

(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2017-182892

(P2017-182892A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/04 (2006.01)	H05B 33/04	3K107
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	
H05B 33/28 (2006.01)	H05B 33/28	
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/22 A	
H05B 33/22 (2006.01)	H05B 33/26 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-63257 (P2016-63257)
(22) 出願日 平成28年3月28日 (2016. 3. 28)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(74) 代理人 100164633
弁理士 西田 圭介
(74) 代理人 100179475
弁理士 仲井 智至
(72) 発明者 白鳥 幸也
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(72) 発明者 花村 雄基
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
最終頁に続く

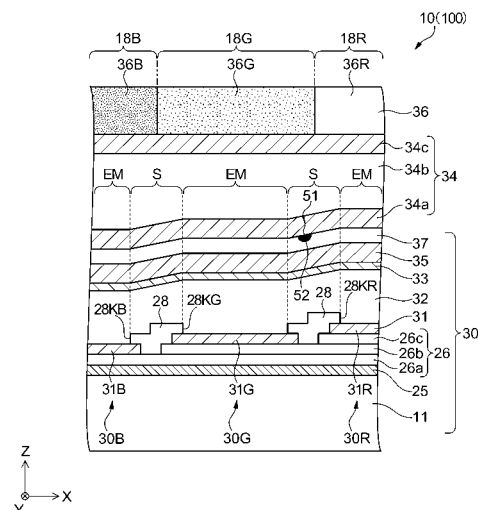
(54) 【発明の名称】 発光素子、発光装置、及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 明るく信頼性品質が優れた発光素子、発光装置、及び電子機器を提供すること。

【解決手段】 有機EL素子30は、画素電極31と、画素電極31上に形成された発光機能層32と、発光機能層32上に形成された電子注入層33と、電子注入層33上に形成された半透過反射性を有する対向電極35とを備え、対向電極35は、電子注入層33の材料を還元する還元性材料と、原子数比において75%以上のAgとを含み、対向電極35上には、吸着層37が形成されていることを特徴とする。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 電極と、
前記第 1 電極上に形成された発光機能層と、
前記発光機能層上に形成された電子注入層と、
前記電子注入層上に形成された半透過反射性を有する第 2 電極と、を備え、
前記第 2 電極は、前記電子注入層の材料を還元する還元性材料と、原子数比において 7
5 % 以上の A g と、を含み、
前記第 2 電極上には、吸着層が形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

前記吸着層の材料は、前記還元性材料と同一の材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 3】

前記吸着層の材料は、M g または A l であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記吸着層の光吸収率は、30 % 以下であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 5】

前記吸着層の膜厚は、1 n m 以上であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記吸着層の膜厚は、前記第 2 電極の膜厚よりも薄いことを特徴とする請求項 5 に記載の発光素子。

【請求項 7】

前記第 2 電極に含まれる A g は、原子数比において 98 % 以下であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の発光素子が画素毎に設けられ、
前記発光素子を覆うように形成された封止層を備えたことを特徴とする発光装置。

【請求項 9】

前記封止層は、
第 1 封止層と、
前記第 1 封止層上に積層された有機材料からなる平坦化層と、
前記平坦化層上に積層された第 2 封止層と、を含むことを特徴とする請求項 8 に記載の発光装置。

【請求項 10】

前記画素の配置ピッチは、10 μ m 以下であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の発光装置。

【請求項 11】

請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の発光装置を備えたことを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子、発光装置、及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

発光素子としての有機 E L 素子は、L E D (Light Emitting Diode) に比べて小型化、薄型化が可能であることから、ヘッドマウントディスプレイ (H M D) や電子ビューファ

10

20

30

40

50

インダー（EVF）等のマイクロディスプレイへの応用が注目されている。このようなマイクロディスプレイにおいて、明るさを向上させるため、光を取り出す側の電極（第2電極）の主成分をAgとする構成が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

一方で、Agを主成分とした第2電極を用いると、Ag原子同士の凝集によって第2電極に凹凸部が発生し、上層に形成する無機化合物膜からの荷重により凹凸部に応力がかかることで第2電極が破損するおそれがある。そこで、Agを主成分とする第2電極と無機化合物膜との間に、第2電極への応力を緩和するための応力緩和層を配置する構成が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5411469号公報

