

(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2012-204103
(P2012-204103A)

(43) 公開日 平成24年10月22日(2012. 10. 22)

(51) Int.Cl.
H05B 33/02 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)

F I
H05B 33/02
H05B 33/14

テーマコード (参考)
3K107
A

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-66662 (P2011-66662)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成23年3月24日 (2011. 3. 24)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100159651
			弁理士 高倉 成男
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

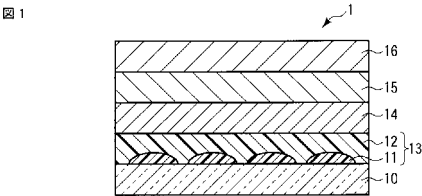
(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子、表示装置および照明装置

(57) 【要約】

【課題】 光取出し効率の向上した有機電界発光素子、ならびにそれを用いた表示装置および照明装置を提供する。

【解決手段】 実施形態によれば、透光性基板10と、前記基板10の一方の面に網目状に配置され、前記基板10に対して鋭角である傾斜面を有する凸状構造体11と、前記凸状構造体11上に配置された平坦化層12とを具備する光取出し層13と、前記光取出し層13上に配置された第1の電極14と、前記第1の電極14上に配置され、ホスト材料および発光ドーパントを含む発光層15と、前記発光層15上に配置された第2の電極16とを具備する有機電界発光素子1が提供される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透光性基板と、

前記基板の一方の面に網目状に配置され、前記基板に対して鋭角である傾斜面を有する凸状構造体と、前記凸状構造体上に配置された平坦化層とを具備する光取出し層と、

前記光取出し層上に配置された第 1 の電極と、

前記第 1 の電極上に配置され、ホスト材料および発光ドーパントを含む発光層と、

前記発光層上に配置された第 2 の電極と

を具備する有機電界発光素子であって、

前記平坦化層の屈折率は、前記第 1 の電極の屈折率とほぼ同じであるか、または前記第 1 の電極の屈折率より大きく、

前記凸状構造体の屈折率は、前記平坦化層の屈折率より小さいことを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 2】

前記凸状構造体の屈折率は、前記基板の屈折率とほぼ同じであるか、または前記基板の屈折率より小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 3】

前記凸状構造体は、前記基板上に格子状に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 4】

前記凸状構造体は、底面が前記基板と接し、前記平坦化層と接する面がアーチ形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 5】

前記光取出し層を複数積層したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 6】

透光性基板と、

前記基板の一方の面に互いに離間して配置され、前記基板と反対側に向かって凸形状である複数のレンズ部材と、前記レンズ部材上に配置された平坦化層とを具備する光取出し層と、

前記光取出し層上に配置された第 1 の電極と、

前記第 1 の電極上に配置され、ホスト材料および発光ドーパントを含む発光層と、

前記発光層上に配置された第 2 の電極と

を具備する有機電界発光素子であって、

前記平坦化層の屈折率は、前記第 1 の電極の屈折率とほぼ同じであるか、または前記第 1 の電極の屈折率より大きく、

前記凸状構造体の屈折率は、前記平坦化層の屈折率より小さいことを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 7】

前記レンズ部材の屈折率は、前記基板の屈折率とほぼ同じであるか、または前記基板の屈折率より大きいことを特徴とする請求項 6 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 8】

前記光取出し層を複数積層したことを特徴とする請求項 6 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 9】

請求項 1 または 6 に記載の有機電界発光素子を具備することを特徴とする表示装置。

【請求項 10】

請求項 1 または 6 に記載の有機電界発光素子を具備することを特徴とする照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、有機電界発光素子ならびにそれを用いた表示装置および照明装置

に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、平面光源などの用途に有機電界発光素子（以下、有機EL素子とも称する）が注目されている。有機電界発光素子は、有機材料からなる発光層を陰極と陽極の一对の電極で挟んだ構成を有する。素子に電圧を印加すると、陰極より電子が、陽極より正孔が発光層へ注入され、発光層において電子と正孔が再結合して励起子を生成し、この励起子が放射失活する際に発光が得られる。

【0003】

しかしながら、陽極と基板、基板と空気層のように隣接する層の屈折率が異なるために、その界面で光が反射し、発光層内で発生した光を効率よく外部へ取り出せないという問題がある。通常の有機電界発光素子では、発光層内で発生した光のうち、素子外部に取り出すことができる光は約20%、基板には到達するが基板から取り出すことができない光は約30%、基板に到達できず発光層や電極に閉じ込められる光は約50%である。

【0004】

有機EL素子の発光効率を向上させるために、発光層や電極に閉じ込められている光を効率よく外部に取り出すための種々の工夫がなされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4073510号公報

【特許文献2】特開2010-157424号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Physical Review B 58, 3730 (1998)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、光取出し効率の向上した有機電界発光素子、ならびにそれを用いた表示装置および照明装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を達成するために、実施形態によれば、透光性基板と、前記基板の一方の面に網目状に配置され、前記基板に対して鋭角である傾斜面を有する凸状構造体と、前記凸状構造体上に配置された平坦化層とを具備する光取出し層と、前記光取出し層上に配置された第1の電極と、前記第1の電極上に配置され、ホスト材料および発光ドーパントを含む発光層と、前記発光層上に配置された第2の電極とを具備する有機電界発光素子が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る有機電界発光素子を示す断面図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に係る有機電界発光素子における凸状構造体を示す平面図である。

【図3】図3は、第1の実施形態に係る有機電界発光素子における凸状構造体を示す平面図である。

【図4】図4は、図1における凸状構造体の一部を示す拡大断面図である。

【図5】図5は、第1の実施形態に係る有機電界発光素子の一態様を示す断面図である。

【図6】図6は、第2の実施形態に係る有機電界発光素子における凸状構造体を示す平面図である。

【図7】図7は、第3の実施形態に係る有機電界発光素子を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 は、第 3 の実施形態に係る有機電界発光素子の変形例を示す断面図である。

