

(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2006-74022

(P2006-74022A)

(43) 公開日 平成18年3月16日(2006.3.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	3K007
	H05B 33/22 A	
	H05B 33/22 C	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2005-225832 (P2005-225832)	(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
(22) 出願日	平成17年8月3日(2005.8.3)	(72) 発明者	熊木 大介 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
(31) 優先権主張番号	特願2004-227734 (P2004-227734)	(72) 発明者	瀬尾 哲史 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成16年8月4日(2004.8.4)	Fターム(参考)	3K007 AB06 AB11 DB03
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

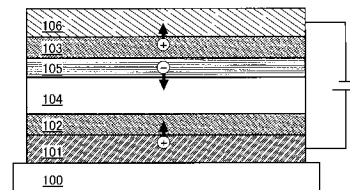
(54) 【発明の名称】 発光素子、表示装置及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 駆動電圧を比較的低くすることが可能な構造を有する発光素子を提供することを課題とする。また、駆動電圧の経時上昇が小さい構造を有する発光素子を提供することを課題とする。また、駆動電圧や駆動電圧の経時上昇が小さい長期の使用にも耐えうる表示装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 発光素子における電極に接する層をP型の半導体を含む層又は電子受容性の物質を含む有機化合物層等の正孔を発生する層とし、発光層を正孔を発生する層で挟み込むような構成とし且つ陰極側の前記正孔を発生する層と発光層との間に電子を発生する層を形成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と陰極よりなる一对の電極と、
 正孔を発生する第 1 の層及び第 2 の層と、
 発光物質を含む第 3 の層と、
 電子を発生する第 4 の層を有し、
 前記第 3 の層は前記一对の電極間において、前記第 1 の層と前記第 2 の層とに挟まれており、
 前記第 4 の層は前記第 3 の層と前記第 2 の層との間に設けられ、
 前記第 2 の層は前記陰極と接していることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 2】

陽極と陰極よりなる一对の電極と、
 P 型半導体を含む第 1 の層及び第 2 の層と、
 発光物質を含む第 3 の層と、N 型の半導体を含む第 4 の層を有し、
 前記第 3 の層は前記一对の電極間において、前記第 1 の層と前記第 2 の層とに挟まれており、
 前記第 4 の層は前記第 3 の層と前記第 2 の層との間に設けられ、
 前記第 2 の層は前記陰極と接してい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 P 型半導体は金属酸化物であることを特徴とする発光素子。

20

【請求項 4】

請求項 2 において、前記 P 型半導体はバナジウム酸化物、モリブデン酸化物、コバルト酸化物、およびニッケル酸化物からなる群より選ばれるいずれか一または二以上の化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

請求項 2 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記 N 型半導体は金属酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

請求項 2 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記 N 型半導体は亜鉛酸化物、亜鉛硫化物、亜鉛セレン化物、チタン酸化物からなる群より選ばれるいずれか一または二以上の化合物であることを特徴とする発光素子。

30

【請求項 7】

陽極と陰極よりなる一对の電極と、
 第 1 の有機化合物と前記第 1 の有機化合物に対して電子受容性を示す物質を含む第 1 の層及び第 2 の層と、
 発光物質を含む第 3 の層と、
 第 2 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物に対して電子供与性を示す物質を含む第 4 の層とを有し、
 前記第 3 の層は前記一对の電極間において、前記第 1 の層と前記第 2 の層とに挟まれており、
 前記第 4 の層は前記第 3 の層と前記第 2 の層との間に設けられ、
 前記第 2 の層は前記陰極と接していることを特徴とする発光素子。

40

【請求項 8】

請求項 7 において、前記第 2 の有機化合物は電子輸送性の有機化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 9】

請求項 7 又は請求項 8 において、前記電子供与性を示す物質はアルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属を含むことを特徴とする発光素子。

【請求項 10】

請求項 7 乃至請求項 9 のいずれか一項において、前記第 1 の有機化合物は正孔輸送性の

50

有機化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 11】

請求項 7 乃至請求項 10 のいずれか一項において、前記電子受容性を示す物質は金属酸化物であることを特徴とする発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電極間に発光物質を含む薄膜を挟んでなり、電流を流すことで発光する発光素子及び当該発光素子を用いた表示装置、ひいては当該発光素子を用いた電子機器に関する。

10

【背景技術】

【0002】

電流を流すことで自身が発光する自発光型の薄膜発光素子を用いたディスプレイの開発が盛んに進められている。

【0003】

これらの薄膜発光素子は有機、無機もしくはその両方を用いて形成された単層、多層薄膜に電極を接続し、電流を流すことで発光する。このような薄膜発光素子は、低消費電力化、省スペース化、視認性などが有望視されており、今後市場のさらなる拡大も期待されている。

【0004】

このうち、多層構造を有する発光素子は層毎にその機能を分けることで、それ以前と比較して高効率に発光する素子を作成することができようになった（例えば非特許文献 1 参照）。

20

【非特許文献 1】C. W. タンら、アプライド フィジクス レターズ、Vol. 51, No. 12, 913 - 915 (1987)

【0005】

多層構造を有する薄膜発光素子は、陽極と陰極の間に、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層などにより構成される発光積層体をはさんでなっている。このうち正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層は素子構成によっては用いない層があっても良い。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記したような発光積層体は正孔注入層には金属の電極から有機物を主成分とする層へホールの注入が比較的容易な材料、電子輸送層には電子輸送性の優れた材料と各々の機能に優れた材料を選択することにより形成される。

【0007】

しかし、電極から有機物を主成分とする材料へ電子の注入を比較的容易に行うことができる材料、もしくは電子をある一定以上の移動度で輸送することができる有機物を主成分とする材料は非常に限られている。また、材料が非常に限られていることからわかるように電極からの有機物を主成分とする層への電子の注入は本来起こりにくい。このため、駆動電圧の経時上昇が大きいという問題があった。

40

【0008】

そこで本発明では、駆動電圧の経時上昇を小さくすることが可能な構造を有する発光素子を提供することを課題とする。

【0009】

また、駆動電圧や駆動電圧の経時上昇が小さく長期の使用にも耐えうる表示装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

本発明では、発光素子における電極に接する層をP型の半導体を含む層又は電子受容性の物質を含む有機化合物層等の正孔を発生する層とし、発光層を正孔を発生する層で挟み込むような構成とし且つ陰極側の前記正孔を発生する層と発光層との間に電子を発生する層を形成する。これにより駆動電圧の経時上昇を抑えることが可能となる。

【0011】

本発明の構成の一つを有する発光素子は、陽極と陰極よりなる一对の電極と、正孔を発生する第1の層及び第2の層と、発光物質を含む第3の層と、電子を発生する第4の層を有し、前記第3の層は前記電極間において、前記第1の層と前記第2の層とに挟まれており、前記第4の層は前記第3の層と第2の層との間に設けられ、前記第2の層は前記陰極と接していることを特徴とする。

10

【0012】

本発明の構成の一つを有する発光素子は、陽極と陰極よりなる一对の電極と、P型半導体を含む第1の層及び第2の層と、発光物質を含む第3の層と、N型の半導体を含む第4の層を有し、前記第3の層は前記電極間において、前記第1の層と前記第2の層とに挟まれており、前記第4の層は前記第3の層と第2の層との間に設けられ、前記第2の層は前記陰極と接していることを特徴とする。

【0013】

本発明の他の構成を有する発光素子は、陽極と陰極よりなる一对の電極と、第1の有機化合物と、前記第1の有機化合物に対して電子受容性を示す物質を含む第1の層及び第2の層と、発光物質を含む第3の層と、第2の有機化合物と、前記第2の有機化合物に対して電子供与性を示す物質を含む第4の層とを有し、前記第3の層は前記電極間において、前記第1の層と前記第2の層とに挟まれており、前記第4の層は前記第3の層と第2の層との間に設けられ、前記第2の層は前記陰極と接していることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明の構成を適用した発光素子は駆動電圧の経時上昇も低く抑えられるようになる。

【0015】

また、駆動電圧の経時上昇が小さい長期の使用にも耐えうる表示装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0016】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、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。

【0017】

(実施の形態1)

本実施の形態では、図1、図2を参照しながら本発明の発光素子の構成について説明する。本発明の発光素子は発光物質を含む発光層104と電子を発生する層105が積層されており、当該発光層104と電子を発生する層105が第1の正孔を発生する層102と第2の正孔を発生する層103とに挟まれている。第1の正孔を発生する層102と第2の正孔を発生する層103はさらに陽極101と陰極106に挟まれており、基板や絶縁膜など絶縁物100の上に積層されている。基板や絶縁膜など絶縁物100の上に積層される順番は順に陽極101、第1の正孔を発生する層102、発光層104、電子を発生する層105、第2の正孔を発生する層103、陰極106の順(図1)か、もしくは順に陰極106、第2の正孔を発生する層103、電子を発生する層105、発光層104、第1の正孔を発生する層102、陽極101の順(図2)となる。

40

【0018】

第1の正孔を発生する層102と第2の正孔を発生する層103は異なる材料で形成しても良いが同じ材料で形成しても良く、正孔輸送性の材料と当該正孔輸送性の材料から電

50

子を受け取ることができる電子受容性の材料の両方を含む層やP型半導体の層、もしくはP型半導体を含む層により形成する。上記正孔輸送性の材料としては例えば、

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: NPD)や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: TPD)や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)や4, 4'-ビス(N-(4-(N, N-ジ-m-トリルアミノ)フェニル)-N-フェニルアミノ)ビフェニル(略称: DNTPD)、1, 3, 5-トリス[N, N-ジ(m-トリル)アミノ]ベンゼン(略称: m-MTDAB)、4, 4', 4''-トリス(N-カルバゾリル)トリフェニルアミン(略称: TCTA)などの芳香族アミン系(即ち、ベンゼン環-窒素の結合を有する)の化合物やフタロシアニン(略称: H₂Pc)、銅フタロシアニン(略称: CuPc)、バナジルフタロシアニン(略称: VOPc)等のフタロシアニン化合物、を用いることができる。また、これら正孔輸送性の材料から電子を受け取ることができる電子受容性の材料としては、例えば、バナジウム酸化物、モリブデン酸化物、7, 7, 8, 8, -テトラシアノキノジメタン(略称: TCNQ)、2, 3-ジシアノナフトキノ(略称: DCNNQ)、2, 3, 5, 6-テトラフルオロ-7, 7, 8, 8, -テトラシアノキノジメタン(略称: F₄-TCNQ)等が挙げられるが、正孔輸送性の材料との組み合わせによってそれぞれ電子受容が可能な電子受容性の材料を選択する。また、P型半導体としてはモリブデン酸化物、バナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、コバルト酸化物、ニッケル酸化物及び銅酸化物などの金属酸化物を用いることができる。

10

20

【0019】

電子を発生する層105は電子輸送性の材料と当該電子輸送性の材料に電子を供与することができる電子供与性の材料の両方を含む層やN型半導体の層、もしくはN型半導体を含む層により形成する。上記電子輸送性の材料としては例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq₃)、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]-キノリノラト)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: BALq)等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材料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の材料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)、1, 3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール(略称: TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール(略称: p-EtTAZ)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)等を用いることができる。また、これら電子輸送性の材料に電子を与えることができる電子供与性の材料としては、例えば、リチウム、セシウムなどのアルカリ金属、マグネシウム、カルシウムなどのアルカリ土類金属、エルビウム、イッテルビウムなどの希土類金属などを用いることができるが、電子輸送性の材料との組み合わせによってそれぞれ電子供与が可能な電子供与性の材料を選択する。また、N型半導体としては金属酸化物などの金属化合物も用いることができ、亜鉛酸化物、亜鉛硫化物、亜鉛セレン化物、チタン酸化物などを用いることができる。

30

40

【0020】

発光物質を含む発光層104には大きく分けて2つの種類ある。一つは発光物質の有す

50

るエネルギーギャップよりも大きいエネルギーギャップを有する材料からなる層に発光中心となる発光物質を分散して含む層と、もう一つは発光物質のみで発光層を構成する層であるが、前者は濃度消光が起こりにくく、好ましい構成である。発光中心となる発光物質としては、4 - ジシアノメチレン - 2 - メチル - 6 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチルジユロリジル - 9 - エニル) - 4 H - ピラン (略称 : D C J T)、4 - ジシアノメチレン - 2 - t - ブチル - 6 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチルジユロリジル - 9 - エニル) - 4 H - ピラン、ペリフランテン、2 , 5 - ジシアノ - 1 , 4 - ビス (10 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチルジユロリジル - 9 - エニル) ベンゼン、N , N' - ジメチルキナクリドン (略称 : D M Q d)、クマリン 6、クマリン 5 4 5 T、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃)、9 , 9' - ビアントリル、9 , 10 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A) や 9 , 10 - ビス (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : D N A)、2 , 5 , 8 , 11 - テトラ - t - ブチルペリレン (略称 : T B P) 等が挙げられる。また、上記発光物質を分散してなる層を形成する場合に母体となる材料としては、9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) - 2 - t e r t - ブチルアントラセン (略称 : t - B u D N A) 等のアントラセン誘導体、4 , 4' - ビス (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P) 等のカルバゾール誘導体、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃)、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] - キノリノラト) 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)、ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ピリジナト] 亜鉛 (略称 : Z n p p₂)、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) などの金属錯体等を用いることができる。また、発光物質のみで発光層 1 0 4 を構成することのできる材料としては、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃)、9 , 10 - ビス (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : D N A)、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) などがある。

