極と接して電荷発生層を設ける場合には、仕事関数を考慮せずに様々な導電性材料を陽極に用いることができる。具体的には、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もできる。電荷発生層を構成する材料については後述する。多結晶の導電性酸化物材料としては、ITO、酸化亜鉛、アルミニウム - 亜鉛酸化物、ガリウム - 亜鉛酸化物、フッ素 - 錫酸化物を、非晶質の導電性酸化物材料としては、インジウム - 亜鉛酸化物、インジウム - タングステン酸化物を用いることができる。

30

【0062】

<透過・半反射電極（陰極）に用いることができる材料>

透過・半反射電極 107 は、光吸収が少ない材料が好ましい。例えば薄膜の銀を使用することができるが、陰極として電子注入性を高めるためにマグネシウムのような仕事関数の小さい（具体的には 4.0 eV 未満）材料を添加することが好ましい。しかし、透過・半反射電極 107 に接して電荷発生層を、EL 層 106 との間に設ける場合、陰極は仕事関数の大小に関わらず様々な導電性材料を用いることができる。

40

【0063】

<EL 層に用いることができる材料>

EL 層を構成する各層に用いることができる材料について、以下に具体例を示す。

【0064】

<正孔注入層>

正孔注入層は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入性の高い物質としては

50

、例えば、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/PS）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。

【0065】

なお、正孔注入層の代わりに電荷発生層を用いてもよい。電荷発生層を用いると、仕事関数を考慮せずに様々な導電性材料を陽極に用いることができる。この電荷発生層を構成する材料については後述する。

【0066】

<正孔輸送層>

正孔輸送層は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送層は、単層に限られず正孔輸送性の高い物質を含む層を二層以上積層したものでもよい。電子よりも正孔の輸送性の高い物質であればよく、特に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質が、発光素子の駆動電圧を低減できるため好ましい。

【0067】

<発光層>

発光層は、発光物質を含む層である。発光層は、単層に限られず発光物質を含む層を二層以上積層したものでもよい。発光物質は蛍光性化合物や、燐光性化合物を用いることができる。発光物質に燐光性化合物を用いると、発光素子の発光効率を高められるため好ましい。

【0068】

発光物質は、ホスト材料に分散させて用いるのが好ましい。ホスト材料としては、その励起エネルギーが、発光物質の励起エネルギーよりも大きなものが好ましい。

【0069】

<電子輸送層>

電子輸送層は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層は、単層に限られず電子輸送性の高い物質を含む層を二層以上積層したものでもよい。正孔よりも電子の輸送性の高い物質であればよく、特に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質が、発光素子の駆動電圧を低減できるため好ましい。

【0070】

<電子注入層>

電子注入層は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層は、単層に限られず電子注入性の高い物質を含む層を二層以上積層したものでもよい。電子注入層を設ける構成とすることで陰極からの電子の注入効率が高まり、発光素子の駆動電圧を低減できるため好ましい。

【0071】

電子注入性の高い物質としては、例えばリチウム（Li）、セシウム（Cs）、カルシウム（Ca）、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF₂）等のアルカリ金属、アルカリ土類金属またはこれらの化合物が挙げられる。また電子輸送性を有する物質中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属、マグネシウム（Mg）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もできる。

【0072】

<電荷発生層に用いることができる材料>

電荷発生層は、正孔輸送性の高い物質と正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質を含む領域である。なお、電荷発生層は、同一膜中に正孔輸送性の高い物質と正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質を含有する場合だけでなく、正孔輸送性の高い物質を含む層と正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質を含む層とが積層されていても良い。但し、陰極に接して設けられる電荷発生層が積層構造の場合には、正孔輸送性の高い

10

20

30

40

50

物質を含む層が陰極と接する構造となる。陽極に接して設けられる電荷発生層が積層構造の場合には、正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質を含む層が陽極と接する構造となる。

【0073】

なお、電荷発生層において、正孔輸送性の高い物質に対して質量比で、0.1以上4.0以下の比率で正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質を添加することが好ましい。

【0074】

電荷発生層に用いる正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質としては、遷移金属酸化物、特に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が好ましい。具体的には、酸化モリブデンが特に好ましい。なお、酸化モリブデンは、吸湿性が低いという特徴を有している。

10

【0075】

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

【0076】

<電子リレー層に用いることができる材料>

20

電子リレー層は、電荷発生層において正孔輸送性の物質に対してアクセプター性物質がひき抜いた電子を速やかに受け取ることができる層である。従って、電子リレー層は、電子輸送性の高い物質を含む層である。