【図 9】図 9 は、実施形態に係る表示装置を示す回路図である。

【図 10】図 10 は、実施形態に係る照明装置を示す断面図である。

【図 11】図 11 は、実施例 1-1 に係る有機 EL 素子における凸状構造体の SEM 像を示す写真図である。

【図 12】図 12 は、図 11 に示す凸状構造体の直線 X-X に沿った拡大断面図である。

【図 13】図 13 は、実施例 2-1 に係る有機 EL 素子における凸状構造体の SEM 像を示す写真図である。

【図 14】図 14 は、実施例 3-1 に係る有機 EL 素子における凸状構造体の SEM 像を示す写真図である。

10

【図 15】図 15 は、実施例 4-1 に係る有機 EL 素子における凸状構造体の SEM 像を示す写真図である。

【図 16】図 16 は、実施例 1-2、比較例 1 および比較例 2 に係る有機 EL 素子の外部量子効率を示す図である。

【図 17】図 17 は、実施例 1-2、比較例 1 および比較例 2 に係る有機 EL 素子の外部量子効率を示す図である。

【図 18】図 18 は、実施例 3-2、比較例 1 および比較例 2 に係る有機 EL 素子の外部量子効率を示す図である。

【図 19】図 19 は、実施例 4-2、比較例 1 および比較例 2 に係る有機 EL 素子の外部量子効率を示す図である。

20

【図 20】図 20 は、試験例 3 におけるシミュレーション結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0011】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係る有機電界発光素子を示す断面図である。

有機電界発光素子 1 は、基板 10 上に、光取出し層 13、第 1 の電極 14、発光層 15 および第 2 の電極 16 を順次形成した構造を有する。光取出し層 13 は、基板 10 の一方の面に配置された凸状構造体 11 と、凸状構造体 11 上に配置された平坦化層 12 とを具備する。

30

【0012】

図 1 に示すように、第 1 の電極 14 と基板 10 の間に、第 1 の電極 14 と同等またはそれ以上の屈折率を有する平坦化層 12 を設けることにより、発光層 15 で発生した光が第 1 の電極 14 と平坦化層 12 の界面で全反射する確率が低くなる。従って、第 1 の電極 14 と平坦化層 12 の界面で反射することなく平坦化層 12 側へ進む光の割合が増大する。第 1 の電極 14 から平坦化層 12 内へと伝播した光は、平坦化層 12 と基板 10 の界面に向かって進む。ここで、基板 10 上に凸状構造体 11 を設けることにより、平坦化層 12 と基板 10 の界面における光の全反射の確率を低下させることができる。また、凸状構造体 11 の屈折率を平坦化層 12 の屈折率より小さくすることにより、凸状構造体 11 表面に到達した光が基板 10 側へ屈折する確率を高めることができる。

40

【0013】

光取出し層 13 は、第 1 の電極 14 から基板 10 側へ光を効率的に取り出すための層であり、基板 10 上に配置された凸状構造体 11 と、凸状構造体 11 上に配置された平坦化層 12 とを含む。

【0014】

平坦化層 12 は、第 1 の電極 14 と第 2 の電極 16 および発光層 14 をその上に積層するために、凸状構造体 11 により形成される凹凸を埋めて平坦な面を得るための部材である。凸状構造体 11 の上に、上面が平坦である平坦化層 12 を設けることにより、その上に形成される第 1 の電極 14 と第 2 の電極 16 および発光層 14 の平面方向の厚みを均一

50

にすることができる。発光層 1 4 の厚さが均一でなく凹凸があると、素子に輝度ムラが生じ易くなるため、第 1 の電極 1 4 と第 2 の電極 1 6 および発光層 1 4 は、平坦な面の上に形成することが好ましい。さらに、平坦化層 1 2 は、第 1 の電極 1 4 と基板 1 0 との間の距離を、光を効率的に取り出すために好ましい距離に調節する役割も有している。

【0015】

平坦化層 1 2 の屈折率は、第 1 の電極 1 4 の屈折率とほぼ同じであるかそれ以上であればよい。第 1 の電極 1 4 から平坦化層 1 2 へ光をより効率的に取り出すために、平坦化層 1 2 は、第 1 の電極 1 4 とほぼ同じ屈折率を有することが好ましい。すなわち、第 1 の電極 1 4 と平坦化層 1 2 の屈折率は±0.3 程度の範囲内にあることが好ましく、同一であることが特に好ましい。平坦化層 1 2 の屈折率が第 1 の電極 1 4 の屈折率よりもある程度以上小さいと、第 1 の電極 1 4 からの光が第 1 の電極 1 4 と平坦化層 1 2 の界面で全反射したり、基板から離れる方向に屈折する確率が高くなり、基板側への光取出し効率が低くなる。それに対して、第 1 の電極 1 4 と平坦化層 1 2 の屈折率を同程度にすることにより、第 1 の電極 1 4 からの光は、第 1 の電極 1 4 と平坦化層 1 2 の界面を直進する可能性が高まる。また、平坦化層 1 2 の屈折率を第 1 の電極 1 4 の屈折率よりも大きくすることにより、基板 1 0 側へ光を屈折させることができる。これらの結果として、基板側への光の取出し効率を向上させることができる。

【0016】

凸状構造体 1 1 は、第 1 の電極 1 4 から平坦化層 1 2 へ入った光が平坦化層 1 2 と基板 1 0 の界面で全反射するのを防ぎ、凸状構造体 1 1 表面に到達した光を基板側へ屈折させるための部材である。第 1 の実施形態において、凸状構造体 1 1 は、基板 1 0 上に網目状に配置される。