【 0 0 2 1 】

また、発光層 1 0 4 は単層で形成しても複数層で形成しても構わず、発光層 1 0 4 における発光物質が分散された層と第 1 の正孔を発生する層 1 0 2 との間に正孔輸送層、発光層 1 0 4 における発光物質が分散された層と電子を発生する層 1 0 5 との間に電子輸送層を設けても良い。これらの層は設けられていても設けられていなくても良く、そのどちらかのみが設けられていても良い。また、正孔輸送層、電子輸送層の材料としては、それぞれ上記正孔を発生する層における正孔輸送性の層、上記電子を発生する層における電子輸送性の層に準じるため、ここでは説明を省略する。各々の記載を参照されたい。

【 0 0 2 2 】

陽極 1 0 1 は仕事関数の大きい (仕事関数 4 . 0 e V 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。なお、陽極材料の具体例としては、I T O (i n d i u m t i n o x i d e)、珪素を含有する I T O、酸化インジウムに 2 ~ 2 0 [%] の酸化亜鉛 (Z n O) を混合した I Z O (i n d i u m z i n c o x i d e) の他、金 (A u)、白金 (P t)、ニッケル (N i)、タングステン (W)、クロム (C r)、モリブデン (M o)、鉄 (F e)、コバルト (C o)、銅 (C u)、パラジウム (P d)、または金属材料の窒化物 (T i N) 等を用いることができる。一方、陰極 1 0 6 の形成に用いられる陰極材料としては、仕事関数の小さい (仕事関数 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好ましい。なお、陰極材料の具体例としては、元素周期律の 1 族または 2 族に属する元素、すなわち L i や C s 等のアルカリ金属、および M g、C a、S r 等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金 (M g : A g、A l : L i) や化合物 (L i F、C s F、C a F₂) の他、希土類金属を含む遷移金属を用いて形成することができるが、A l、A g、I T O 等の金属 (合金を含む) との積層により形成することもできる。

【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

また、発光素子には陽極101、第1の正孔を発生する層102、発光層104、電子を発生する層105、第2の正孔を発生する層103、陰極106の他に、陽極101と、第1の正孔を発生する層102との間に正孔注入層107(図3、図4)を設けても良い。正孔注入層107はフタロシアニン系の化合物が有効であり、例えば、フタロシアニン(略称: $H_2 - Pc$)、銅フタロシアニン(略称: $Cu - Pc$)等を用いることができる。

【0024】

なお、上に例示した材料に関してはあくまで例示にすぎず、本発明の効果を維持できる範囲内において実施者が適宜選択できるものである。

【0025】

上記構成を有する本発明の発光素子は、電圧をかけると、第2の正孔を発生する層103より第2の電極に正孔が注入される。また、電子を発生する層105より電子が発光層104に注入される。さらに、第1の正孔を発生する層102より発光層104に正孔が注入され、発光層において注入された電子と正孔が再結合し、励起状態となった発光物質が基底状態と戻る際に発光が得られる。ここで、本発明の発光素子では電極から有機物を主成分とする層への電子の注入が無く、電子の注入は有機物を主成分とする層から有機物を主成分とする層へ行われる。電極から有機物を主成分とする層への電子の注入は起こりにくく、従来の発光素子では電極から有機物を主成分とする層への電子の注入過程において駆動電圧が上昇してしまっていたが、本発明の発光素子はその過程が無い為、駆動電圧の低い発光素子とすることができる。また、実験上、駆動電圧の高い発光素子は駆動電圧の経時上昇も大きいことがわかっていることから、駆動電圧の低い本発明の発光素子は駆動電圧の経時上昇も低い発光素子とすることが可能となる。

10

20

【0026】

(実施の形態2)

本発明の他の実施の形態について説明する。本実施の形態では第1の正孔を発生する層102及び第2の正孔を発生する層103の膜厚を適当に調整することによって発光素子及び表示装置の視野角特性を改善する例について説明する。本実施の形態において、発光素子の積層構造、材料については実施の形態1と同様であるので説明を割愛する。実施の形態1を参照されたい。

【0027】

発光素子より射出する光には、発光層104で発光し直接出てくる光と、一度、もしくは複数度反射されて出てくる光とがある。この直接射出される光と反射されて出てくる光とは位相の関係により干渉し強めあったり弱めあったりし、発光素子より射出される光は当該干渉の結果として合成された光である。

30

【0028】

屈折率の小さな媒体から大きな媒体へ入射する際に反射した光はその位相が反転するため、実施の形態1に示した構成を有する発光素子において陽極101や陰極106等の電極と当該電極と接する層の界面における反射では反射光の位相は反転する。この電極において反射した光と発光層で発光した光とが干渉する際、発光層と当該電極との間の光学的距離(屈折率×物理的距離)が $(2m - 1) / 4$ (m は1以上の自然数、 λ は当該発光層から発する光の中心波長)を満たす場合、発光取り出し面を見る角度に依存して発生するスペクトル形状の変化を低減することができ且つ発光素子の電流効率も向上する。電流効率とは流した電流に対して輝度がどれだけ得られたかを表すものであり、この効率が良いほど小さい電流であっても規定の輝度を得ることができる。また素子の劣化も少ない傾向にある。

40

【0029】

反射は屈折率の差が小さい膜間では小さいことから、電極と電極に接する膜との界面で起こる反射以外は無視できるため、本実施の形態では電極と、当該電極に接する膜との間で起こる反射にのみ注目する。

【0030】

50

陽極 101 側から発光を取り出す発光素子の場合、反射は陰極 106 で起こる。そのため、当該発光素子の電流効率を向上させ、発光取り出し面を見る角度に依存して発生するスペクトル形状の変化を低減させる為には発光が起こった位置から陰極 106 表面までの光学的距離（屈折率×物理的距離）を $(2m - 1) / 4$ （ m は 1 以上の自然数、 λ は当該発光層から発する光の中心波長）とすればよい。

【0031】

発光層 104 は発光物質を含む層の単層で形成されていてもよいが、電子輸送層、正孔輸送層などの層と発光物質を含む層との複数構造であっても良い。発光物質を含む層は発光中心となる発光物質が分散された層であっても良いし、発光物質のみで形成された層であっても良い。

10

【0032】

さて、当該発光が起こった位置から陰極 106 までにはいくつかの異なる材料による層が設けられている。本実施の形態においては電子を発生する層 105 及び第 2 の正孔を発生する層 103 である。また、発光物質を含む層もその膜厚の半分は発光がおこった位置から陰極 106 までの間に位置する層と言うことができる。また、発光層が複数層で形成される場合にはさらに異なる層が含まれる場合もある。このような構成において発光が起こった位置から陰極 106 までの光学的距離を求めるには各々の膜の屈折率と膜厚を掛け合わせたものを合計すればよく、その合計が $(2m - 1) / 4$ （ m は 1 以上の自然数、 λ は当該発光層から発する光の中心波長）となるようにする。すなわち、発光物質を含む層を 1、陰極 106 を j （ j は 4 以上の整数）として発光物質を含む層から陰極 106 の間に存在する層に発光物質を含む層側から順に番号をつけ、ある番号を付した屈折率 n 、膜厚 d を同じ番号が振られた層の屈折率、膜厚とした場合（すなわち n_1 と言ったら発光物質を含む層の屈折率、 d_1 と言ったら陰極の膜厚となる）、以下の式（1）を満たすものとする。

20

【0033】

【数 1】

$$\sum_{k=2}^{j-1} n_k d_k \leq \frac{(2m-1)\lambda}{4} \leq n_1 d_1 + \sum_{k=2}^{j-1} n_k d_k \quad (1)$$

30

【0034】

ここで、上記式（1）を満足させる為には膜厚を調整する必要がある。有機物を主成分とする層は電子の移動度が小さく、キャリアが電子である電子輸送性の材料及び電子を発生する層 105 の膜厚を厚くすると駆動電圧が上昇してしまう。そこで本実施の形態では有機物を主成分とする層において比較的移動度の高い第 2 の正孔を発生する層 103 の膜厚を調節することで駆動電圧を大きく上昇させることなく上記式（1）を満足させることが可能となる。

【0035】

陰極 106 側から発光を取り出す発光素子の場合、反射は陽極 101 で起こる。そのため、当該発光素子の電流効率を向上させ、発光取り出し面を見る角度に依存して発生するスペクトル形状の変化を低減させる為には発光が起こった位置から陽極 101 表面までの光学的距離（屈折率×物理的距離）を $(2m - 1) / 4$ （ m は 1 以上の自然数、 λ は当該発光層から発する光の中心波長）とすればよい。

40

【0036】

発光層 104 は発光物質を含む層の単層で形成されていてもよいが、電子輸送層、正孔輸送層などの層と発光物質を含む層との複数構造であっても良い。発光物質を含む層は発光中心となる発光物質が分散された層であっても良いし、発光物質のみで形成された層であっても良い。しかし、ここに例示したどの構成であっても、発光物質を含む層はある程度の厚みを有しており、さらに発光中心は無数に存在しているため厳密に発光が起こった

50

位置を決定することはできないため、本実施の形態では発光が起こった位置は発光物質を含む層の膜厚の半分に当たる位置とみなすこととする。

【0037】

さて、当該発光が起こった位置から陽極101までにはいくつかの異なる材料による層が設けられている。本実施の形態においては第1の正孔を発生する層102である。また、発光物質を含む層もその膜厚の半分は発光がおこった位置から陽極101までの間に位置する層とすることができる。また、発光層が複数層で形成される場合にはさらに異なる層が含まれる場合もある。このような構成において発光が起こった位置から陽極101までの光学的距離を求めるには各々の膜の屈折率と膜厚を掛け合わせたものを合計すればよい。すなわち、発光物質を含む層を1、陽極101をj（jは4以上の整数）として発光物質を含む層から陽極101の間に存在する層に発光物質を含む層側から順に番号をつけ、ある番号を付した屈折率n、膜厚dを同じ番号が振られた層の屈折率、膜厚とした場合（すなわちn_jと言ったら発光物質を含む層の屈折率、d_jと言ったら陽極の膜厚となる）、以下の式（2）を満たすものとする。

10

【0038】

【数2】

$$\sum_{k=2}^{j-1} n_k d_k \leq \frac{(2m-1)\lambda}{4} \leq n_1 d_1 + \sum_{k=2}^{j-1} n_k d_k \quad (2)$$

20

【0039】

ここで、上記式（2）を満足させる為に膜厚を調整する必要があるが出てくる。本実施の形態では有機物を主成分とする層において比較的移動度の高い第1の正孔を発生する層102の膜厚を調節することで駆動電圧を大きく上昇させることなく上記式（2）を満足させることが可能となる。

【0040】

また、陽極101及び陰極106の両方から光を取り出す構造である場合には上記式（1）、（2）を同時に満たす様にすればよい。

【0041】

発光素子を本実施の形態のような構造とすることで、発光取り出し面を見る角度に依存して発光のスペクトルが変化してしまうことを低減した発光素子を提供することが可能となる。

30

【0042】

本実施の形態は実施の形態1と組み合わせて用いることが可能である。

【0043】

（実施の形態3）

本実施の形態では、実施の形態1もしくは実施の形態2に記載の本発明の表示装置について図5、図6を参照し、作製方法を示しながら説明する。なお、本実施の形態ではアクティブマトリクス型の表示装置を作成する例を示したが、パッシブマトリクス型の表示装置であっても本発明の発光素子を適用することができるのはもちろんである。

40

【0044】

まず、基板50上に第1の下地絶縁層51a、第2の下地絶縁層51bを形成した後、さらに半導体層を第2の下地絶縁層51b上に形成する。（図5（A））

【0045】

基板50の材料としてはガラス、石英やプラスチック（ポリイミド、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリアクリレート、ポリエーテルスルホンなど）等を用いることができる。これら基板は必要に応じてCMP等により研磨してから使用しても良い。本実施の形態においてはガラス基板を用いる。

【0046】

50

第1の下地絶縁層51a、第2の下地絶縁層51bは基板50中のアルカリ金属やアルカリ土類金属など、半導体膜の特性に悪影響を及ぼすような元素が半導体層中に拡散するのを防ぐ為に設ける。材料としては酸化珪素、窒化珪素、窒素を含む酸化珪素、酸素を含む窒化珪素などを用いることができる。本実施の形態では第1の下地絶縁層51aを窒化珪素で、第2の下地絶縁層51bを酸化珪素で形成する。本実施の形態では、下地絶縁層を第1の下地絶縁層51a、第2の下地絶縁層51bの2層で形成したが、単層で形成してもかまわないし、2層以上の多層であってもかまわない。また、基板からの不純物の拡散が気にならないようであれば下地絶縁層は設ける必要がない。

【0047】

続いて形成される半導体層は本実施の形態では非晶質珪素膜をレーザ結晶化して得る。第2の下地絶縁層51b上に非晶質珪素膜を25~100nm(好ましくは30~60nm)の膜厚で形成する。作製方法としては公知の方法、例えばスパッタ法、減圧CVD法またはプラズマCVD法などが使用できる。その後、500で1時間の加熱処理を行い水素出しをする。