【特許文献2】特許第5613998号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、Agは極めて反応性に富むため、発光装置内に存在する水分や酸素が第2電極に侵入すると、第2電極に含まれるAgがその水分や酸素と反応する。例えば、水分や酸素が画素の外周部から第2電極に侵入して発光領域まで拡散すると、Agが反応することにより有機EL素子の発光面積が小さくなり、その結果、明るさの低下を招いてしまう。発光装置が小型高精細化されるほど水分や酸素が発光領域まで拡散し易くなるため、このような経時的な明るさの低下が起き易くなる。すなわち、有機EL素子の明るさを向上させるために第2電極に含まれるAgの含有率を高めると、Agが水分や酸素と反応することによる影響を受け易くなり、発光特性の劣化や発光寿命における信頼性品質低下を招くおそれがあるという課題がある。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

30

【0007】

[適用例1] 本適用例に係る発光素子は、第1電極と、前記第1電極上に形成された発光機能層と、前記発光機能層上に形成された電子注入層と、前記電子注入層上に形成された半透過反射性を有する第2電極と、を備え、前記第2電極は、前記電子注入層の材料を還元する還元性材料と、原子数比において75%以上のAgと、を含み、前記第2電極上には、吸着層が形成されていることを特徴とする。

【0008】

本適用例の発光素子の構成によれば、第2電極が原子数比において75%以上のAgを含むので、光の取り出し効率が向上するとともに電子注入性が改善される。そして、第2電極がAgだけでなく還元性材料を含むので、Ag原子同士が凝集して膜質が低下することによる給電性能の劣化が抑制される。したがって、第2電極における、明るさを向上させる半透過反射膜としての光学的特性の向上と、電極としての電気的特性の向上とを両立できる。また、第2電極上に形成された吸着層で発光素子の外部から侵入する水分や酸素を吸着することにより、Agが含まれる第2電極への水分や酸素の侵入を抑制できる。これらの結果、発光素子の明るさと信頼性品質とを向上できる。

40

【0009】

[適用例2] 上記適用例に係る発光素子であって、前記吸着層の材料は、前記還元性材料と同一の材料であることが好ましい。

【0010】

本適用例の構成によれば、より少ない材料で発光素子を構成することができる。

50

【 0 0 1 1 】

[適用例 3] 上記適用例に係る発光素子であって、前記吸着層の材料は、M g または A l であることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

本適用例の構成によれば、吸着層の材料が水分や酸素と反応し易い M g または A l であるので、外部からの水分や酸素の第 2 電極への侵入を吸着層で効果的に抑制できる。また、M g または A l を還元性材料として第 2 電極に含むことで、A g 原子同士の凝集を抑制できる。

【 0 0 1 3 】

[適用例 4] 上記適用例に係る発光素子であって、前記吸着層の光吸収率は 3 0 % 以下であることが好ましい。

10

【 0 0 1 4 】

本適用例の構成によれば、吸着層の光吸収率を 3 0 % 以下とすることで、吸着層を設けることによる光の取り出し効率低下を小さく抑えることができる。

【 0 0 1 5 】

[適用例 5] 上記適用例に係る発光素子であって、前記吸着層の膜厚は、1 n m 以上であることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

本適用例の構成によれば、吸着層の膜厚を 1 n m 以上とすることで、発光素子の外部からの水分や酸素の第 2 電極への侵入をより確実に抑制できる。

20

【 0 0 1 7 】

[適用例 6] 上記適用例に係る発光素子であって、前記吸着層の膜厚は、前記第 2 電極の膜厚よりも薄いことが好ましい。

【 0 0 1 8 】

本適用例の構成によれば、吸着層の膜厚を第 2 電極の膜厚よりも薄くすることで、発光素子の外部から侵入する水分や酸素の第 2 電極への到達を抑制しつつ、光の取り出し効率低下を小さく抑えることができる。