【0017】

図 2 および図 3 は、第 1 の実施形態における凸状構造体 1 1 の平面図である。図 2 および図 3 では、基板 1 0 上に凸状構造体 1 1 が格子状に配置されており、特に、図 2 では三角格子状、図 3 では正方格子状に配置されている。凸状構造体 1 1 の形状は、格子状でなくてもよく、凹部 3 0 がランダムな位置に形成されるような網目構造であってもよい。凹部 3 0 は、その窪みにより凸状構造体 1 1 が網目構造となるような形状であればよく、その形状は半球状に限られない。凹部 3 0 の底面は、基板 1 0 まで達していても、そうでなくてもよく、底面の形状も特に限定されない。

【0018】

凸状構造体 1 1 は、基板 1 0 に対して鋭角になるような傾斜面を有するように基板 1 0 上に形成する。傾斜面が基板 1 0 に対して鋭角であるとは、例えば、図 4 に示すように、凸状構造体 1 1 のへり部分の傾斜面が基板 1 0 に対して形成する角度 θ が鋭角であることを意味する。凸状構造体 1 1 の形状は、基板 1 0 に対して鋭角である傾斜面が、凸状構造体 1 1 における平坦化層 1 2 と接する面の一部にあればよく、図 4 に示すような形状に限定されるものではない。凸状構造体 1 1 が基板 1 0 に対して鋭角である傾斜面を有することにより、凸状構造体 1 1 の表面に達した光がその表面で全反射する確率が低くなり、光が基板 1 0 側へ屈折する確率を高めることができる。

【0019】

網目状に配置された凸状構造体 1 1 の長手方向に垂直な断面の形状は特に限定されないが、例えば、半円、三角形等が挙げられる。図 4 に示すように、底面 1 1 a が基板 1 0 に接し、平坦化層に接する面 1 1 b がアーチ形状であることが特に好ましい。

【0020】

凸状構造体 1 1 の上面が基板 1 0 に対して平行な面であると、凸状構造体 1 1 の表面に到達した光を基板 1 0 側へ屈折させることができない。それに対して、凸状構造体 1 1 の上面 1 1 b をアーチ形状にすることにより、凸状構造体 1 1 の表面に到達した光が基板 1 0 側へ屈折する確率を高めることができる。

【0021】

凸状構造体 1 1 に到達した光を基板 1 0 側へ効率的に屈折させるために、凸状構造体 1

10

20

30

40

50

1の屈折率が、平坦化層12の屈折率よりも小さくなるようにする。屈折率をこのような関係にした場合であっても、光の入射方向によっては凸状構造体11の表面で反射する光も存在する。しかし、反射した光の一部は反射を繰り返して再び凸状構造体11の表面に戻ってくるため、戻ってきた光を最終的に基板10側へ屈折させることにより、そのような光も基板10側へ取り出すことができる。

【0022】

凸状構造体11は、基板10と同程度か、それ以下の屈折率を有していることが好ましい。凸状構造体11から基板10へ光を効率的に取り出すために、凸状構造体11の屈折率は、基板10の屈折率とほぼ同じであることがより好ましい。すなわち、凸状構造体11の屈折率と基板10の屈折率は、 ± 0.2 程度の範囲内にあることが好ましく、同一であることが特に好ましい。凸状構造体11の屈折率が基板10の屈折率よりもある程度以上高いと、凸状構造体11からの光が凸状構造体11と基板10の界面で全反射したり、基板から離れる方向に屈折する確率が高くなり、基板側への光取出し効率が低くなる。それに対して、凸状構造体11と基板10の屈折率を同程度にすることにより、凸状構造体11からの光は、凸状構造体11と基板10の界面で屈折せずに直進する。また、凸状構造体11の屈折率を基板10の屈折率よりも低くすることにより、基板10側へ光を効率的に屈折させることができる。これらの結果として、基板10側への光の取出し効率を向上させることができる。

【0023】

凸状構造体11の材料は、透光性材料であれば特に限定されるものではないが、例えば、ポリエステル、ポリイミド、エポキシ等の透明性樹脂材料が挙げられる。凸状構造体11は、上述したような樹脂材料を基板10上に成膜した後、フォトリソグラフィ等のパターン形成技術を用いて所望の凹凸パターンを形成することにより、基板10上に設けることができる。樹脂材料の成膜方法としては、例えば塗布法が挙げられ、基板10表面に材料をコーティングした後で加熱し、固化することにより成膜することができる。

【0024】

平坦化層12の材料は、透光性であり、且つ実質的に平坦な面が得られる材料であれば、特に限定されるものではない。具体的には、例えば、ポリエステル、ポリイミド、エポキシ等の透明性樹脂材料を使用することができるが、凸状構造体11とは異なる材料を使用する。平坦化層12の成膜方法としては、例えば塗布法が挙げられ、凸状構造体11が形成された基板10表面に材料をコーティングした後で加熱し、固化することにより成膜することができる。

【0025】

従来の構造においては、第1の電極と基板の界面において光が全反射する確率が高く、光を基板側へ効率的に取り出すことができないという問題があった。しかし、上記実施形態のように、第1の電極14と基板10の間に光取出し層13を設けることにより、そのような光の全反射の問題を解決することができ、より多くの光を基板10側へ取り出すことができる。その結果として、素子外部への光取出し効率が向上した有機EL素子を得ることができる。

【0026】

また、本実施形態における凸状構造体11は、リソグラフィ法を用いたパターン形成等により比較的容易に形成することができる。平坦化層12も塗布法等により形成することが可能であるため、本実施形態の有機EL素子は、素子全体として作製プロセスが容易であるという利点も有する。