10

【0048】

続いてレーザ照射装置を用いて非晶質珪素膜を結晶化して結晶質珪素膜を形成する。本実施の形態のレーザ結晶化ではエキシマレーザを使用し、発振されたレーザビームを光学系を用いて線状のビームスポットに加工し非晶質珪素膜に照射することで結晶質珪素膜とし、半導体層として用いる。

【0049】

非晶質珪素膜の他の結晶化の方法としては、他に、熱処理のみにより結晶化を行う方法や結晶化を促進する触媒元素を用い加熱処理を行う事によって行う方法もある。結晶化を促進する元素としてはニッケル、鉄、パラジウム、スズ、鉛、コバルト、白金、銅、金などが挙げられ、このような元素を用いることによって熱処理のみで結晶化を行った場合に比べ、低温、短時間で結晶化が行われるため、ガラス基板などへのダメージが少ない。熱処理のみにより結晶化をする場合は、基板50を熱に強い石英基板などにすればよい。

20

【0050】

続いて、必要に応じて半導体層にしきい値をコントロールする為に微量の不純物添加、いわゆるチャネルドーピングを行う。要求されるしきい値を得る為にN型もしくはP型を呈する不純物(リン、ボロンなど)をイオンドーピング法などにより添加する。

30

【0051】

その後、図5(A)に示すように半導体層を所定の形状にパターニングし、島状の半導体層52を得る。パターニングは半導体層にフォトリソを塗布し、所定のマスク形状を露光し、焼成して、半導体層上にレジストマスクを形成し、このマスクを用いてエッチングをすることにより行われる。

【0052】

続いて半導体層52を覆うようにゲート絶縁層53を形成する。ゲート絶縁層53はプラズマCVD法またはスパッタ法を用いて膜厚を40~150nmとして珪素を含む絶縁層で形成する。本実施の形態では酸化珪素を用いて形成する。

【0053】

次いで、ゲート絶縁層53上にゲート電極54を形成する。ゲート電極54はタンタル、タングステン、チタン、モリブデン、アルミニウム、銅、クロム、ニオブから選ばれた元素、または元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。

40

【0054】

また、本実施の形態ではゲート電極54は単層で形成されているが、下層にタングステン、上層にモリブデンなどの2層以上の積層構造でもかまわない。積層構造としてゲート電極を形成する場合であっても前段で述べた材料を使用するとよい。また、その組み合わせも適宜選択すればよい。ゲート電極54の加工はフォトリソを用いたマスクを利用

50

し、エッチングをして行う。

【0055】

続いて、ゲート電極54をマスクとして半導体層52に高濃度の不純物を添加する。これによって半導体層52、ゲート絶縁層53、及びゲート電極54を含む薄膜トランジスタ70が形成される。

【0056】

なお、薄膜トランジスタの作製工程については特に限定されず、所望の構造のトランジスタを作製できるように適宜変更すればよい。

【0057】

本実施の形態では、レーザ結晶化を使用して結晶化した結晶性シリコン膜を用いたトップゲートの薄膜トランジスタを用いたが、非晶質半導体膜を用いたボトムゲート型の薄膜トランジスタを画素部に用いることも可能である。非晶質半導体は珪素だけではなくシリコンゲルマニウムも用いることができ、シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は0.01~4.5 atomic %程度であることが好ましい。

【0058】

また非晶質半導体中に0.5 nm~20 nmの結晶粒を観察することができる微結晶半導体膜(セミアモルファス半導体)を用いてもよい。また0.5 nm~20 nmの結晶を粒観察することができる微結晶はいわゆるマイクロクリスタル(μc)とも呼ばれている。

【0059】

セミアモルファス半導体であるセミアモルファスシリコン(SASとも表記する)は、珪化物気体をグロー放電分解することにより得ることができる。代表的な珪化物気体としては、 SiH_4 であり、その他にも Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 $SiHCl_3$ 、 $SiCl_4$ 、 SiF_4 などを用いることができる。この珪化物気体を水素、水素とヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンから選ばれた一種または複数種の希ガス元素で希釈して用いることでSASの形成を容易なものとするすることができる。希釈率は10倍~1000倍の範囲で珪化物気体を希釈することが好ましい。グロー放電分解による被膜の反応生成は0.1 Pa~133 Paの範囲の圧力で行えば良い。グロー放電を形成するための電力は1 MHz~120 MHz、好ましくは13 MHz~60 MHzの高周波電力を供給すれば良い。基板加熱温度は300度以下が好ましく、100~250度の基板加熱温度が好適である。

【0060】

このようにして形成されたSASはラマンスペクトルが 520 cm^{-1} よりも低波数側にシフトしており、X線回折ではSi結晶格子に由来するとされる(111)、(220)の回折ピークが観測される。また、SASには未結合手(ダングリングボンド)を終端する為に水素またはハロゲンを少なくとも1原子%含ませている。膜中の不純物元素として、酸素、窒素、炭素などの大気成分の不純物は $1 \times 10^{20}\text{ cm}^{-1}$ 以下とすることが望ましく、特に、酸素濃度は $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下とする。TFTにしたときの $\mu = 1 \sim 10\text{ cm}^2 / \text{V s e c}$ となる。

【0061】

また、このSASをレーザでさらに結晶化して用いても良い。

【0062】

続いて、ゲート電極54、ゲート絶縁層53を覆って絶縁膜(水素化膜)59を窒化珪素により形成する。絶縁膜(水素化膜)59を形成したら480度で1時間程度加熱を行って、不純物元素の活性化及び半導体層52の水素化を行う。

【0063】

続いて、絶縁膜(水素化膜)59を覆う第1の層間絶縁層60を形成する。第1の層間絶縁層60を形成する材料としては酸化珪素、アクリル、ポリイミドやシロキサン、Iow-k材料等をもちいるとよい。本実施の形態では酸化珪素膜を第1の層間絶縁層として形成した。なお、本明細書中においてシロキサンとは、珪素と酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基として少なくとも水素を含む有機基(例えばアルキル基、アリール基)

、フルオロ基、又は少なくとも水素を含む有機基及びフロオロ基を有する材料のことを指す。(図5(B))

【0064】

次に、半導体層52に至るコンタクトホールを開口する。コンタクトホールはレジストマスクを用いて、半導体層52が露出するまでエッチングを行うことで形成することができる。なお、条件によって一回でエッチングを行ってしまっても良いし、複数回に分けてエッチングを行っても良い。また、複数回でエッチングする際は、ウエットエッチングとドライエッチングの両方を用いても良い。(図5(C))

【0065】

そして、当該コンタクトホールや第1の層間絶縁層60を覆う導電層を形成する。当該導電層を所望の形状に加工し、接続部61a、配線61bなどが形成される。この配線はアルミニウム、銅等の単層でも良いが、本実施の形態では下からモリブデン/アルミニウム/モリブデンの積層構造とする。積層配線としてはチタン/アルミニウム/チタンやチタン/窒化チタン/アルミニウム/チタンといった構造でも良い。(図5(D))

【0066】

その後、接続部61a、配線61b、第1の層間絶縁層60を覆って第2の層間絶縁層63を形成する。第2の層間絶縁層63の材料としては自己平坦性を有するアクリル、ポリイミド、シロキサンなどの塗布膜が好適に利用できる。本実施の形態ではシロキサンを第2の層間絶縁層63として用いる。(図5(E))

【0067】

続いて第2の層間絶縁層63上に窒化珪素などで絶縁層を形成してもよい。これは後の画素電極のエッチングにおいて、第2の層間絶縁層63が必要以上にエッチングされてしまうのを防ぐ為に形成する。そのため、画素電極と第2の層間絶縁層のエッチングレートの比が大きい場合には特に設けなくとも良い。続いて、第2の層間絶縁層63を貫通して接続部61aに至るコンタクトホールを形成する。

【0068】

そして当該コンタクトホールと第2の層間絶縁層63(もしくは絶縁層)を覆って、透光性を有する導電層を形成したのち、当該透光性を有する導電層を加工して薄膜発光素子の陽極101を形成する。ここで陽極101は接続部61aと電氣的に接触している。陽極101の材料としては仕事関数の大きい(仕事関数4.0eV以上)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えばITO(indium tin oxide)、珪素を含有するITO(ITSO)、酸化インジウムに2~20[%]の酸化亜鉛(ZnO)を混合したIZO(indium zinc oxide)、酸化亜鉛、酸化亜鉛にガリウムを含有したGZO(Galium Zinc Oxide)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(TiN)等を用いることができる。本実施の形態ではITSOを陽極101として用いた(図6(A))。

【0069】

次に第2の層間絶縁層63(もしくは絶縁層)及び陽極101を覆って有機材料もしくは無機材料からなる絶縁層を形成する。続いて当該絶縁層を陽極101の一部が露出するように加工し、隔壁65を形成する。隔壁65の材料としては、感光性を有する有機材料(アクリル、ポリイミドなど)が好適に用いられるが、感光性を有さない有機材料や無機材料で形成してもかまわない。また、隔壁65の材料にチタンブラックやカーボンナイトライドなどの黒色顔料や染料を分散材などを用いて分散し、隔壁65を黒くすることでブラックマトリクス様に用いても良い。隔壁65の第1の電極に向かう端面は曲率を有し、当該曲率が連続的に変化するテーパ形状をしていることが望ましい(図6(B))。

【0070】

次に、隔壁65から露出した陽極101を覆う発光積層体66を形成する。本実施の形

10

20

30

40

50

態では発光積層体 66 は蒸着法等により形成すればよく、第 1 の正孔を発生する層 102、発光層 104、電子を発生する層 105、第 2 の正孔を発生する層 103 の順に積層することにより形成する。

【0071】

第 1 の正孔を発生する層 102 と第 2 の正孔を発生する層 103 は異なる材料で形成しても良いが同じ材料で形成しても良く、正孔輸送性の材料と当該正孔輸送性の材料から電子を受け取ることができる電子受容性の材料の両方を含む層や P 型半導体の層、もしくは P 型半導体を含む層により形成する。上記正孔輸送性の材料としては例えば、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: -NPD) や 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: TPD) や 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) や 4,4'-ビス(N-(4-(N,N-ジ-m-トリルアミノ)フェニル)-N-フェニルアミノ)ビフェニル(略称: DNTPD) などの芳香族アミン系(即ち、ベンゼン環-窒素の結合を有する)の化合物やフタロシアニン(略称: H₂Pc)、銅フタロシアニン(略称: CuPc)、バナジルフタロシアニン(略称: VOPc) 等のフタロシアニン化合物を用いることができる。また、これら正孔輸送性の材料から電子を受け取ることができる電子受容性の材料としては、例えば、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、7,7,8,8,-テトラシアノキノジメタン(略称: TCNQ)、2,3-ジシアノナフトキノン(略称: DCNNQ)、2,3,5,6-テトラフルオロ-7,7,8,8,-テトラシアノキノジメタン(略称: F₄-TCNQ) 等が挙げられるが、正孔輸送性の材料との組み合わせによってそれぞれ電子受容が可能な電子受容性の材料を選択する。また、P 型半導体としてはモリブデン酸化物、バナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、コバルト酸化物、ニッケル酸化物及び銅酸化物などを用いることができる。なお、これに挙げた材料に関してはあくまで例示にすぎず、実施者が適宜選択できるものである。正孔輸送性を有する材料と当該正孔輸送性を有する材料から電子受容可能な材料の正孔輸送性の材料に対する電子受容可能な材料の混合比はモル比で 0.5 以上であれば良く、好ましくは 0.5 ~ 2 であることが望ましい。本実施の形態における第 1 の正孔を発生する層、及び第 2 の正孔を発生する層では電子輸送性を有する材料として -NPD、-NPD から電子を受容することが可能な電子受容性の材料として酸化モリブデン(MoO₃)を使用し、質量比で -NPD : MoO₃ = 4 : 1 (モル比で 1 に相当)となるように共蒸着法により蒸着を行う。なお、本実施の形態における膜厚は第 1 の正孔を発生する層が 50 nm、第 2 の正孔を発生する層が 20 nm とする。

【0072】

発光層 104 は、発光物質の有するエネルギーギャップよりも大きいエネルギーギャップを有する材料からなる層に発光中心となる発光物質を分散して含む層として発光層 104 を形成する場合には、発光中心となる発光物質に、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジル-9-エニル)-4H-ピラン(略称: DCJT)、4-ジシアノメチレン-2-t-ブチル-6-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジル-9-エニル)-4H-ピラン、ペリフランテン、2,5-ジシアノ-1,4-ビス(10-メトキシ-1,1,7,7-テトラメチルジュロリジル-9-エニル)ベンゼン、N,N'-ジメチルキナクリドン(略称: DMQd)、クマリン 6、クマリン 545T、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq₃)、9,9'-ピアントリル、9,10-ジフェニルアントラセン(略称: DPA) や 9,10-ビス(2-ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、2,5,8,11-テトラ-t-ブチルペリレン(略称: TBP)、上記発光物質を分散する母体となる材料として、9,10-ジ(2-ナフチル)-2-tert-ブチルアントラセン(略称: t-BuDNA) 等のアントラセン誘導体、4,4'-ビス(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称: CBP) 等のカルバゾール誘導体、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Al