【 0 0 1 9 】

[適用例 7] 上記適用例に係る発光素子であって、前記第 2 電極に含まれる A g は、原子数比において 9 8 % 以下であることが好ましい。

30

【 0 0 2 0 】

第 2 電極に含まれる A g が多いほど発光素子の明るさを向上できるが、A g の含有量が多すぎると膜質が低下して給電性能が劣化する。本適用例の構成によれば、第 2 電極に含まれる A g が原子数比において 9 8 % 以下であるので、第 2 電極の電気的特性を劣化させない範囲で光学的特性を向上させることができる。

【 0 0 2 1 】

[適用例 8] 本適用例に係る発光装置は、上記に記載の発光素子が画素毎に設けられ、前記発光素子を覆うように形成された封止層を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本適用例の発光装置の構成によれば、外部から発光素子への水分や酸素の侵入が封止層で抑えられるので、明るく信頼性品質が優れた発光装置を提供できる。

40

【 0 0 2 3 】

[適用例 9] 上記適用例に係る発光装置であって、前記封止層は、第 1 封止層と、前記第 1 封止層上に積層された有機材料からなる平坦化層と、前記平坦化層上に積層された第 2 封止層と、を含むことが好ましい。

【 0 0 2 4 】

本適用例の構成によれば、封止層が平坦化層を含む 3 つの層で構成されているので、外部からの水分や酸素の侵入をより確実に抑えることができる。なお、万が一、第 1 封止層に亀裂が生じ平坦化層に含まれていた水分や酸素が発光素子まで侵入してしまった場合でも、吸着層により水分や酸素の第 2 電極への到達を抑止できる。

50

【 0 0 2 5 】

[適用例 1 0] 上記適用例に係る発光装置であって、前記画素の配置ピッチは、 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【 0 0 2 6 】

画素の配置ピッチが $10\ \mu\text{m}$ 以下の高精細な発光装置では、画素の配置ピッチがより大きな発光装置と比べて、各画素における発光領域が小さい。そのため、水分や酸素が侵入して第2電極のAgと反応すると、発光領域内で実質的に発光する部分の面積が小さくなって暗くなる現象が発生し易くなる。本適用例の構成によれば、外部からの水分や酸素の第2電極への侵入を封止層と吸着層とで抑止できるので、画素の配置ピッチが $10\ \mu\text{m}$ 以下の高精細な発光装置であっても、明るく信頼性品質が優れた発光装置を提供できる。

10

【 0 0 2 7 】

[適用例 1 1] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の発光装置を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

本適用例の構成によれば、優れた表示品質と信頼性品質とを有する電子機器を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態に係る有機EL装置の構成を示す概略平面図。

【 図 2 】 第 1 の実施形態に係る有機EL装置の電氣的な構成を示す等価回路図。

20

【 図 3 】 サブ画素における有機EL素子の配置を示す概略平面図。

【 図 4 】 図 3 の A - A ' 線に沿った有機EL素子の構造を示す概略断面図。

【 図 5 】 第 1 の実施形態に係る有機EL素子の構造を示す拡大断面図。

【 図 6 】 実施例及び比較例の構成と試験結果とを示す表。

【 図 7 】 吸着層による光吸収率の測定方法を説明する図。

【 図 8 】 吸着層の膜厚と光吸収率との関係を示すグラフ。

【 図 9 】 第 2 の実施形態に係る電子機器としてのヘッドマウントディスプレイの構成を示す概略図。

【 図 1 0 】 比較例に係る有機EL素子の構造を示す拡大断面図。

【 発明を実施するための形態 】

30

【 0 0 3 0 】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面に従って説明する。なお、使用する図面は、説明する部分が認識可能な状態となるように、適宜拡大または縮小して表示している。

【 0 0 3 1 】

なお、以下の形態において、例えば「基板上に」と記載され、特別な記載がなければ、基板の上に接するように配置される場合、または基板の上に他の構成物を介して配置される場合、または基板の上に一部が接するように配置され、一部が他の構成物を介して配置される場合を含んでいるものとする。

【 0 0 3 2 】

40

(第 1 の実施形態)