【0027】

上記先行技術文献において挙げた特許文献1には、レンズの凸部が光取出し側を向くように、集光レンズを透光性基板中に配置した有機EL素子が開示されている。特許文献1に記載の有機EL素子は、集光レンズを透光性基板中に形成することにより、集光レンズの光軸に平行な光をより多く基板に取り出そうとするものである。その結果として、光取出し効率が向上し、正面から見たときの輝度が高い有機EL素子を得られる旨記載してい

10

20

30

40

50

る。しかし、このような構成によると、集光レンズの光軸に平行な光を取り出すことはできるが、集光レンズの光軸に平行でない光は、陽極と基板の間で全反射する確率が高いため、十分に基板側に取り出すことはできない。

【0028】

それに対して本実施形態の有機EL素子によると、上記のような凸状構造体11を基板10上に設けることにより、基板10に対して垂直でない光であっても、凸状構造体11表面で屈折させて基板10側へ取り出すことが可能である。

【0029】

基板10は、透光性基板であり、発光層15からの発光に対しておよそ80%以上の高い透過性を有する物質から形成される。基板10は、その他の部材を支持するためのものであるため、その上に形成される層を保持できる程度の強度を有することが好ましい。基板10の材料の具体的な例としては、透明または半透明の石英ガラス、アルカリガラスおよび無アルカリガラス等の透明ガラス、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリエート、ポリプロピレン、ポリエチレン、非晶質ポリオレフィンおよびフッ素系樹脂等の透明樹脂からなる高分子フィルム、ならびに透明セラミックスが挙げられる。基板10の形状、構造、大きさ等について特に制限はなく、用途、目的等に応じて適宜選択することができる。基板10の厚さは、その他の部材を支持するために十分な強度があれば、特に限定されない。

【0030】

第1の電極14および第2の電極16は、一对の電極であり、一方が陽極であって他方が陰極である。ここでは、第1の電極14が陽極であり、第2の電極16が陰極であるものとして説明するが、これらは逆であってもよい。

【0031】

陽極は、正孔を効率よく発光層に注入するための部材であり、導電性および透光性を有する。陽極の材料の具体的な例としては、インジウムスズ酸化物（ITO）および酸化亜鉛（ZnO）等の金属酸化物、PEDOTおよびポリピロール等の導電性高分子、カーボンナノチューブのような、導電性と透光性を併せ持つ材料が挙げられる。陽極は、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、メッキ法、塗布法等で成膜することができる。

【0032】

陽極の膜厚は、100nm程度であることが好ましい。薄すぎると、導電性が低下して抵抗が高くなり、発光効率低下の原因となる。厚すぎると、陽極に可撓性がなくなり、応力が作用するとひび割れが生じる。陽極は、単層であってもよく、異なる仕事関数の材料からなる層を積層したものであってもよい。

【0033】

陰極は、電子を効率よく発光層に注入するための部材であり、可視光に対して80%以上の反射性を有していればよい。陰極の材料の具体的な例としては、アルミニウム、銀などの金属が挙げられる。陰極は、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、メッキ法、塗布法等で成膜することができる。陽極を仕事関数の高い材料を用いて形成した場合、陰極には仕事関数の低い材料を用いることが好ましい。陰極は、単層であってもよく、異なる仕事関数の材料で構成される層を積層したものであってもよい。また、2種以上の金属の合金を使用してもよい。

【0034】

陰極の膜厚は、150nm程度であることが好ましい。膜厚が薄すぎる場合は、素子の抵抗が大きくなりすぎる。膜厚が厚すぎる場合には、陰極の成膜に長時間を要し、隣接する層にダメージを与えて性能が劣化する虞がある。

【0035】

正孔注入層および正孔輸送層が、任意に、陽極と発光層との間に配置されてもよい。これらは、陽極から正孔を受け取って発光層側へ輸送する機能を有する。また、電子注入層および電子輸送層が、任意に、陰極と発光層との間に配置されてもよい。これらは、陰極

10

20

30

40

50

から電子を受け取って発光層側へ輸送する機能を有する。

【0036】

発光層15は、陽極側から正孔を、陰極側から電子をそれぞれ受け取り、正孔と電子との再結合の場を提供して発光させる機能を有する層である。この結合によるエネルギーで、発光層中のホスト材料が励起される。励起状態のホスト材料から発光ドーパントへエネルギーが移動することにより、発光ドーパントが励起状態となり、発光ドーパントが再び基底状態に戻る際に発光する。

【0037】

発光層15は、有機材料からなるホスト材料中に、発光性金属錯体（以下、発光ドーパントと称する）をドーブした構成をとる。ホスト材料および発光ドーパントとしては、当該分野で既知の材料を適宜選択して使用することができる。

【0038】

発光層15の成膜方法は、薄膜を形成できる方法であれば特に限定されないが、例えばスピンコート法を使用することが可能である。発光ドーパントおよびホスト材料を含む溶液を所望の膜厚に塗布した後、ホットプレート等で加熱乾燥する。塗布する溶液は、予めフィルターでろ過したものを使用してもよい。

【0039】

発光層15の厚さは、100nm程度であることが好ましい。発光層15におけるホスト材料と発光ドーパントの割合は、本発明の効果を損なわない限り任意である。

【0040】

より効率的に光を素子外部へ取り出すために、基板10の凸状構造体11が配置された面と反対側の面に、光を外部に取り出すための部材をさらに配置してもよい。光を外部に取り出すための部材としては、当該分野で既知の部材を使用することができるが、例えば、マイクロレンズを使用することができる。図5は、第1の実施形態に係る有機EL素子において、光を外部に取り出すための部材としてマイクロレンズを使用した場合の断面図である。図5に示すように、マイクロレンズ17は、基板10から外側に向かって凸形状であることが好ましい。