10

20

30

40

50

q₃)、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)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ピリジナト]亜鉛(略称: Znp₂)、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: ZnBOX)などの金属錯体等を用いて作製することができる。また、発光物質のみで発光層104を構成する場合は、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq₃)、9,10-ビス(2-ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、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)などの材料を用いる。

10

【0073】

また、発光層104は単層で形成しても複数層で形成しても構わず、発光層104における発光物質が分散された層(もしくは発光物質よりなる層)と第1の正孔を発生する層102との間に正孔輸送層、発光層104における発光物質が分散された層(もしくは発光物質よりなる層)と電子を発生する層105との間に電子輸送層を設けても良い。これらの層は設けられていても設けられていなくても良く、そのどちらかのみが設けられていても良い。また、正孔輸送層、電子輸送層の材料としては、それぞれ上記正孔を発生する層における正孔輸送性の層、上記電子を発生する層における電子輸送性の層に準じるため、ここでは説明を省略する。各々の記載を参照されたい。

【0074】

本実施の形態では、正孔を発生する層102上に発光層104として、順に正孔輸送層、発光物質が分散された層、電子輸送層を形成する。正孔輸送層としては-NPDを膜厚10nm、発光物質が分散された層としてはAlqにクマリン6を質量比1:0.005、膜厚35nm、電子輸送層としてはAlqを膜厚10nmとなるように蒸着する。

20

【0075】

電子を発生する層105は、電子輸送性の材料と当該電子輸送性の材料に電子を供与することができる電子供与性の材料の両方を含む層やN型半導体の層、もしくはN型半導体を含む層により形成する。上記電子輸送性の材料としては例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq₃)、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)等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材料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の材料も用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: p-EtTAZ)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)等を用いることができる。また、これら電子輸送性の材料に電子を与えることができる電子供与性の材料としては、例えば、リチウム、セシウムなどのアルカリ金属、マグネシウム、カルシウムなどのアルカリ土類金属、エルビウム、イッテルビウムなどの希土類金属などを用いることができるが、電子輸送性の材料との組み合わせによってそれぞれ電子供与が可能な電子供与性の材料を選択する。また、N型半導体としては酸化亜鉛、硫化亜鉛、セレン化亜鉛、酸化チタンなどを用いることができる。

30

40

50

【0076】

電子輸送性を有する材料と当該電子輸送性を有する材料に電子供与可能な材料の混合比はモル比で1:0.5~1:2程度、好ましくは1:1であれば良い。本実施の形態における電子を発生する層では電子輸送性を有する材料としてAlq、Alqに電子を供与することが可能な電子供与性の材料としてリチウム(Li)を使用し、質量比でAlq:Li=1:0.01となるように共蒸着法により蒸着を行う。なお、膜厚は10nmとする。

【0077】

発光波長帯の異なる発光素子を画素毎に形成して、カラー表示を行う構成としても良い。典型的には、R(赤)、G(緑)、B(青)の各色に対応した発光素子を形成する。この場合にも、画素の光放射側にその発光波長帯の光を透過するフィルター(着色層)を設けた構成とすることで、色純度の向上や、画素部の鏡面化(映り込み)の防止を図ることができる。フィルター(着色層)を設けることで、従来必要であるとされていた円偏光板などを省略することが可能となり、発光素子から放射される光の損失を無くすることができる。さらに、斜方から画素部(表示画面)を見た場合に起こる色調の変化を低減することができる。

10

【0078】

また、発光素子は単色又は白色の発光を呈する構成とすることができる。白色発光素子を用いる場合には、画素の光放射側に特定の波長の光を透過するフィルター(着色層)を設けた構成としてカラー表示を可能にすることができる。

20

【0079】

白色に発光する発光層を形成するには、例えば、Alq₃、部分的に赤色発光色素であるニルレッドをドーブしたAlq₃、Alq₃、p-ETAZ、TPD(芳香族ジアミン)を蒸着法により順次積層することで白色を得ることができる。

【0080】

さらに、発光層は、一重項励起発光物質の他、金属錯体などを含む三重項励起材料を用いても良い。例えば、赤色の発光性の画素、緑色の発光性の画素及び青色の発光性の画素のうち、輝度半減時間が比較的短い赤色の発光性の画素を三重項励起発光物質で形成し、他を一重項励起発光物質で形成する。三重項励起発光物質は発光効率が良いので、同じ輝度を得るのに消費電力が少なく済むという特徴がある。すなわち、三重項励起発光物質を赤色画素に適用した場合、発光素子に流す電流量が少なく済むので、信頼性を向上させることができる。低消費電力化として、赤色の発光性の画素と緑色の発光性の画素とを三重項励起発光物質で形成し、青色の発光性の画素を一重項励起発光物質で形成しても良い。人間の視感度が高い緑色の発光素子も三重項励起発光物質で形成することで、より低消費電力化を図ることができる。

30

【0081】

三重項励起発光物質の一例としては、金属錯体をドーパントとして用いたものがあり、第三遷移系元素である白金を中心金属とする金属錯体、イリジウムを中心金属とする金属錯体などが知られている。三重項励起発光物質としては、これらの化合物に限られることはなく、上記構造を有し、且つ中心金属に周期表の8~10属に属する元素を有する化合物を用いることも可能である。

40

【0082】

上記のような材料で形成した発光素子は、順方向にバイアスすることで発光する。発光素子を用いて形成する表示装置の画素は、単純マトリクス方式、若しくはアクティブマトリクス方式で駆動することができる。いずれにしても、個々の画素は、ある特定のタイミングで順方向バイアスを印加して発光させることとなるが、ある一定期間は非発光状態となっている。この非発光時間に逆方向のバイアスを印加することで発光素子の信頼性を向上させることができる。発光素子では、一定駆動条件下で発光強度が低下する劣化や、画素内で非発光領域が拡大して見かけ上輝度が低下する劣化モードがあるが、順方向及び逆方向にバイアスを印加する交流的な駆動を行うことで、劣化の進行を遅くすることができ

50

、発光装置の信頼性を向上させることができる。

【0083】

続いて発光積層体66を覆う陰極106を形成する。これによって陽極101と発光積層体66と陰極106とからなる発光素子93を作製することができる。陰極106の形成に用いられる陰極材料としては、仕事関数の小さい(仕事関数3.8eV以下)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。なお、陰極材料の具体例としては、元素周期律の1族または2族に属する元素、すなわちLiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(Mg:Ag、Al:Li)や化合物(LiF、CsF、CaF₂)の他、希土類金属を含む遷移金属を用いて形成することができるが、Al、Ag、ITO等の金属(合金を含む)との積層により形成することもできる。本実施の形態ではアルミニウムを陰極として用いた。

10

【0084】

上記のような構成を有する発光素子は、駆動電圧が低くさらに駆動電圧の経時上昇の小さい発光素子とすることができる。

【0085】

なお、本実施の形態では、接続部61aに電氣的に接触している電極は陽極101であったが、接続部61aに電氣的に接触している電極は陰極106であっても良い。この場合は発光積層体66の積層順を第2の正孔を発生する層103、電子を発生する層105、発光層104、第1の正孔を発生する層102の順に積層することにより形成し、発光積層体66の上に陽極101を形成すればよい。

20

【0086】

その後、プラズマCVD法により酸化窒化ケイ素膜を第2のパッシベーション膜として形成する。酸化窒化ケイ素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でSiH₄、N₂O、NH₃から作製される酸化窒化ケイ素膜、またはSiH₄、N₂Oから作製される酸化窒化ケイ素膜、あるいはSiH₄、N₂OをArで希釈したガスから形成される酸化窒化ケイ素膜を形成すれば良い。

【0087】

また、第1のパッシベーション膜としてSiH₄、N₂O、H₂から作製される酸化窒化水素化ケイ素膜を適用しても良い。もちろん、第1のパッシベーション膜は単層構造に限定されるものではなく、他のケイ素を含む絶縁層を単層構造、もしくは積層構造として用いても良い。また、窒化炭素膜と窒化ケイ素膜の多層膜やスチレンポリマーの多層膜、窒化ケイ素膜やダイヤモンドライクカーボン膜を窒素を含む酸化珪素膜の代わりに形成してもよい。

30

【0088】

続いて発光素子を水などの劣化を促進する物質から保護するために、表示部の封止を行う。対向基板を封止に用いる場合は、絶縁性のシール材により、外部接続部が露出するように貼り合わせる。対向基板と素子基板との間の空間には乾燥した窒素などの不活性気体を充填しても良いし、シール材を画素部全面に塗布しそれにより対向基板を貼り合わせても良い。シール材には紫外線硬化樹脂などを用いると好適である。シール材には乾燥剤や基板間のギャップを一定に保つための粒子を混入しておいても良い。続いて外部接続部にフレキシブル配線基板を貼り付けることによって、表示装置が完成する。

40

【0089】

以上のように作製した表示装置の構成の1例を図7参照しながら説明する。なお、形が異なっても同様の機能を示す部分には同じ符号を付し、その説明を省略する部分もある。本実施の形態では、LDD構造を有する薄膜トランジスタ70が接続部61aを介して発光素子93に接続している。

【0090】

図7(A)は陽極101が透光性を有する導電膜により形成されており、基板50側に発光積層体66より発せられた光が取り出される構造である。なお94は対向基板であり

50

、発光素子 93 が形成された後、シール材などを用い、基板 50 に固着される。対向基板 94 と素子との間に透光性を有する樹脂 88 等を充填し、封止することによって発光素子 93 が水分により劣化することを防ぐ事ができる。また、樹脂 88 が吸湿性を有していることが望ましい。さらに樹脂 88 中に透光性の高い乾燥剤 89 を分散させるとさらに水分の影響を抑えることが可能になるためさらに望ましい形態である。

【0091】

図 7 (B) は陽極 101 と陰極 106 両方が透光性を有する導電膜により形成されており、基板 50 及び対向基板 94 の両方に光を取り出すことが可能な構成となっている。また、この構成では基板 50 と対向基板 94 の外側に偏光板 90 を設けることによって画面が透けてしまうことを防ぐことができ、視認性が向上する。偏光板 90 の外側には保護フ

10

【0092】

なお、表示機能を有する本発明の表示装置には、アナログのビデオ信号、デジタルのビデオ信号のどちらを用いてもよい。デジタルのビデオ信号を用いる場合はそのビデオ信号が電圧を用いているものと、電流を用いているものとに分けられる。発光素子の発光時において、画素に入力されるビデオ信号は、定電圧のものと、定電流のものとがあり、ビデオ信号が定電圧のものには、発光素子に印加される電圧が一定のものと、発光素子に流れる電流が一定のものがある。またビデオ信号が定電流のものには、発光素子に印加される電圧が一定のものと、発光素子に流れる電流が一定のものがある。この発光素子に印加される電圧が一定のものは定電圧駆動であり、発光素子に流れる電流が一定のものは定電

20

【0093】

本実施の形態のような方法で形成された本発明の表示装置は駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さい表示装置である。

【0094】

(実施の形態 4)

本実施の形態では、本発明の一形態に相当する発光装置のパネルの外観について図 8 を用いて説明する。図 8 (A) は基板上に形成されたトランジスタおよび発光素子を基板と対向基板 4006 との間に形成したシール材によって封止したパネルの上面図であり、図

30

【0095】

基板 4001 上に設けられた画素部 4002 と信号線駆動回路 4003 と走査線駆動回路 4004 とを囲むようにして、シール材 4005 が設けられている。また、画素部 4002 と信号線駆動回路 4003 と、走査線駆動回路 4004 の上に対向基板 4006 が設けられている。よって画素部 4002 と信号線駆動回路 4003 と、走査線駆動回路 4004 とは基板 4001 とシール材 4005 と対向基板 4006 とによって充填材 4007

40

【0096】

また、基板 4001 上に設けられた画素部 4002 と信号線駆動回路 4003 と走査線駆動回路 4004 とは薄膜トランジスタを複数有しており、図 8 (B) では信号線駆動回路 4003 に含まれる薄膜トランジスタ 4008 と、画素部 4002 に含まれる薄膜トランジスタ 4010 とを示す。

【0097】

また、発光素子 4011 は、薄膜トランジスタ 4010 と電氣的に接続されている。

【0098】

また、引き回し配線 4014 は画素部 4002 と信号線駆動回路 4003 と、走査線駆

50

動回路 4004 とに、信号、または電源電圧を層供給する為の配線に相当する。引き回し配線 4014 は、引き回し配線 4015a 及び引き回し配線 4015b を介して接続端子 4016 と接続されている。接続端子 4016 はフレキシブルプリントサーキット (FPC) 4018 が有する端子と異方性導電膜 4019 を介して電氣的に接続されている。

【0099】

なお、充填材 4007 としては窒素やアルゴンなどの不活性な気体の他に、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができ、ポリビニルクロライド、アクリル、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリビニルブチラル、またはエチレンビニレンアセテートを用いる事ができる。

【0100】

なお、本発明の表示装置は発光素子を有する画素部が形成されたパネルと、該パネルに IC が実装されたモジュールとをその範疇に含む。

【0101】

本実施の形態のような構成のパネル及びモジュールは、駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さいパネル及びモジュールである。

【0102】

(実施の形態 5)

実施の形態 4 にその一例を示したようなモジュールを搭載した本発明の電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ (ヘッドマウントディスプレイ)、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ディスプレイを備えた装置) などが挙げられる。それらの電子機器の具体例を図 9 に示す。