< 発光装置 >

まず、第 1 の実施形態に係る発光装置としての有機EL装置について、図 1 から図 3 を参照して説明する。図 1 は、第 1 の実施形態に係る有機EL装置の構成を示す概略平面図である。図 2 は、第 1 の実施形態に係る有機EL装置の電氣的な構成を示す等価回路図である。図 3 は、サブ画素における有機EL素子の配置を示す概略平面図である。本実施形態に係る有機EL装置 1 0 0 は、後述するヘッドマウントディスプレイ (HMD) の表示部に好適な自発光型のマイクロディスプレイである。

【 0 0 3 3 】

[発光装置の構造]

50

図 1 に示すように、本実施形態に係る発光装置としての有機 EL 装置 100 は、素子基板 10 と、保護基板 40 とを有している。両基板は、充填剤 42 (図 4 参照) を介して対向配置され接着されている。

【0034】

素子基板 10 は、表示領域 E と、表示領域 E を囲む非表示領域 F とを有している。表示領域 E には、青色 (B) 光が発せられるサブ画素 18B と、緑色 (G) 光が発せられるサブ画素 18G と、赤色 (R) 光が発せられるサブ画素 18R とが、例えばマトリックス状に配列されている。有機 EL 装置 100 では、サブ画素 18B、サブ画素 18G、サブ画素 18R を含む画素 19 が表示単位となって、フルカラーの表示が提供される。

【0035】

なお、以降の説明では、サブ画素 18B、サブ画素 18G、及びサブ画素 18R を総称して、サブ画素 18 と称する場合がある。表示領域 E は、サブ画素 18 から発せられる光が透過し、表示に寄与する領域である。非表示領域 F は、サブ画素 18 から発せられる光が透過せず、表示に寄与しない領域である。

【0036】

素子基板 10 は、保護基板 40 よりも大きく、保護基板 40 からはみ出した素子基板 10 の第 1 辺に沿って、複数の外部接続用端子 103 が配列されている。複数の外部接続用端子 103 と表示領域 E との間には、データ線駆動回路 15 が設けられている。該第 1 辺と直交し互いに対向する他の第 2 辺、第 3 辺と表示領域 E との間には、走査線駆動回路 16 が設けられている。

【0037】

保護基板 40 は、素子基板 10 よりも小さく、外部接続用端子 103 が露出されるように配置されている。保護基板 40 は、光透過性の基板であり、例えば石英基板やガラス基板等を使用することができる。保護基板 40 は、表示領域 E において、サブ画素 18 に配置された後述する有機 EL 素子 30 (図 2 参照) が損傷しないように保護する役割を有し、少なくとも表示領域 E に対向するように配置される。本実施形態の有機 EL 装置 100 には、サブ画素 18 から発する光を保護基板 40 側から取り出す、トップエミッション方式が採用されている。

【0038】

以降の説明では、外部接続用端子 103 が配列された上記第 1 辺に沿った方向を X 方向とし、該第 1 辺と直交し互いに対向する他の 2 辺 (第 2 辺、第 3 辺) に沿った方向を Y 方向とする。素子基板 10 から保護基板 40 に向かう方向を Z 方向とする。また、Z 方向に沿って保護基板 40 側から見ることを「平面視」と言う。

【0039】

本実施形態では、表示領域 E において、同色の発光が得られるサブ画素 18 が列方向 (Y 方向) に配列され、異なる色の発光が得られるサブ画素 18 が行方向 (X 方向) に配列される、所謂ストライプ方式のサブ画素 18 の配置が採用されている。サブ画素 18 は、有機 EL 素子 30 と、カラーフィルター 36 (図 3 または図 4 参照) とを有している。有機 EL 素子 30 及びカラーフィルター 36 の詳しい構成については後述する。

【0040】

なお、図 1 では、表示領域 E におけるサブ画素 18B、18G、18R の配置を示しているが、行方向 (X 方向) におけるサブ画素 18 の配置は、B、G、R の順であることに限定されない。例えば、G、B、R の順であってもよい。また、サブ画素 18 の配置は、ストライプ方式であることに限定されず、デルタ方式や、ベイヤー方式、S ストライプ方式であってもよく、加えて、サブ画素 18B、18G、18R の形状や大きさは同じであることに限定されない。