【0041】

（第2の実施形態）

第2の実施形態における凸状構造体の平面図を図6に示す。

【0042】

基板10上に配置される凸状構造体11は、図6に示すような複数のレンズ部材であってもよい。レンズ部材は、基板10上に互いに離間して配置され、基板10とは反対側に向かって凸形状である。第2の実施形態に係る有機EL素子の断面図は、第1の実施形態と同様である。

【0043】

レンズ部材の材料としては、第1の実施形態に記載した凸状構造体と同様の材料を使用することができる。また、その他の部材に関する説明および得られる効果については、第1の実施形態と同様である。

【0044】

（第3の実施形態）

光取出し層13を複数積層した場合にも、第1および第2の実施形態と同様の効果が得られる。図7は、第3の実施形態に係る有機電界発光素子を示す断面図である。図8は、第3の実施形態に係る有機電界発光素子の変形例を示す断面図である。図7（a）および図8（a）は、光取出し層を2段積層した場合の断面図である。図7（b）および図8（b）は、光取出し層を3段積層した場合の断面図である。図7（c）および図8（c）は、光取出し層を4段積層した場合の断面図である。2段目以降の凸状構造体のパターンは、図7のように一段目の凸状構造体11のパターンと同じであってもよいし、図8のように一段目の凸状構造体11のパターンと異なってもよい。例えば、図7のように、一段目の凸状構造体11の位置と二段目の凸状構造体11の位置とが同じ位置であってもよい。

10

20

30

40

50

また、図 8 のように、一段目の凸状構造体 1 1 の位置と二段目の凸状構造体 1 1 の位置とがずれていてもよい。

【0045】

このように光取出し層 1 3 を複数積層することにより、さらなる光取出し効率の向上が期待できる。

【0046】

上記で説明した有機電界発光素子の用途の一例として、表示装置および照明装置が挙げられる。図 9 は、実施形態に係る表示装置を示す回路図である。

図 9 に示す表示装置 8 0 は、横方向の制御線 (C L) と縦方向の信号線 (D L) がマトリックス状に配置された回路の中に、それぞれ画素 8 1 を配置した構成をとる。画素 8 1 には、発光素子 8 5 および発光素子 8 5 に接続された薄膜トランジスタ (T F T) 8 6 が含まれる。T F T 8 6 の一方の端子は制御線に接続され、他方の端子は信号線に接続される。信号線は、信号線駆動回路 8 2 に接続されている。また、制御線は、制御線駆動回路 8 3 に接続されている。信号線駆動回路 8 2 および制御線駆動回路 8 3 は、コントローラ 8 4 により制御される。

【0047】

図 1 0 は、実施形態に係る照明装置を示す断面図である。

照明装置 1 0 0 は、ガラス基板 1 0 1 上に、陽極 1 0 7、有機 E L 層 1 0 6、および陰極 1 0 5 を順次積層した構成をとる。封止ガラス 1 0 2 は、陰極 1 0 5 を覆うように配置され、U V 接着剤 1 0 4 を用いて固定される。封止ガラス 1 0 2 の陰極 1 0 5 側の面には、乾燥剤 1 0 3 が設置される。

【実施例】

【0048】

<実施例 1-1>

まず、透光性基板として、波長 5 5 0 n m における屈折率が 1. 5 2 程度、透過率 9 0 % 程度の無アルカリガラス基板 ((株)旭硝子製)を用意した。次に、このガラス基板の一方の面に、塗布法によりポリシロキサン系材料 (高透明性ポジ型感光性ポリシロキサン) を膜厚 0. 6 μ m でコーティングし、フォトリソグラフィ法を用いて正方格子状のパターンを成した。その後、上記のように凸状構造体を形成した基板を、ホットプレート上で 1 1 0 $^{\circ}$ C の温度で 2 分間、続けて 2 3 0 $^{\circ}$ C で 5 分間焼成し、加熱固化させた。このとき、高透明性ポジ型感光性ポリシロキサンが熱融解するため、表面張力により、凸状構造体の表面は丸みを帯びた形状となる。この凸状構造体は、波長 5 5 0 n m における屈折率が 1. 5 3 程度、透過率 9 0 % 程度であり、透光性基板と同程度の屈折率を有する。

【0049】

図 1 1 は、実施例 1-1 に係る有機 E L 素子における凸状構造体 1 1 の S E M 像を示す図であり、凸状構造体 1 1 を基板と反対側から見た平面図である。図 1 1 において、線幅 a は 2 μ m、格子間隔 b は 5 μ m である。また、図 1 2 は、図 1 1 に示す凸状構造体の線 X-X に沿った拡大断面図であり、基板 1 0 上に凸状構造体 1 1 が形成されている様子を示している。

【0050】

次に、上記凸状構造体の上に、ナノフィラー含有ポリシロキサンを塗布法により膜厚 2 μ m になるようにコーティングし、凸状構造体を完全に被覆した。この基板をホットプレート上に置き、1 8 0 $^{\circ}$ C で 3 分間、続けて 3 0 0 $^{\circ}$ C で 5 分間加熱固化させ、平坦化層を形成した。この平坦化層は波長 5 5 0 n m で屈折率が 1. 7 8 程度、透過率 9 0 % 程度であり、陽極と同程度の屈折率を有する。以下、凸状構造体および平坦化層を含む層を光取出し層と称する。

【0051】

続いて、スパッタ法により、上記平坦化層上に膜厚 1 0 0 n m の I T O 膜を室温で成膜し、陽極を形成した。その後、1 0 分間の U V オゾン洗浄を行い、窒素雰囲気中において 2 3 0 $^{\circ}$ C で 1 時間焼成し、さらに A r プラズマ処理を行った。陽極の上に、真空蒸着法に