【0103】

図 9 (A) は発光表示装置でありテレビ受像器やパーソナルコンピュータのモニターなどがこれに当たる。筐体 2001、表示部 2003、スピーカー部 2004 等を含む。本発明の発光表示装置は表示部 2003 の駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さい発光表示装置である。画素部にはコントラストを高めるため、偏光板、又は円偏光板を備えるとよい。例えば、封止基板へ 1/4 板、1/2 板、偏光板の順にフィルムを設けるとよい。さらに偏光板上に反射防止膜を設けてもよい。

【0104】

図 9 (B) は携帯電話であり、本体 2101、筐体 2102、表示部 2103、音声入力部 2104、音声出力部 2105、操作キー 2106、アンテナ 2108 等を含む。本発明の携帯電話は表示部 2103 の駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さい携帯電話である。

【0105】

図 9 (C) はコンピュータであり、本体 2201、筐体 2202、表示部 2203、キーボード 2204、外部接続ポート 2205、ポインティングマウス 2206 等を含む。本発明のコンピュータは表示部 2203 の駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さいコンピュータである。図 9 (C) ではノート型のコンピュータを例示したが、ハードディスクと表示部が一体化したデスクトップ型のコンピュータなどにも適用することが可能である。

【0106】

図 9 (D) はモバイルコンピュータであり、本体 2301、表示部 2302、スイッチ 2303、操作キー 2304、赤外線ポート 2305 等を含む。本発明のモバイルコンピュータは表示部 2302 の駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さいモバイルコンピュータである。

【0107】

図 9 (E) は携帯型のゲーム機であり、筐体 2401、表示部 2402、スピーカー部

10

20

30

40

50

2403、操作キー2404、記録媒体挿入部2405等を含む。本発明の携帯型ゲーム機は表示部2402の駆動電圧が小さく、駆動電圧の経時上昇も小さい携帯型ゲーム機である。

【0108】

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に用いることが可能である。

(実施の形態6)

【0109】

図10には下面発光、両面発光、上面発光の例を示した。実施の形態2に作成工程を記載した構造は図10(C)の構造に相当する。図10(A)、(B)は図10(C)における第1の層間絶縁層900を自己平坦性を有する材料で形成し、薄膜トランジスタ901に接続する配線と発光素子の陽極101を同じ層間絶縁層上に形成した場合の構成である。図10(A)は発光素子の陽極101のみを透光性を有する材料で形成し、発光装置の下部に向かって光が射出する下面発光の構成、図10(B)はITOやITSO、IZOなど透光性を有する材料を陰極106として形成することで図10(B)のように両面より光を取り出すことのできる両面発光の発光表示装置を得ることが可能となる。なお、アルミニウムや銀など厚膜で形成すると非透光性であるが、薄膜化すると透光性を有するようになるため、アルミニウムや銀の透光性を有する程度の薄膜で陰極106を形成しても両面発光とすることができる。

10

【0110】

(実施の形態7)

【0111】

本実施の形態では、実施の形態4で示したパネル、モジュールが有する画素回路、保護回路及びそれらの動作について説明する。なお、図5、図6に示してきた断面図は駆動用TFT1403と発光素子1405の断面図となっている。

20

【0112】

図11(A)に示す画素は、列方向に信号線1410及び電源線1411、1412、行方向に走査線1414が配置される。また、スイッチング用TFT1401、駆動用TFT1403、電流制御用TFT1404、容量素子1402及び発光素子1405を有する。

30

【0113】

図11(C)に示す画素は、駆動用TFT1403のゲート電極が、行方向に配置された電源線1412に接続される点が異なっており、それ以外は図11(A)に示す画素と同じ構成である。つまり、図11(A)(C)に示す両画素は、同じ等価回路図を示す。しかしながら、列方向に電源線1412が配置される場合(図11(A))と、行方向に電源線1412が配置される場合(図11(C))とでは、各電源線は異なるレイヤーの導電膜で形成される。ここでは、駆動用TFT1403のゲート電極が接続される配線に注目し、これらを作製するレイヤーが異なることを表すために、図11(A)(C)として分けて記載する。

【0114】

図11(A)(C)に示す画素の特徴として、画素内に駆動用TFT1403と電流制御用TFT1404が直列に接続されており、駆動用TFT1403のチャンネル長 $L(1403)$ 、チャンネル幅 $W(1403)$ 、電流制御用TFT1404のチャンネル長 $L(1404)$ 、チャンネル幅 $W(1404)$ は、 $L(1403)/W(1403) : L(1404)/W(1404) = 5 \sim 6000 : 1$ を満たすように設定するとよい。

40

【0115】

なお、駆動用TFT1403は、飽和領域で動作し発光素子1405に流れる電流値を制御する役目を有し、電流制御用TFT1404は線形領域で動作し発光素子1405に対する電流の供給を制御する役目を有する。両TFTは同じ導電性を有していると作製工程上好ましく、本実施の形態ではnチャンネル型TFTとして形成する。また駆動用TFT

50

1403には、エンハンスメント型だけでなく、ディプリーション型のTFTを用いてもよい。上記構成を有する本発明は、電流制御用TFT1404が線形領域で動作するために、電流制御用TFT1404のVgsの僅かな変動は、発光素子1405の電流値に影響を及ぼさない。つまり、発光素子1405の電流値は、飽和領域で動作する駆動用TFT1403により決定することができる。上記構成により、TFTの特性バラツキに起因した発光素子の輝度ムラを改善して、画質を向上させた表示装置を提供することができる。

【0116】

図11(A)~(D)に示す画素において、スイッチング用TFT1401は、画素に対するビデオ信号の入力を制御するものであり、スイッチング用TFT1401がオンになると、画素内にビデオ信号が入力される。すると、容量素子1402にそのビデオ信号の電圧が保持される。なお図11(A)(C)には、容量素子1402を設けた構成を示したが、本発明はこれに限定されず、ビデオ信号を保持する容量がゲート容量などでまかなうことが可能な場合には、容量素子1402を設けなくてもよい。

10

【0117】

図11(B)に示す画素は、TFT1406と走査線1414を追加している以外は、図11(A)に示す画素構成と同じである。同様に、図11(D)に示す画素は、TFT1406と走査線1414を追加している以外は、図11(C)に示す画素構成と同じである。

20

【0118】

TFT1406は、新たに配置された走査線1414によりオン又はオフが制御される。TFT1406がオンになると、容量素子1402に保持された電荷は放電し、電流制御用TFT1404がオフとなる。つまり、TFT1406の配置により、強制的に発光素子1405に電流が流れない状態を作ることができる。そのためTFT1406を消去用TFTと呼ぶことができる。従って、図11(B)(D)の構成は、全ての画素に対する信号の書き込みを待つことなく、書き込み期間の開始と同時に直後に点灯期間を開始することができるため、デューティ比を向上することが可能となる。

【0119】

図11(E)に示す画素は、列方向に信号線1410、電源線1411、行方向に走査線1414が配置される。また、スイッチング用TFT1401、駆動用TFT1403、容量素子1402及び発光素子1405を有する。図11(F)に示す画素は、TFT1406と走査線1415を追加している以外は、図7(E)に示す画素構成と同じである。なお、図11(F)の構成も、TFT1406の配置により、デューティ比を向上することが可能となる。

30

【0120】

以上のように、多様な画素回路を採用することができる。特に、非晶質半導体膜から薄膜トランジスタを形成する場合、駆動用TFT1403の半導体膜を大きくすると好ましい。そのため、上記画素回路において、電界発光層からの光が封止基板側から射出する上面発光型とすると好ましい。

【0121】

このようなアクティブマトリクス型の発光装置は、画素密度が増えた場合、各画素にTFTが設けられているため低電圧駆動でき、有利であると考えられている。

40

【0122】

本実施の形態では、一画素に各TFTが設けられ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、一列毎にTFTが設けられるパッシブマトリクス型の発光装置を形成することもできる。パッシブマトリクス型の発光装置は、各画素にTFTが設けられていないため、高開口率となる。発光が電界発光層の両側へ射出する発光装置の場合、パッシブマトリクス型の表示装置を用いる透過率が高まる。

【0123】

これらのような画素回路をさらに有する本発明の表示装置は、駆動電圧が小さく、駆動

50

電圧の経時上昇も小さい上、各々の特徴を有する表示装置とすることができる。

【0124】

続いて、図11(E)に示す等価回路を用い、走査線及び信号線に保護回路としてダイオードを設ける場合について説明する。

【0125】

図12には、画素部1500にスイッチング用TFT1401、1403、容量素子1402、発光素子1405が設けられている。信号線1410には、ダイオード1561と1562が設けられている。ダイオード1561と1562は、スイッチング用TFT1401又は1403と同様に、上記実施の形態に基づき作製され、ゲート電極、半導体層、ソース電極及びドレイン電極等を有する。ダイオード1561と1562は、ゲート電極と、ドレイン電極又はソース電極とを接続することによりダイオードとして動作させている。

10

【0126】

ダイオードと接続する共通電位線1554、1555はゲート電極と同じレイヤーで形成している。従って、ダイオードのソース電極又はドレイン電極と接続するには、ゲート絶縁層にコンタクトホールを形成する必要がある。

【0127】

走査線1414に設けられるダイオードも同様な構成である。

【0128】

このように、本発明によれば、入力段に設けられる保護ダイオードを同時に形成することができる。なお、保護ダイオードを形成する位置は、これに限定されず、駆動回路と画素との間に設けることもできる。

20

【0129】

このような保護回路を有する本発明の表示装置は、駆動電圧の経時上昇も小さい上、表示装置としての信頼性も高めることが可能となる。

【実施例1】

【0130】

本実施例では本発明の発光素子の測定データを示す。

【0131】

まず、本実施例における発光素子の作製方法について説明する。本実施例における発光素子は実施の形態1に示した発光素子の構造に準拠する。本実施例では絶縁物100としてガラス基板を使用した。当該ガラス基板上にケイ素を含有するITOをスパッタリング法により成膜し、陽極101を形成した。陽極101の膜厚は110nmとなるように成膜した。

30

【0132】

続いて、陽極101の上にモリブデン酸化物と-NPDを共蒸着することによって、モリブデン酸化物と-NPDよりなる第1の正孔を発生する層102を形成した。ここで第1の正孔を発生する層102の膜厚は50nmとなるようにした。

【0133】

次に第1の正孔を発生する層102の上に発光層104を形成した。発光層104は3層構造とし、第1の正孔を発生する層102側から正孔輸送層、発光物質が分散された層、電子輸送層の順で形成した。正孔輸送層は、-NPDを真空蒸着法により膜厚10nmとなるように形成し、発光物質が分散された層はAlq₃とクマリン6を共蒸着法により成膜することでAlq₃とクマリン6を含む層を膜厚35nmとなるように形成し、電子輸送層はAlq₃のみを真空蒸着法により膜厚10nmとなるように形成した。尚、発光物質が分散された層はAlq₃とクマリン6の割合が、質量比で1:0.005となるように調節した。

40

【0134】

続いて、発光層104上にAlq₃とリチウムとを共蒸着することによって、Alq₃とリチウムとよりなる電子を発生する層105を膜厚10nmとなるように形成した。なお

50

、 Alq_3 とリチウムとの質量比は1 : 0.01となるように調節した。

【0135】

次に、電子を発生する層105上に、モリブデン酸化物と-NPDを共蒸着することによって、モリブデン酸化物と-NPDよりなる第2の正孔を発生する層103を形成した。ここで第1の正孔を発生する層102の膜厚は20nmとなるようにした。また、-NPDとモリブデン酸化物のモル比は1 : 1となるようにした。

【0136】

第2の正孔を発生する層105上にはアルミニウムによる陰極106を形成した。膜厚は100nmとした。

【0137】

記構成を有する本発明の発光素子は、電圧をかけると、第2の正孔を発生する層103より第2の電極に正孔が注入される。また、電子を発生する層105より電子が発光層104に注入される。さらに、第1の正孔を発生する層102より発光層104に正孔が注入され、発光層において注入された電子と正孔が再結合し、クマリン6から発光が得られる。

【0138】

このように作製した本実施例の発光素子の電圧-輝度特性を図13に、電圧-電流特性を図14に示す。図13において横軸は電圧(V)、縦軸は輝度(cd/m^2)を表す。また、図14において横軸は電圧(V)、縦軸は電流(mA)を表す。

【0139】

このように、本実施例における発光素子は、良好な特性を示す。

【0140】

なお、本実施例において正孔を発生する層として用いた-NPDとモリブデン酸化物よりなる複合材料の吸収スペクトルを図22(A)に示す。なお、図22(B)は-NPDのみの吸収スペクトル、図22(C)はモリブデン酸化物のみの吸収スペクトルである。図から分かるように、-NPDとモリブデン酸化物よりなる複合材料の吸収スペクトルには、-NPDのみ、及びモリブデン酸化物のみでは現れないピークが現れていることが分かる。これは-NPDとモリブデン酸化物が相互作用することによって正孔が発生していることを示すものと考えられる。

【実施例2】

【0141】

本実施例では、正孔を発生する層において、正孔輸送性物質と、その物質に対し電子受容性を示す物質との混合割合が異なる四つの発光素子、発光素子(1)、発光素子(2)、発光素子(3)、発光素子(4)の作製方法と、それらの素子の特性について説明する。