【0077】

電子リレー層に用いる物質としては、例えば、ペリレン誘導体や、含窒素縮合芳香族化合物が挙げられる。なお、含窒素縮合芳香族化合物は、安定な化合物であるため電子リレー層に用いる物質として好ましい。さらに、含窒素縮合芳香族化合物のうち、シアノ基やフッ素などの電子吸引基を有する化合物を用いることにより、電子リレー層における電子の受け取りがさらに容易になるため、好ましい。

【0078】

30

<電子注入バッファ層に用いることができる材料>

電子注入バッファ層は、電荷発生層から発光層への電子の注入を容易にする層である。電子注入バッファ層を電荷発生層と発光層の間に設けることにより、両者の注入障壁を緩和することができる。

【0079】

電子注入バッファ層には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

40

【0080】

また、電子注入バッファ層が、電子輸送性の高い物質とドナー性物質を含んで形成される場合には、電子輸送性の高い物質に対して質量比で、0.001以上0.1以下の比率でドナー性物質を添加することが好ましい。なお、ドナー性物質としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフトセン（略称：TTN）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。

【実施例】

50

【 0 0 8 1 】

マイクロキャピティ構造が適用されたタンデム構造の発光素子の発光効率を向上させる対策の一つとして、反射電極に反射率の高い材料を用いることが挙げられる。反射率の高い材料として、例えば銀や銀合金が挙げられる。

しかしながらこのような材料を用いた場合であっても、反射電極と発光層との距離が短い場合、例えば5nm以上100nm以下の場合において、発光効率が低下してしまう場合がある。

【 0 0 8 2 】

そこで、図1に示す発光装置において第1の発光素子（青色の発光素子）220、第2の発光素子（緑色の発光素子）230及び第3の発光素子（赤色の発光素子）240それぞれの反射電極101及び透明電極102a～102cに低反射率電極材料を用いた試料と高反射率電極材料を用いた試料を作製し、発光を取り出す発光層と反射電極との間の距離と発光効率の関係を試料によって評価し、発光層と反射電極間距離が発光効率に与える影響を調べた。その結果を表1に示す。

【 0 0 8 3 】

【表1】

発光色	発光層－ 反射電極間 距離	発光効率		倍率
		低反射率電極 (Al-Ti\TiO _x \ITSO)	高反射率電極 (APC\インジウム－亜鉛酸化物)	
赤	215nm	12.9 cd/A	21.0 cd/A	1.62倍
緑	155nm	29.2 cd/A	46.0 cd/A	1.57倍
青	40nm	2.17 cd/A	2.07 cd/A	0.95倍

【 0 0 8 4 】

低反射率電極としては、Al-Ti膜とTiO_x膜を積層した反射電極とITSO膜の透明電極を用い、高反射率電極としては、APC膜の反射電極と非晶質のインジウム－亜鉛酸化物膜の透明電極を用いた。なお、ITSOは、酸化インジウム錫にシリコンが添加されたものであり、APCは、銀とパラジウムと銅の合金である。

【 0 0 8 5 】

表1に示すように、発光層と反射電極との間の距離が比較的長い赤、緑の発光素子では、反射電極に反射率の高い材料を用いた方が、その発光効率が向上するのに対し、当該距離が短い青の発光素子では、発光効率は逆に低下する結果となった。

【 0 0 8 6 】

このように、発光層と反射電極との距離が短い発光素子の場合、反射率の高い材料を反射電極に用いたとしても、期待される発光効率を得られない場合がある。また、発光層と反射電極との距離を長く設定すると、上述した発光効率の低下は抑制できるが、視認する角度に応じて生じる輝度の変化が顕著になるといった問題がある。このため、当該距離を長く設定することも好ましくない。

【 0 0 8 7 】

図4に、高反射率材料であるAPC膜と非晶質インジウム－亜鉛酸化物膜の積層膜の断面TEM像を示し、図5に、APC膜と多結晶ITO膜の積層膜の断面TEM像を示す。非晶質インジウム－亜鉛酸化物膜表面の境界の像は明瞭であるのに比べ、多結晶ITO膜表面の境界の像はぼやけていることが分かる。断面TEM像は奥行き方向の情報を含むため、膜表面の境界の像が明瞭であるほど、表面の凹凸形状が緩やかであることを意味する。したがって、図4及び図5に示す断面TEM像からは、非晶質インジウム－亜鉛酸化物膜よりも多結晶ITO膜の表面凹凸形状（表面粗さ）が大きいことが確認できる。