より、発光層と厚さ100nmのAl陰極を順次形成し、有機電界発光素子を作製した。

【0052】

＜実施例1-2＞

基板の凸状構造体を形成した面とは反対側の面に、光を外部に取り出すためのマイクロレンズを設けたことを除き、実施例1-1と同様に有機EL素子を作製した。マイクロレンズとしては、波長550nmで屈折率1.5程度のマイクロレンズ（（株）オプトメイト製）を使用し、その凸面が基板と反対側を向くように設置した。マイクロレンズは、屈折率1.5の透光性基板に、透光性基板と同程度の屈折率を有する屈折率マッチング液（カーギル研究所製；屈折率1.5程度）を介して、屈折率1.5程度のマイクロレンズ（（株）オプトメイト製）を設置した。

10

【0053】

＜実施例2-1＞

凸状構造体11を、図13に示すような三角格子形状にしたことを除き、実施例1-1と同様に有機EL素子を作製した。図13は、実施例2-1に係る有機EL素子における凸状構造体11のSEM像を示す図であり、凸状構造体11を基板と反対側から見た平面図である。図13において、凹部の直径cは3μm、格子間隔dは5μmである。

【0054】

＜実施例2-2＞

凸状構造体11を、図13に示すような三角格子形状にしたことを除き、実施例1-2と同様に有機EL素子を作製した。

20

【0055】

＜実施例3-1＞

凸状構造体11を、図14に示すような三角格子形状にしたことを除き、実施例1-1と同様に有機EL素子を作製した。図14は、実施例3-1に係る有機EL素子における凸状構造体11のSEM像を示す図であり、凸状構造体11を基板と反対側から見た平面図である。図14において、凹部の直径eは5μm、格子間隔fは6μmである。

【0056】

＜実施例3-2＞

凸状構造体11を図14に示すような三角格子形状にしたことを除き、実施例1-2と同様に有機EL素子を作製した。

30

【0057】

＜実施例4-1＞

図15に示すように、凸状構造体11としてレンズ部材を三角格子形状に配置したことを除き、実施例1-1と同様に有機EL素子を作製した。図15は、実施例4-1に係る有機EL素子における凸状構造体11のSEM像を示す図であり、凸状構造体11を基板と反対側から見た平面図である。図15において、レンズ部材の直径gは3μm、レンズ間の間隔は2μmである。

【0058】

＜実施例4-2＞

図15に示すように、凸状構造体11としてレンズ部材を三角格子形状に配置したことを除き、実施例1-2と同様に有機EL素子を作製した。

40

【0059】

＜比較例1＞

凸状構造体および平坦化層を設けずに、実施例1-1と同様に有機EL素子を作製した。

【0060】

＜比較例2＞

凸状構造体および平坦化層を設けずに、実施例1-2と同様に有機EL素子を作製した。

【0061】

50

＜試験例 1：光取出し効率の比較＞

実施例 1－1、実施例 1－2 および比較例 1 において作製した有機 EL 素子について、光取出し効率を光学計算により見積もった。その結果を、以下の表 1 に示す。表 1 において、光取出し効率は、発光層で生じた発光のうち、素子外部へ取り出すことのできる光の割合を示している。また、エンハンスメントファクタは、比較例 1 の光取出し効率を 1 とした場合の比を意味する。

【表 1】

	光取出し効率(%)	エンハンスメントファクタ
比較例 1	16. 35	1
実施例 1－1	22. 57	1. 38
実施例 1－2	43. 16	2. 64

10

【0062】

表 1 から、光取り出し層を設けることによって、光取出し効率が向上することが分かる。

【0063】

20

＜試験例 2：外部量子効率の測定＞

上記実施例および比較例において作製した有機 EL 素子について、外部量子効率を測定した。測定は、外部量子効率測定装置（浜松ホトニクス（株）製）を用いて行った。

【0064】

実施例 1－2、比較例 1 および比較例 2 の有機 EL 素子について外部量子効率を測定した結果を図 16 に示す。電流密度が 1 mA/cm^2 における外部量子効率を比較すると、比較例 1 の有機 EL 素子で約 25%、比較例 2 の有機 EL 素子で約 35%、実施例 1－2 の有機 EL 素子で約 40% であった。この結果から、光取出し層を設けることにより、素子の外部量子効率が著しく向上したことが分かる。

【0065】

30

実施例 1－2、比較例 1 および比較例 2 の有機 EL 素子について外部量子効率を測定した結果を図 17 に示す。

【0066】

実施例 3－2、比較例 1 および比較例 2 の有機 EL 素子について外部量子効率を測定した結果を図 18 に示す。

【0067】

実施例 4－2、比較例 1 および比較例 2 の有機 EL 素子について外部量子効率を測定した結果を図 19 に示す。

【0068】

図 17、図 18 および図 19 の結果からも、光取出し層を設けることにより、素子の外部量子効率が著しく向上したことが分かる。上記のような外部量子効率の向上は、光取り出し層を設けることによって素子の光取出し効率が向上したことに起因すると考えられる。

40

【0069】

＜試験例 3：光取り出し層を複数積層した場合の光取出し効率のシミュレーション＞

光取出し層を複数積層したことを除き、実施例 1－2 と同様に有機 EL 素子を作製した。具体的には、既に図 7 において示したように、光取り出し層を 2 層、3 層および 4 層積層した有機 EL 素子を作製し、実施例 1－2 と同様に基板の外側にマイクロレンズを設置した。2 層目以降の光取出し層は、その下にある平坦化層の上に、凸状構造体および平坦化層をさらに形成することにより積層した。凸状構造体および平坦化層の形成方法は、実