【0142】

まず、本実施例における発光素子の作製方法について説明する。本実施例における発光素子は実施の形態1に示した発光素子の構造に準拠する。本実施例では絶縁物100としてガラス基板を使用した。当該ガラス基板上にケイ素を含有するITOをスパッタリング法により成膜し、陽極101を形成した。陽極101の膜厚は110nmとなるように成膜した。

【0143】

続いて、陽極101の上にモリブデン酸化膜を真空蒸着法によって成膜し、モリブデン酸化膜からなる第1の正孔を発生する層102を形成した。ここで膜厚は5nmとなるようにした。

【0144】

次に第1の正孔を発生する層102の上に発光層104を形成した。発光層104は3層構造とし、第1の正孔を発生する層102側から正孔輸送層、発光物質が分散された層、電子輸送層の順で形成した。正孔輸送層は、-NPDを真空蒸着法により膜厚55nmとなるように形成し、発光物質が分散された層は Alq_3 とクマリン6を共蒸着法によ

10

20

30

40

50

り成膜することで Alq₃ とクマリン 6 を含む層を膜厚 35 nm となるように形成し、電子輸送層は Alq₃ のみを真空蒸着法により膜厚 10 nm となるように形成した。尚、発光物質が分散された層は Alq₃ とクマリン 6 の割合が、質量比で 1 : 0.005 となるように調節した。

【0145】

続いて、発光層 104 上に Alq₃ とリチウムとを共蒸着することによって、Alq₃ とリチウムとよりなる電子を発生する層 105 を膜厚 10 nm となるように形成した。なお、Alq₃ とリチウムとの質量比は 1 : 0.01 となるように調節した。

【0146】

次に、電子を発生する層 105 上に、モリブデン酸化物と -NPD を共蒸着することによって、モリブデン酸化物と -NPD よりなる第 2 の正孔を発生する層 103 を形成した。ここで、発光素子 (1) については、-NPD とモリブデン酸化物とのモル比は 0.5 (= -NPD / モリブデン酸化物) となるように調節した。また、発光素子 (2) については、-NPD とモリブデン酸化物とのモル比は 1.0 (= -NPD / モリブデン酸化物) となるように調節した。また、発光素子 (3) については、-NPD とモリブデン酸化物とのモル比は 1.5 (= -NPD / モリブデン酸化物) となるように調節した。また、発光素子 (4) については、-NPD とモリブデン酸化物とのモル比は 2.0 (= -NPD / モリブデン酸化物) となるように調節した。また、第 2 の正孔を発生する層 102 の膜厚は 20 nm となるようにした。

10

【0147】

第 2 の正孔を発生する層 103 上にはアルミニウムによる陰極 106 を形成した。膜厚は 100 nm とした。

20

【0148】

記構成を有する本発明の発光素子は、電圧をかけると、第 2 の正孔を発生する層 103 より第 2 の電極に正孔が注入される。また、電子を発生する層 105 より電子が発光層 104 に注入される。さらに、第 1 の正孔を発生する層 102 より発光層 104 に正孔が注入され、発光層において注入された電子と正孔が再結合し、クマリン 6 から発光が得られる。

【0149】

本実施例の発光素子の電圧 - 輝度特性を図 15 に、電流密度 - 輝度特性を図 16 に、電圧 - 電流特性を図 17 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、図 16 において、横軸は電流密度 (mA / cm²)、縦軸は輝度 (cd / m²) を表す。また、図 17 において、横軸は電圧 (V)、縦軸は電流 (mA) を表す。図 15 ~ 図 17 において、印は発光素子 (1)、印は発光素子 (2)、印は発光素子 (3)、印は発光素子 (4) の特性を表す。

30

【0150】

図 15 ~ 図 17、から、いずれの発光素子についても、良好に動作していることが分かる。また、特に、正孔を発生する層における -NPD とモリブデン酸化物とのモル比 (= -NPD / モリブデン酸化物) が 1 ~ 2 である発光素子 (2) ~ (4) では、任意の電圧を印加したときに得られる輝度が高く、また電流値も大きいことが分かる。このように、-NPD とモリブデン酸化物とのモル比 (= -NPD / モリブデン酸化物) が 1 ~ 2 になるように調節することで、低い駆動電圧で動作する発光素子を得られる。

40

【0151】

次に、本実施例の発光素子について、連続点灯試験を行った結果について説明する。連続点灯試験は、上記のようにして作製した発光素子を、窒素雰囲気中で封止した後、常温下で、次のようにして行った。

【0152】

図 16 から分かるように、初期状態の本発明の発光素子において、3000 cd / m² の輝度で発光するために必要な電流密度は 26.75 mA / cm² である。本実施例では、26.75 mA / cm² の電流を一定時間を流し続け、26.75 mA / cm² の電流を

50

流すのに必要な電圧の経時変化、並びに輝度の経時変化について調べた。測定結果を図18、図19に示す。図18において、横軸は経過した時間 (hour)、縦軸は 26.75 mA/cm^2 の電流を流すのに必要な電圧 (V)を表す。また、図19において、横軸は経過した時間 (hour)、縦軸は輝度 (任意単位)を表す。なお、輝度 (任意単位)は、初期状態の輝度を100として表した、初期輝度に対する相対値 (任意時間における輝度を初期輝度で割り、さらに100倍して求めた値。)である。

【0153】

図18より、いずれの発光素子においても 26.75 mA/cm^2 の電流密度の電流を流すのに必要な電圧は、100時間経過後において、初期状態よりも約1Vしか高くなっていないことが分かる。このことから、本発明の発光素子が、経時変化に伴った電圧の上昇の少ない良好な素子であることが分かる。 10

【0154】

なお、実施例1および実施例2のいずれの発光素子についても、発光層として機能する層の他、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層等として機能する層を形成しているが、必ずしもこれらの層を設けなくてもよい。また、実施例1、実施例2では、共に、発光層として機能する層を形成した後、電子を発生する層を形成し、さらにその後正孔を発生する層を形成しているが、本発明の発光素子の作製方法はこれに限定されるものではない。例えば、正孔を発生する層を形成した後、電子を発生する層を形成し、さらにその後発光層として機能する層を含む層を形成しても構わない。

【実施例3】

【0155】

本実施例では実施例1とは異なる材料を用いた本発明の発光素子の測定データを示す。

【0156】

まず、本実施例における発光素子の作製方法について説明する。本実施例における発光素子は実施の形態1に示した発光素子の構造に準拠する。本実施例では絶縁物100としてガラス基板を使用した。当該ガラス基板上にケイ素を含有するITOをスパッタリング法により成膜し、陽極101を形成した。陽極101の膜厚は110nmとなるように成膜した。

【0157】

続いて、陽極101の上にモリブデン酸化物とDNTPDを共蒸着することによって、モリブデン酸化物とDNTPDよりなる第1の正孔を発生する層102を形成した。ここで第1の正孔を発生する層102の膜厚は50nmとなるようにした。DNTPDとモリブデン酸化物の質量比は4:2となるように蒸着した。 30

【0158】

次に第1の正孔を発生する層102の上に発光層104を形成した。発光層104は3層構造とし、第1の正孔を発生する層102側から正孔輸送層、発光物質が分散された層、電子輸送層の順で形成した。正孔輸送層は、NPDを真空蒸着法により膜厚10nmとなるように形成し、発光物質が分散された層はAlq₃とクマリン6を共蒸着法により成膜することでAlq₃とクマリン6を含む層を膜厚35nmとなるように形成し、電子輸送層はAlq₃のみを真空蒸着法により膜厚10nmとなるように形成した。尚、発光物質が分散された層はAlq₃とクマリン6の割合が、質量比で1:0.005となるように調節した。 40

【0159】

続いて、発光層104上にAlq₃とリチウムとを共蒸着することによって、Alq₃とリチウムとよりなる電子を発生する層105を膜厚10nmとなるように形成した。なお、Alq₃とリチウムとの質量比は1:0.01となるように調節した。

【0160】

次に、電子を発生する層105上に、モリブデン酸化物とDNTPDを共蒸着することによって、モリブデン酸化物とDNTPDよりなる第2の正孔を発生する層103を形成した。ここで第1の正孔を発生する層102の膜厚は20nmとなるようにした。また、 50

D N T P Dとモリブデン酸化物の質量比は4 : 2となるようにした。

【0161】

第2の正孔を発生する層103上にはアルミニウムによる陰極106を形成した。膜厚は100nmとした。

【0162】

記構成を有する本発明の発光素子は、電圧をかけると、第2の正孔を発生する層103より第2の電極に正孔が注入される。また、電子を発生する層105より電子が発光層104に注入される。さらに、第1の正孔を発生する層102より発光層104に正孔が注入され、発光層において注入された電子と正孔が再結合し、クマリン6から発光が得られる。

10

【0163】

このように作製した本実施例の発光素子の電圧 - 輝度特性を図20に、電圧 - 電流特性を図21に示す。図20において横軸は電圧(V)、縦軸は輝度(cd/m^2)を表す。また、図21において横軸は電圧(V)、縦軸は電流(mA)を表す。

【0164】

このように、本実施例における発光素子は、良好な特性を示す。

【0165】

なお、本実施例において正孔を発生する層として用いたD N T P Dとモリブデン酸化物よりなる複合材料の吸収スペクトルを図23(A)に示す。なお、図23(B)はD N T P Dのみの吸収スペクトル、図23(C)はモリブデン酸化物のみの吸収スペクトルである。図から分かるように、D N T P Dとモリブデン酸化物よりなる複合材料の吸収スペクトルには、D N T P Dのみ、及びモリブデン酸化物のみでは現れないピークが現れていることが分かる。これはD N T P Dとモリブデン酸化物が相互作用することによって正孔が発生していることを示すものと考えられる。

20

【実施例4】

【0166】

本実施例では、正孔を発生する層の膜厚を変化させることによって、発光の視野角依存性や発光スペクトルを制御する、いわゆる発光素子の光学設計について図24、図25を参照しながら説明する。

【0167】

まず、本実施例における発光素子の作製方法について説明する。本実施例における発光素子は実施の形態1に示した発光素子の構造に準拠する。本実施例では絶縁物100としてガラス基板を使用した。当該ガラス基板上にケイ素を含有するITOをスパッタリング法により成膜し、陽極101を形成した。陽極101の膜厚は110nmとなるように成膜した。

30

【0168】

続いて、陽極101の上にモリブデン酸化物とNPDを共蒸着することによって、モリブデン酸化物とNPDよりなる第1の正孔を発生する層102を形成した。ここで第1の正孔を発生する層102の膜厚は50nmとなるようにした。NPDとモリブデン酸化物の質量比は4 : 1となるように蒸着した。

40

【0169】

次に第1の正孔を発生する層102の上に発光層104を形成した。発光層104は3層構造とし、第1の正孔を発生する層102側から正孔輸送層、発光物質が分散された層、電子輸送層の順で形成した。正孔輸送層は、NPDを真空蒸着法により膜厚10nmとなるように形成し、発光物質が分散された層はAlq₃とクマリン6を共蒸着法により成膜することでAlq₃とクマリン6を含む層を膜厚40nmとなるように形成し、電子輸送層はAlq₃のみを真空蒸着法により膜厚10nmとなるように形成した。尚、発光物質が分散された層はAlq₃とクマリン6の割合が、質量比で1 : 0.01となるように調節した。

【0170】

50

続いて、発光層 104 上に Alq₃ とリチウムとを共蒸着することによって、Alq₃ とリチウムとよりなる電子を発生する層 105 を膜厚 10 nm となるように形成した。なお、Alq₃ とリチウムとの質量比は 1 : 0.01 となるように調節した。

【0171】

次に、電子を発生する層 105 上に、モリブデン酸化物と NPD を共蒸着することによって、モリブデン酸化物と NPD よりなる第 2 の正孔を発生する層 103 を形成した。また、NPD とモリブデン酸化物の質量比は 4 : 2 となるようにした。

【0172】

第 2 の正孔を発生する層 103 上にはアルミニウムによる陰極 106 を形成した。膜厚は 100 nm とした。

【0173】

記構成を有する本発明の発光素子は、電圧をかけると、第 2 の正孔を発生する層 103 より第 2 の電極に正孔が注入される。また、電子を発生する層 105 より電子が発光層 104 に注入される。さらに、第 1 の正孔を発生する層 102 より発光層 104 に正孔が注入され、発光層において注入された電子と正孔が再結合し、クマリン 6 から発光が得られる。

【0174】

本実施例では、発光素子を形成したガラス基板側に、発光素子からの発光を取り出す構造とし、陰極 106 は反射電極として機能する。また、第 2 の正孔を発生する層 103 の膜厚を変化させることによって反射電極で反射されて戻ってくる光の光路長を調節した。これにより、反射電極で反射されてからガラス基板方向に射出する光と、発光素子から直接射出する光との干渉状態が変化する。

【0175】

図 24 は発光物質が分散された層から反射電極までの光学的距離を、第 2 の正孔を発生する層 105 の膜厚を変化させることによって変化させた場合の当該光学的距離と電流効率との関係を表すグラフである。このように、発光物質が分散された層から反射電極までの光学的距離が変化するによって発光効率が周期的に変化することが分かり、当該光学的距離を調節することによって発光効率を高めたり、逆に抑えたりすることが可能である。