【0041】

[発光装置の電氣的な構成]

図 2 に示すように、有機 EL 装置 100 は、互いに交差する走査線 12 及びデータ線 13 と、電源線 14 とを有している。走査線 12 は走査線駆動回路 16 に電氣的に接続され

10

20

30

40

50

、データ線 13 はデータ線駆動回路 15 に電氣的に接続されている。また、走査線 12 とデータ線 13 とで区画された領域にサブ画素 18 が設けられている。

【0042】

サブ画素 18 は、発光素子としての有機 EL 素子 30 と、有機 EL 素子 30 の駆動を制御する画素回路 20 とを有している。以降、サブ画素 18 B に配置された有機 EL 素子 30 を有機 EL 素子 30 B と呼び、サブ画素 18 G に配置された有機 EL 素子 30 を有機 EL 素子 30 G と呼び、サブ画素 18 R に配置された有機 EL 素子 30 を有機 EL 素子 30 R と呼ぶ。

【0043】

有機 EL 素子 30 は、第 1 電極としての画素電極 31 と、発光機能層 32 と、電子注入層 33 と、第 2 電極としての対向電極 35 とを含む。画素電極 31 は、発光機能層 32 に正孔を注入する陽極として機能する。対向電極 35 は、発光機能層 32 に電子を注入する陰極として機能する。電子注入層 33 は、対向電極 35 から発光機能層 32 への電子注入効率を高める機能を有する層である。

【0044】

発光機能層 32 では、注入された正孔と電子とにより、励起子（エキシトン；正孔と電子とがクーロン力にて互いに束縛された状態）が形成され、励起子（エキシトン）が消滅する際（正孔と電子とが再結合する際）にエネルギーの一部が蛍光や燐光となって放出される。本実施形態では、発光機能層 32 から白色発光が得られるように、発光機能層 32 が構成されている。

【0045】

画素回路 20 は、スイッチング用トランジスタ 21 と、蓄積容量 22 と、駆動用トランジスタ 23 と、を含んでいる。2つのトランジスタ 21, 23 は、例えば n チャンネル型もしくは p チャンネル型トランジスタを用いて構成することができる。

【0046】

スイッチング用トランジスタ 21 のゲートは、走査線 12 に電氣的に接続されている。スイッチング用トランジスタ 21 のソースは、データ線 13 に電氣的に接続されている。スイッチング用トランジスタ 21 のドレインは、駆動用トランジスタ 23 のゲートに電氣的に接続されている。

【0047】

駆動用トランジスタ 23 のドレインは、有機 EL 素子 30 の画素電極 31 に電氣的に接続されている。駆動用トランジスタ 23 のソースは、電源線 14 に電氣的に接続されている。駆動用トランジスタ 23 のゲートと電源線 14 との間には、蓄積容量 22 が電氣的に接続されている。

【0048】

走査線駆動回路 16 から供給される制御信号により走査線 12 が駆動されてスイッチング用トランジスタ 21 がオン（ON）状態になると、データ線 13 から供給される画像信号に基づく電位がスイッチング用トランジスタ 21 を介して蓄積容量 22 に保持される。蓄積容量 22 の電位すなわち駆動用トランジスタ 23 のゲート電位に応じて、駆動用トランジスタ 23 のオン・オフ（ON・OFF）状態が決まる。そして、駆動用トランジスタ 23 がオン（ON）状態になると、駆動用トランジスタ 23 を介して、電源線 14 から有機 EL 素子 30 にゲート電位に応じた量の電流が流れる。有機 EL 素子 30 は、発光機能層 32 に流れる電流量に応じた輝度で発光する。

【0049】

なお、画素回路 20 の構成は、2つのトランジスタ 21, 23 を有することに限定されず、例えば、有機 EL 素子 30 に流れる電流を制御するためのトランジスタをさらに備えていてもよい。

【0050】

[サブ画素における発光素子の配置]