50

施例 1－1 に示した通りである。

【0070】

上記のように作製した有機 EL 素子について、光取出し効率をシュミレーションした。その結果を図 20 に示す。ここで、図 20 における光取出し効率とは、発光層で発生した光のうち、素子外部へ取り出すことができる光の割合を意味する。図 20 から、光取出し層が一層のみである場合と比べて、二層以上積層した場合の方が高い光取出し効率を得られることが分かった。

【0071】

上記実施形態または実施例によれば、光取出し効率が向上し、その結果として発光効率の向上した有機電界発光素子、ならびにそれを用いた表示装置および照明装置を提供することができる。

10

【0072】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

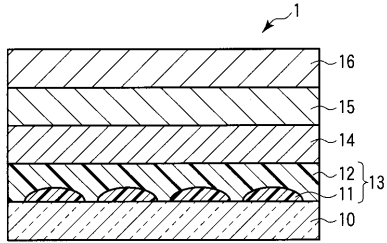
【0073】

1…有機電界発光素子、10…基板、11…凸状構造体、12…平坦化層、13…光取出し層、14…第1の電極、15…発光層、16…第2の電極、30…凹部、17…マイクロレンズ、80…表示装置、81…画素、82…信号線駆動回路、83…制御線駆動回路、84…コントローラ、85…発光素子、86…TFT、100…照明装置、101…ガラス基板、102…封止ガラス、103…乾燥剤、104…UV接着剤、105…陰極、106…有機EL層、107…陽極。

20

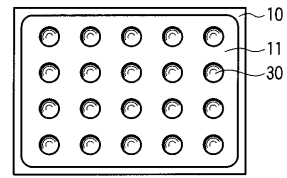
【図 1】

図 1



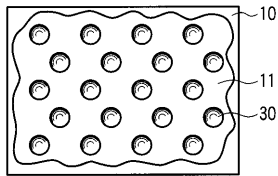
【図 3】

図 3



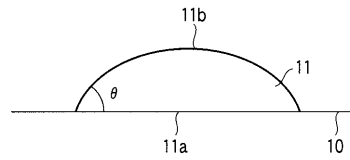
【図 2】

図 2



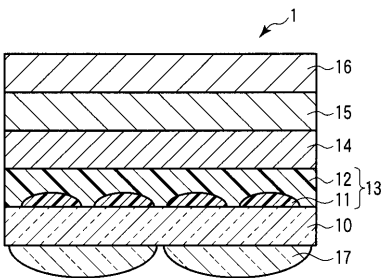
【図 4】

図 4



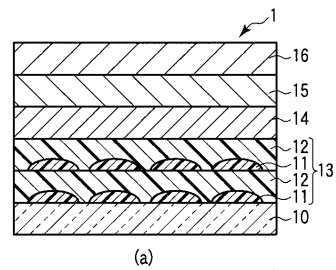
【図 5】

図 5

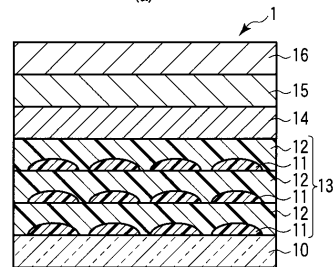


【図 7】

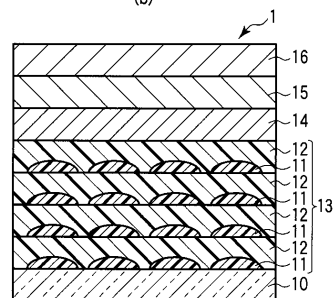
図 7



(a)



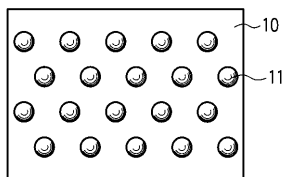
(b)



(c)