【0176】

図 25 は、第 2 の正孔を発生する層 105 の膜厚を 140 nm から 280 nm の間で変化させた場合の発光スペクトルの変化を表したグラフである。なお、第 2 の正孔を発生する層 105 の膜厚は素子 1 が 140 nm、素子 2 が 160 nm、素子 3 が 180 nm、素子 4 が 200 nm、素子 5 が 220 nm、素子 6 が 240 nm、素子 7 が 260 nm、素子 8 が 280 nm である。グラフから、第 2 の正孔を発生する層 105 の膜厚を変化させることで発光物質が分散された層から反射電極までの光学的距離を変化させることによって、発光の最大波長も、スペクトル形状も変化する事がわかる。このことから、当該光学的距離を調節することによって発光素子から射出する光の色や色純度を都合のよいように制御することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0177】

【図 1】本発明の発光素子を表す図。

【図 2】本発明の発光素子を表す図。

【図 3】本発明の発光素子を表す図。

【図 4】本発明の発光素子を表す図。

【図 5】本発明の薄膜発光素子の作成工程を表す図。

【図 6】本発明の薄膜発光素子の作成工程を表す図。

【図 7】本発明の表示装置の構成を例示した図。

【図 8】本発明の発光装置の上面図及び断面図。

【図 9】本発明が適用可能な電子機器の例示した図。

10

20

30

40

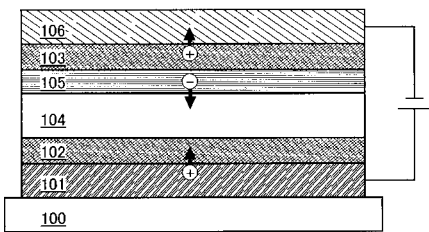
50

- 【図10】本発明の表示装置の構成を例示した図。
- 【図11】本発明の表示装置の画素回路一例を示す図。
- 【図12】本発明の表示装置の保護回路の一例を示す図。
- 【図13】実施例1の素子の電圧 - 輝度特性を示すグラフ。
- 【図14】実施例1の素子の電圧 - 電流特性を示すグラフ。
- 【図15】実施例2の素子の電圧 - 輝度特性を示すグラフ。
- 【図16】実施例2の素子の電流密度 - 輝度特性を示すグラフ。
- 【図17】実施例2の素子の電圧 - 電流特性を示すグラフ。
- 【図18】実施例2の素子の経時電圧変化を示すグラフ。
- 【図19】実施例2の素子の経時輝度変化を示すグラフ。 10
- 【図20】実施例3の素子の電圧 - 輝度特性を示すグラフ。
- 【図21】実施例3の素子の電圧 - 電流特性を示すグラフ。
- 【図22】 NPDとモリブデン酸化物よりなる複合材料の吸収スペクトル。
- 【図23】 DNTPDとモリブデン酸化物よりなる複合材料の吸収スペクトル。
- 【図24】光学的距離と電流効率の関係を示すグラフ。
- 【図25】光学的距離と発光のスペクトル形状を示すグラフ。
- 【符号の説明】
- 【0178】
- 100 絶縁物
- 101 陽極 20
- 102 層
- 103 層
- 104 発光層
- 105 層
- 106 陰極
- 107 正孔注入層
- 50 基板
- 51a 下地絶縁層
- 51b 下地絶縁層
- 52 半導体層 30
- 53 ゲート絶縁層
- 54 ゲート電極
- 59 絶縁膜（水素化膜）
- 60 層間絶縁層
- 61a 接続部
- 61b 配線
- 63 層間絶縁層
- 65 隔壁
- 66 発光積層体
- 70 薄膜トランジスタ 40
- 88 樹脂
- 89 乾燥剤
- 90 偏光板
- 91 保護フィルム
- 93 発光素子
- 94 対向基板
- 900 層間絶縁層
- 901 薄膜トランジスタ
- 4001 基板
- 4002 画素部 50

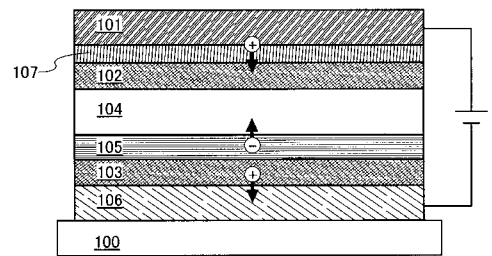
4 0 0 3	信号線駆動回路	
4 0 0 4	走査線駆動回路	
4 0 0 5	シール材	
4 0 0 6	対向基板	
4 0 0 7	充填材	
4 0 0 8	薄膜トランジスタ	
4 0 1 0	薄膜トランジスタ	
4 0 1 1	発光素子	
4 0 1 4	配線	
4 0 1 5 a	配線	10
4 0 1 5 b	配線	
4 0 1 6	接続端子	
4 0 1 8	フレキシブルプリントサーキット (F P C)	
4 0 1 9	異方性導電膜	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 3	表示部	
2 0 0 4	スピーカ部	
2 1 0 1	本体	
2 1 0 2	筐体	
2 1 0 3	表示部	20
2 1 0 4	音声入力部	
2 1 0 5	音声出力部	
2 1 0 6	操作キー	
2 1 0 8	アンテナ	
2 2 0 1	本体	
2 2 0 2	筐体	
2 2 0 3	表示部	
2 2 0 4	キーボード	
2 2 0 5	外部接続ポート	
2 2 0 6	ポインティングマウス	30
2 3 0 1	本体	
2 3 0 2	表示部	
2 3 0 3	スイッチ	
2 3 0 4	操作キー	
2 3 0 5	赤外線ポート	
2 4 0 1	筐体	
2 4 0 2	表示部	
2 4 0 3	スピーカ部	
2 4 0 4	操作キー	
2 4 0 5	記録媒体挿入部	40
1 4 0 1	スイッチング用 T F T	
1 4 0 2	容量素子	
1 4 0 3	駆動用 T F T	
1 4 0 4	電流制御用 T F T	
1 4 0 5	発光素子	
1 4 0 6	T F T	
1 4 1 0	信号線	
1 4 1 1	電源線	
1 4 1 2	電源線	
1 4 1 4	走査線	50