【 0 0 8 8 】

続いて、図1に示す青色の発光を取り出す発光層103が反射電極101に最も近い位置に設けられた第1の発光素子（青色の発光素子）220、第2の発光素子（緑色の発光

素子) 230 及び第3の発光素子(赤色の発光素子) 240 において、その反射電極 101 及び透明電極 102 a に図4 及び図5 それぞれの積層膜を用いた試料を作製し、発光層 103 と反射電極 101 との間の距離と発光効率の関係を試料によって評価し、透明電極 102 a の表面粗さの大小が発光効率に与える影響を調べた。その結果を表2 に示す。

【0089】

【表2】

反射電極材料による発光効率

発光色	発光層－ 反射電極間距離	発光効率	
		表面が平坦 (APC\インジウム－亜鉛酸化物)	表面凹凸あり (APC\ITO)
赤	215nm	21.0 cd/A	11.2 cd/A
緑	155nm	46.0 cd/A	32.7 cd/A
青	40nm	2.07 cd/A	2.75 cd/A

10

【0090】

表2 に示すように、発光層 - 反射電極間距離の比較的大きい赤色の発光素子及び緑色の発光素子では、表面粗さの小さい非晶質インジウム - 亜鉛酸化物を透明電極に用いた方が、表面粗さの大きな多結晶ITOを用いた場合に比べて高い発光効率を得られた。一方、発光層 - 反射電極間距離の小さい青色の発光素子では、表面粗さの大きな多結晶ITOを透明電極に用いた方が、表面粗さの小さい非晶質インジウム - 亜鉛酸化物を透明電極に用いた発光素子より高い発光効率を得られることが確認できる。この理由として、発光層と反射電極間距離が小さい場合、反射電極の表面プラズモンの影響により発光効率が低下するため、透明電極の表面に凹凸形状を設けることで、表面プラズモンの影響を抑制する効果が得られると推察される。

20

【0091】

上記の表1 及び表2 の結果から、マイクロキャビティ構造が適用された発光素子のうち、最も反射電極に近い位置に設けられる発光層からの発光を取り出す発光素子には、その他の発光素子よりも表面粗さの大きい透明電極を設けることにより、発光効率の低下を抑制できることが分かった。

30

【0092】

また、発光層と反射電極間距離の長い発光素子では、透明電極の表面は平坦であることが好ましい。透明電極表面が平坦であるほど、発光層からの発光の散乱が抑制できるため、発光効率を高めることができる。

【符号の説明】

【0093】

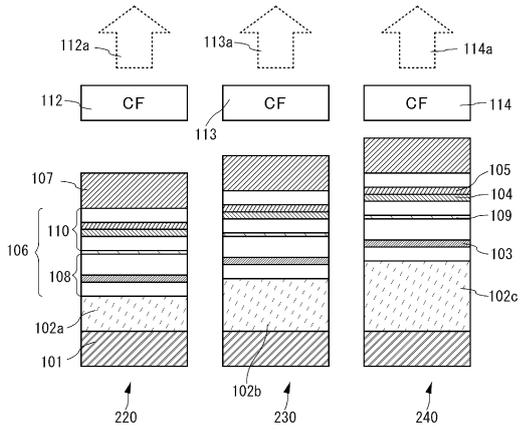
- 101 反射電極
- 102 a 多結晶の透明電極
- 102 b , 102 c 非晶質の透明電極
- 103 第1の発光層
- 104 第2の発光層
- 105 第3の発光層
- 106 EL層
- 107 半透過・半反射電極
- 108 第1の発光ユニット
- 109 中間層
- 110 第2の発光ユニット
- 112 第1のカラーフィルタ(CF)
- 112 a 第1のカラーフィルタを透過した光
- 113 第2のカラーフィルタ(CF)