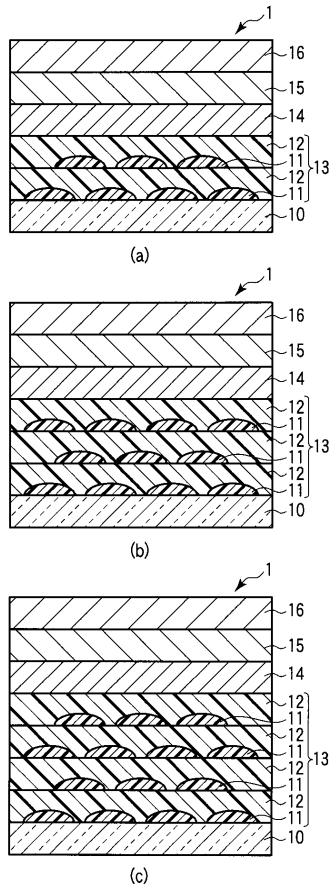
【図 6】

図 6



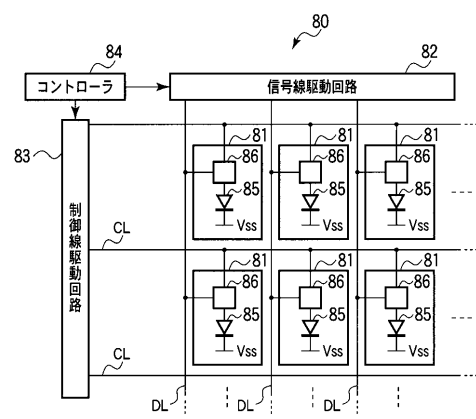
【図 8】

図 8



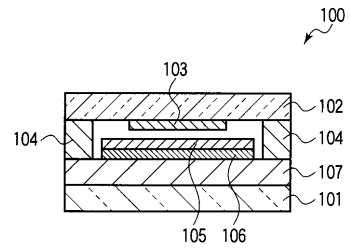
【図 9】

図 9



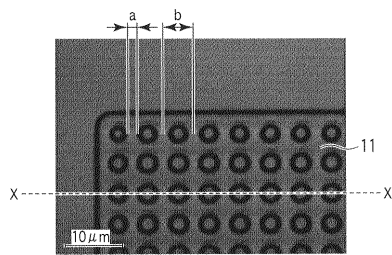
【図 10】

図 10



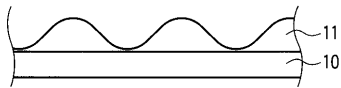
【図 11】

図 11



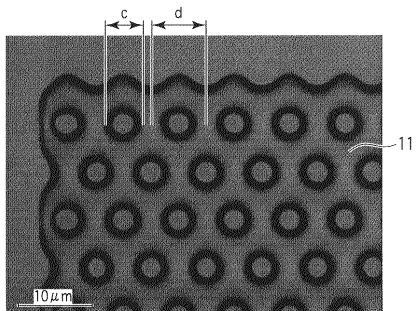
【図 12】

図 12



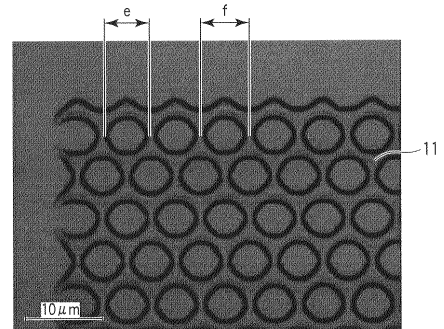
【図 13】

図 13



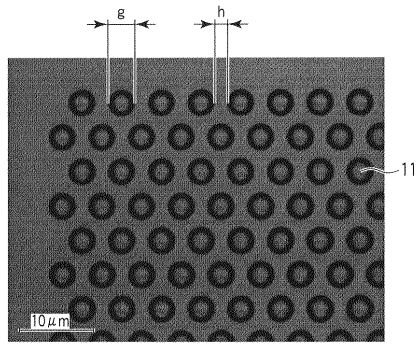
【図 14】

図 14



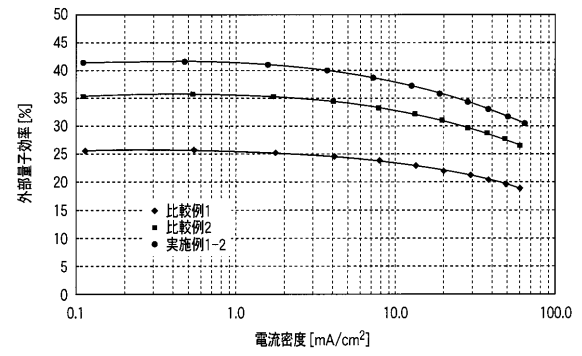
【図 15】

図 15



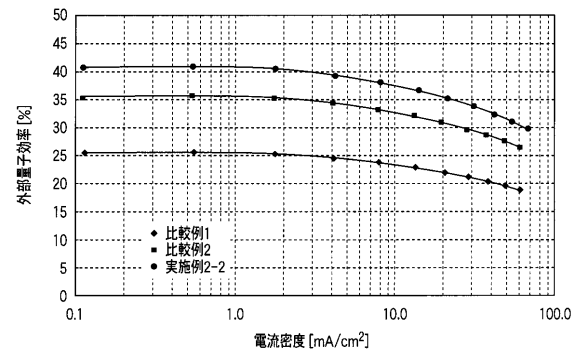
【図 16】

図 16



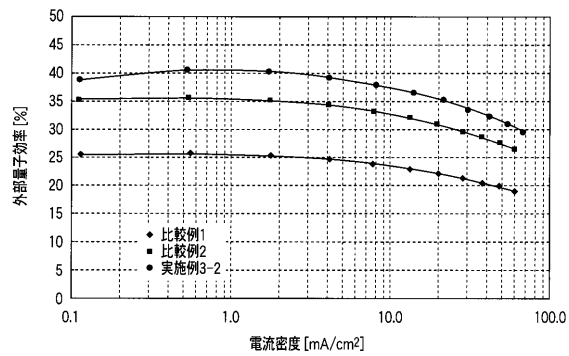
【図 17】

図 17



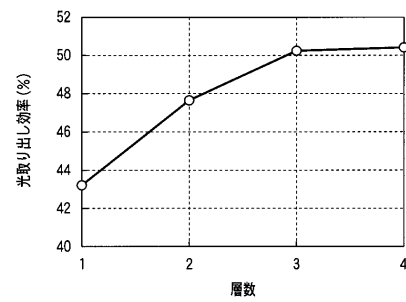
【図 18】

図 18



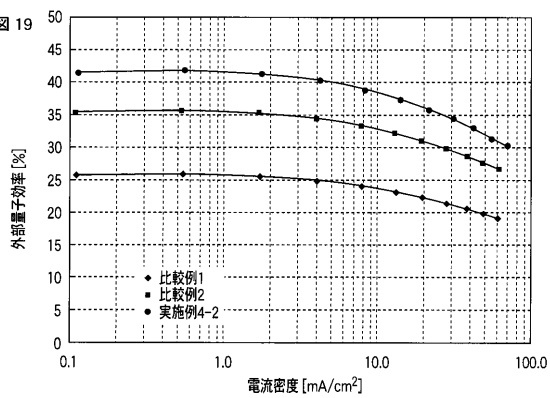
【図 20】

図 20



【図 19】

図 19



フロントページの続き

- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 加藤 大望
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 杉 啓司
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 米原 健矢
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 澤部 智明
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小野 富男
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 榎本 信太郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 CC05 DD02 DD53 DD58 DD68 DD69 EE29
FF06 FF15