- 1 4 1 5 走査線
- 1 5 0 0 画素部
- 1 5 6 1 ダイオード
- 1 5 5 4 共通電位線

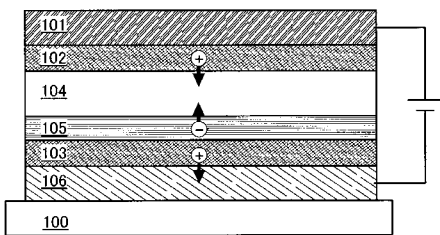
【 図 1 】



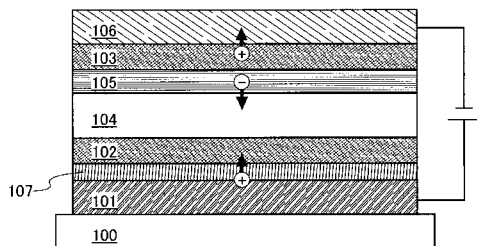
【 図 4 】



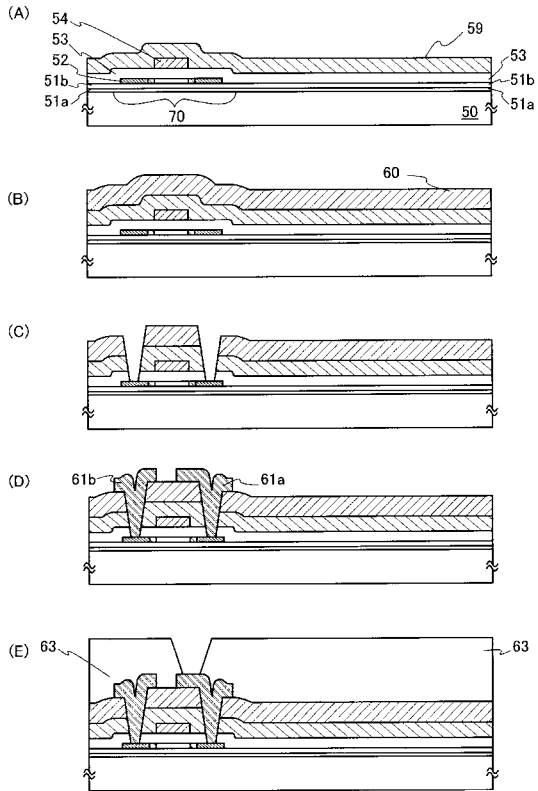
【 図 2 】



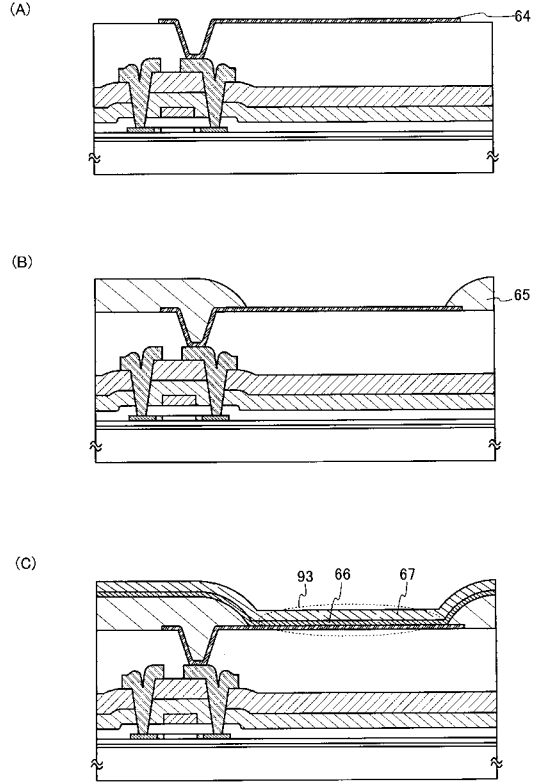
【 図 3 】



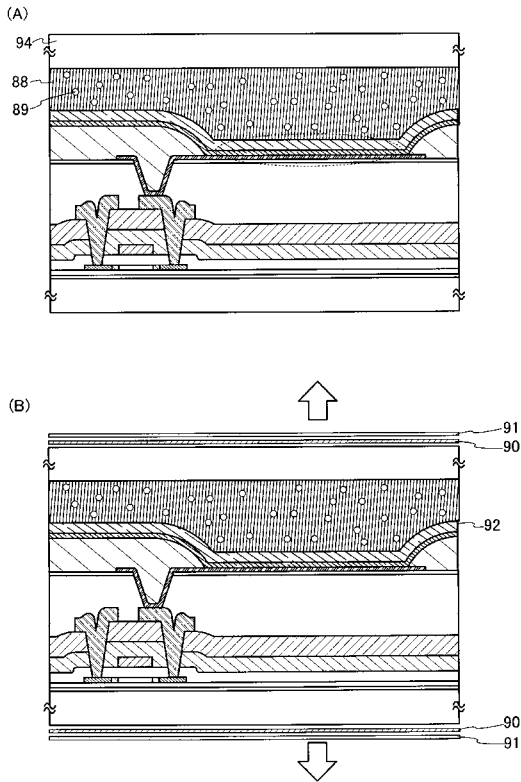
【 図 5 】



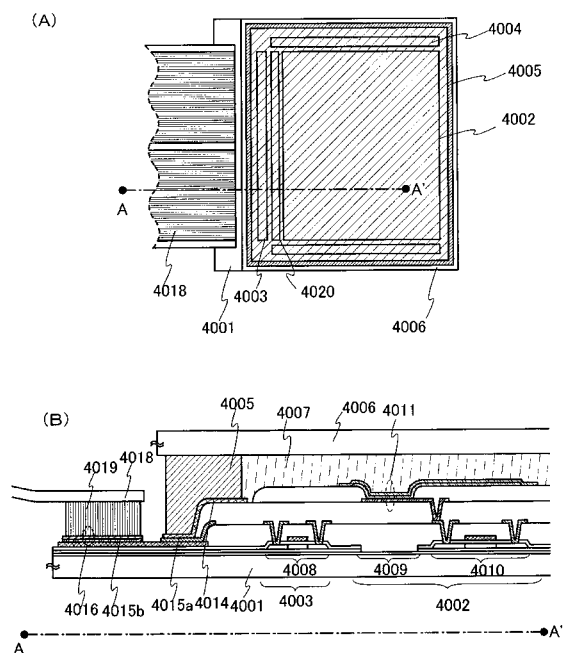
【 図 6 】



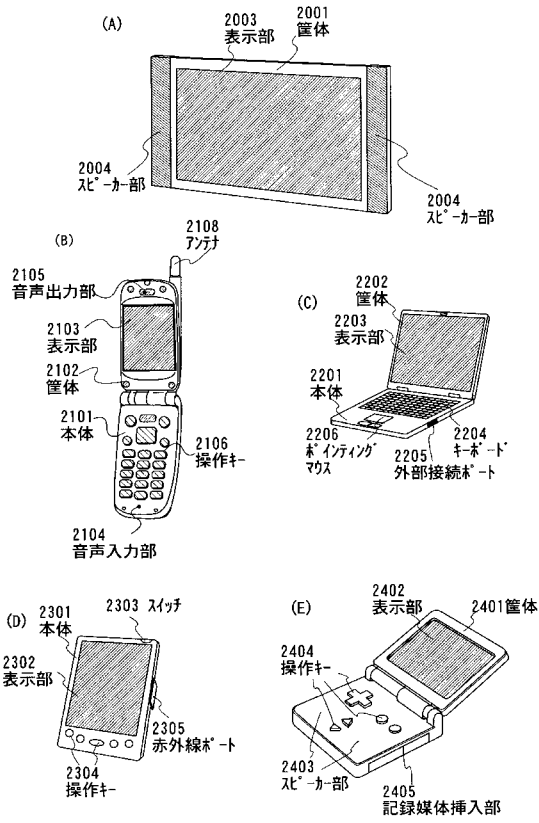
【 図 7 】



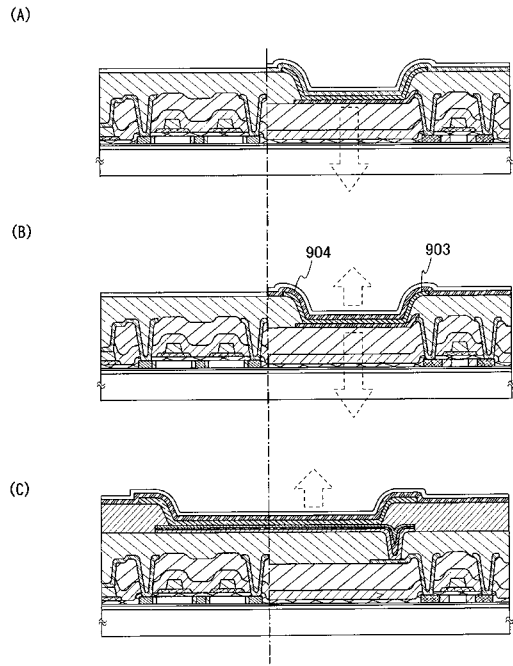
【 図 8 】



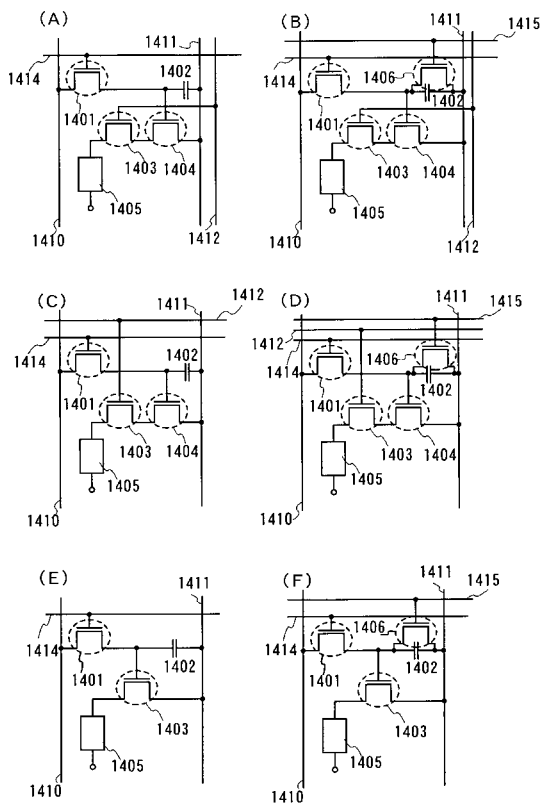
【 図 9 】



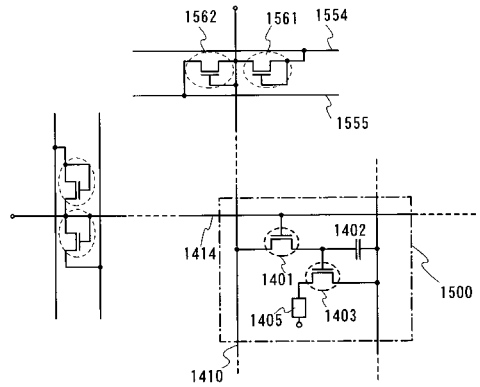
【 図 10 】



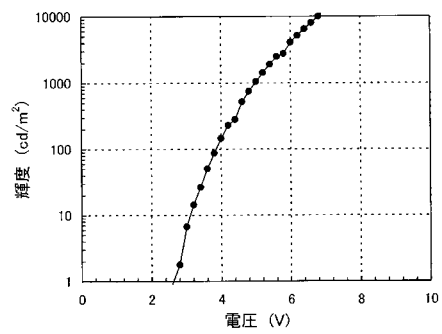
【 図 11 】



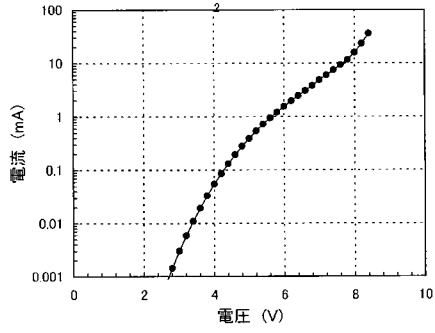
【 図 12 】



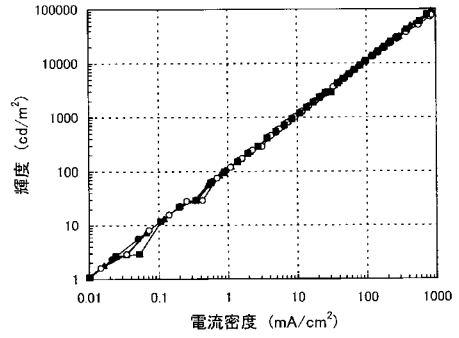
【 図 13 】



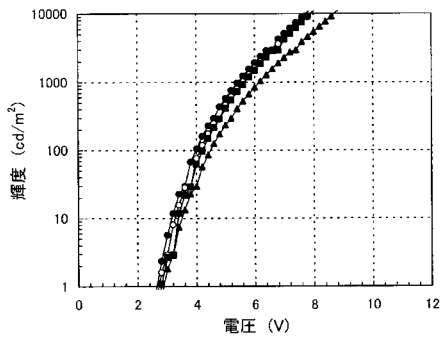
【 図 1 4 】



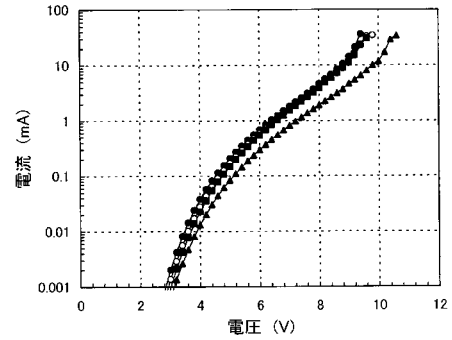
【 図 1 6 】



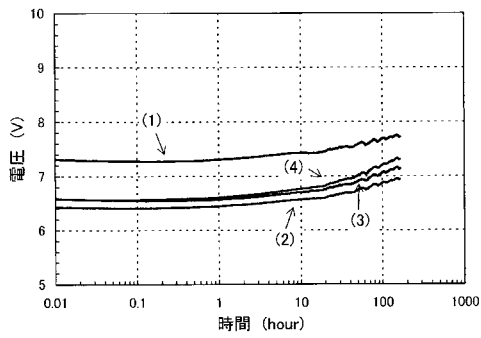
【 図 1 5 】



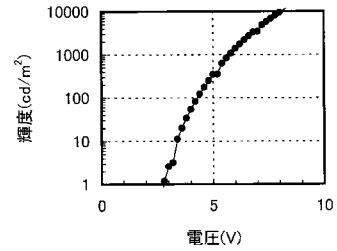
【 図 1 7 】



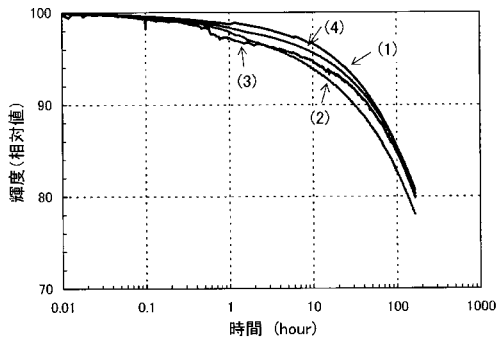
【 図 1 8 】



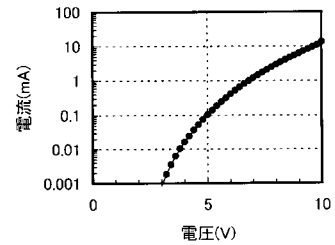
【 図 2 0 】



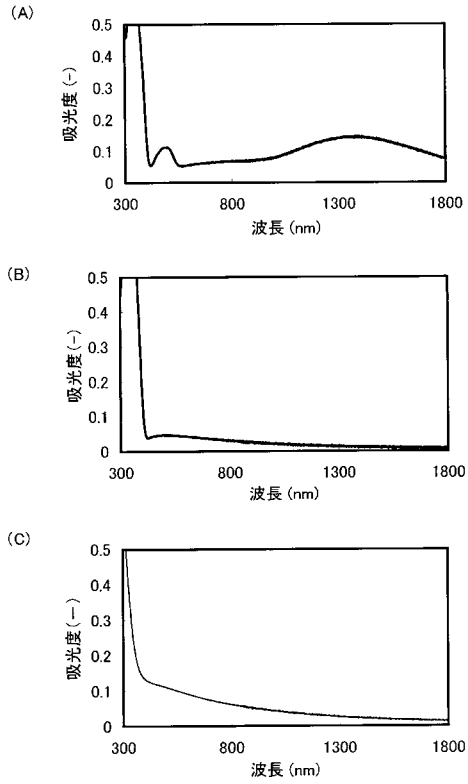
【 図 1 9 】



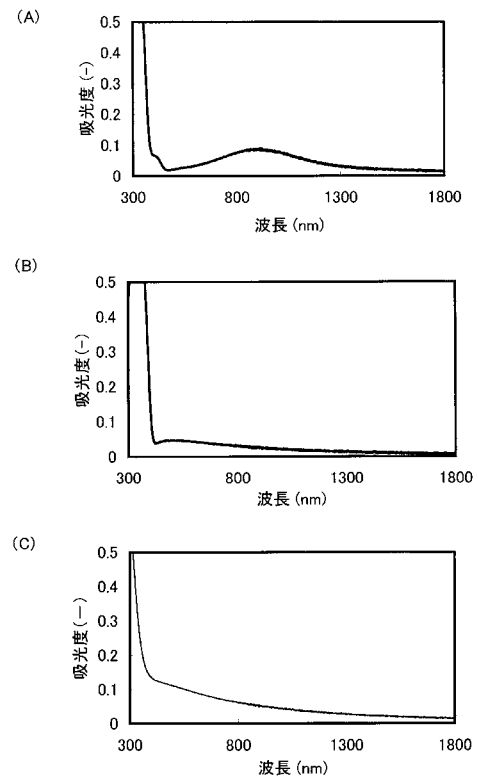
【 図 2 1 】



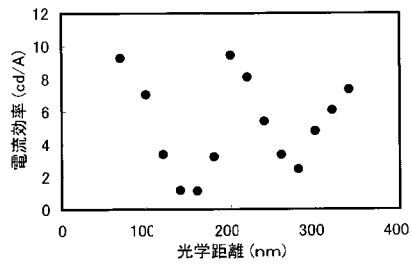
【 図 2 2 】



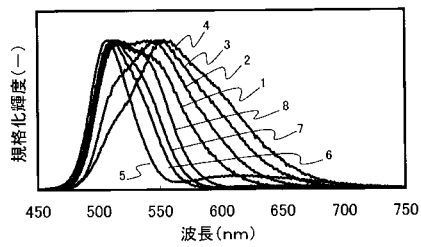
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



专利名称(译)	发光装置，显示装置和电子装置		
公开(公告)号	JP2006074022A	公开(公告)日	2006-03-16
申请号	JP2005225832	申请日	2005-08-03
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
申请(专利权)人(译)	半导体能源研究所有限公司		
[标]发明人	熊木大介 瀬尾哲史		
发明人	熊木 大介 瀬尾 哲史		
IPC分类号	H01L51/50		
FI分类号	H05B33/14.A H05B33/22.A H05B33/22.C		
F-TERM分类号	3K007/AB06 3K007/AB11 3K007/DB03 3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC12 3K107/CC21 3K107/DD72 3K107/DD74 3K107/DD76 3K107/DD78 3K107/DD84 3K107/DD85		
优先权	2004227734 2004-08-04 JP		
其他公开文献	JP4684042B2 JP2006074022A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的目的是提供一种具有能够提供较低驱动电压的结构的发光元件。本发明的另一个目的是提供一种发光元件，该发光元件具有驱动电压随时间的增加较小的结构。本发明的另一个目的是提供一种能够长期使用的显示装置，其中驱动电压和驱动电压随时间的升高较小。与发光元件的电极接触的层是空穴产生层，例如含有P型半导体的层或含有电子接受性物质的有机化合物层，并且发光层是空穴产生层。在发光层和阴极侧的空穴产生层之间形成产生电子的层。[选型图]图1