40

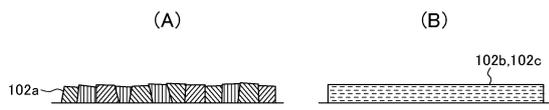
50

1 1 3 a	第2のカラーフィルタを透過した光	
1 1 4	第3のカラーフィルタ(CF)	
1 1 4 a	第3のカラーフィルタを透過した光	
2 2 0	第1の発光素子	
2 3 0	第2の発光素子	
2 4 0	第3の発光素子	
4 0 0	表示パネル	
4 0 1	表示部	
4 0 2	画素	
4 0 2 G	緑色を呈する光を射出する副画素	10
4 0 3 g	ゲート側の駆動回路部	
4 0 3 s	ソース側の駆動回路部	
4 0 5	シール材	
4 0 8	引き回し配線	
4 0 9	FPC(フレキシブルプリントサーキット)	
4 1 0	第1の基板	
4 1 1	スイッチング用のトランジスタ	
4 1 2	電流制御用のトランジスタ	
4 1 3	nチャンネル型トランジスタ	
4 1 4	pチャンネル型トランジスタ	20
4 1 6	絶縁層	
4 1 8	隔壁	
4 2 0 G	発光素子	
4 2 1 G	第1の電極	
4 2 2	第2の電極	
4 2 3	発光性の有機化合物を含む層「EL層」	
4 3 1	シール材で囲まれた空間	
4 4 0	第2の基板	
4 4 1 G	カラーフィルタ	
4 4 2	遮光性の膜	30
4 5 0 G	発光モジュール	
5 0 1	反射電極	
5 0 2	透明電極	
5 0 3	第1の発光層	
5 0 4	第2の発光層	
5 0 5	第3の発光層	
5 0 6	EL層	
5 0 7	半透過・半反射電極	
5 0 8	第1の発光ユニット	
5 0 9	中間層	40
5 1 0	第2の発光ユニット	

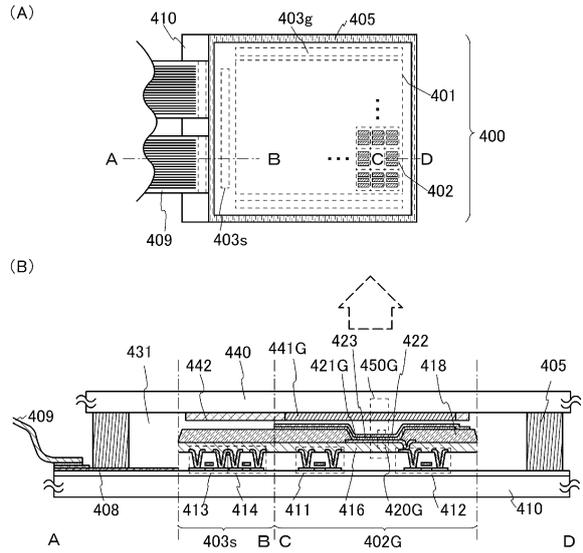
【図1】



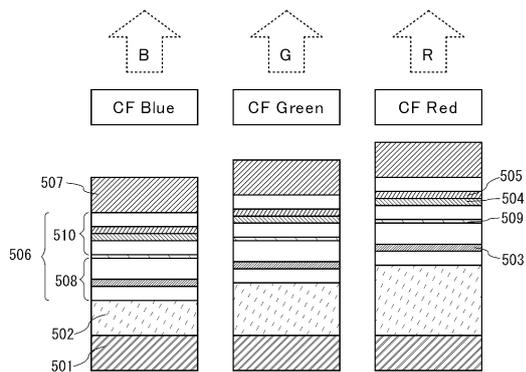
【図2】



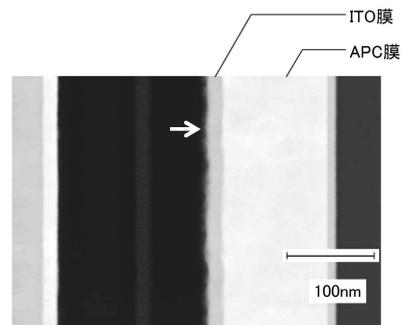
【図3】



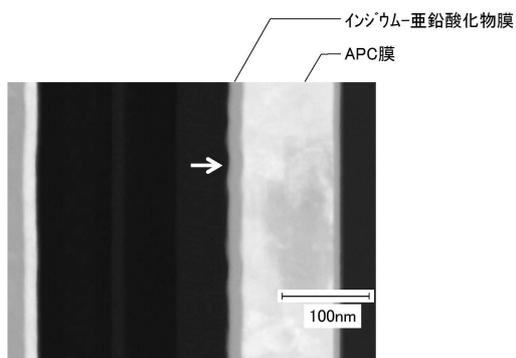
【図6】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 B 5/20 (2006.01) H 0 5 B 33/26 Z
 H 0 5 B 33/28
 G 0 2 B 5/20 1 0 1

- (72)発明者 川田 琢也
 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 二星 学
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 菊池 克浩
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 川戸 伸一
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 越智 貴志
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 塚本 優人
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 小坂 知裕
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 大崎 智文
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

審査官 本田 博幸

- (56)参考文献 特開2010-272447(JP,A)
 特表2008-503871(JP,A)
 特開2010-238677(JP,A)
 国際公開第2012/157575(WO,A1)
 特開2009-301760(JP,A)
 特開2007-026852(JP,A)
 特開2007-073219(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 H 0 1 L 5 1 / 5 0 - 5 1 / 5 6