次に、図 3 を参照して、サブ画素 18 における有機 EL 素子 30 及びカラーフィルター

10

20

30

40

50

36の配置について説明する。

【0051】

図3に示すように、X方向とY方向とにマトリックス状に配置された複数のサブ画素18には、それぞれ有機EL素子30の画素電極31が配置されている。具体的には、サブ画素18Bには有機EL素子30Bの画素電極31Bが配置され、サブ画素18Gには有機EL素子30Gの画素電極31Gが配置され、サブ画素18Rには有機EL素子30Rの画素電極31Rが配置されている。画素電極31(31B, 31G, 31R)のそれぞれは、平面視で略矩形状であり、長手方向がY方向に沿って配置されている。

【0052】

有機EL装置100では、X方向に配列した3つのサブ画素18B, 18G, 18Rを1つの画素19として表示がなされる構成になっている。X方向におけるサブ画素18B, 18G, 18Rの配置ピッチは、例えば、10 μ m以下である。したがって、有機EL装置100は、高精細な発光装置である。

【0053】

各画素電極31B, 31G, 31Rの外縁を覆って絶縁膜28が形成されている。絶縁膜28には、画素電極31B, 31G, 31R上に、平面視で略矩形状の開口部28KB, 28KG, 28KRが形成されている。開口部28KB, 28KG, 28KR内において、画素電極31B, 31G, 31Rのそれぞれが露出している。なお、開口部28KB, 28KG, 28KRの形状は略矩形状であることに限定されず、例えば短辺側が円弧状であるトラック状でもよい。

【0054】

サブ画素18B, 18G, 18Rにおいて、開口部28KB, 28KG, 28KRが設けられた領域は、有機EL素子30B, 30G, 30Rが発光する発光領域EMとなる。サブ画素18B, 18G, 18Rにおいて、絶縁膜28が設けられた領域は、有機EL素子30B, 30G, 30Rの発光が抑制された発光抑制領域Sとなる。したがって、サブ画素18B, 18G, 18Rにおいて、発光領域EMの周囲が発光抑制領域Sとなっている。

【0055】

サブ画素18B, 18G, 18Rには、カラーフィルタ36が配置されている。カラーフィルタ36は、青色(B)の着色層36Bと、緑色(G)の着色層36Gと、赤色(R)の着色層36Rとで構成されている。具体的には、Y方向に配列する複数のサブ画素18Bに対して着色層36Bが配置され、複数のサブ画素18Gに対して着色層36Gが配置され、複数のサブ画素18Rに対して着色層36Rが配置されている。

【0056】

つまり、着色層36Bは、Y方向に配列する画素電極31B(開口部28KB)と重なるようにY方向に延在してストライプ状に配置されている。着色層36Gは、Y方向に配列する画素電極31G(開口部28KG)と重なるようにY方向に延在してストライプ状に配置されている。同じく、着色層36Rは、Y方向に配列する画素電極31R(開口部28KR)と重なるようにY方向に延在してストライプ状に配置されている。

【0057】

[発光素子の構造]

次に、図4を参照して、発光素子としての有機EL素子30の構造について説明する。図4は、図3のA-A'線に沿った有機EL素子の構造を示す概略断面図である。

【0058】

図4に示すように、有機EL装置100は、充填剤42を介して対向配置された素子基板10と保護基板40とを有している。充填剤42は、素子基板10と保護基板40とを接着する役割を有し、光透過性を有する例えばエポキシ樹脂やアクリル樹脂等で構成されている。

【0059】

素子基板10は、有機EL素子30と、有機EL素子30上に積層された封止層34と

10

20

30

40

50

カラーフィルター 36 とを備えている。有機 EL 素子 30 は、本発明における基板としての基材 11 と、基材 11 上において、Z 方向に順に積層された光反射層 25 と、透光層 26 と、第 1 電極としての画素電極 31 と、発光機能層 32 と、電子注入層 33 と、第 2 電極としての対向電極 35 と、吸着層 37 とを備えている。

【0060】

基材 11 は、例えばシリコン等の半導体基板である。基材 11 には、前述した、走査線 12、データ線 13、電源線 14、データ線駆動回路 15、走査線駆動回路 16、画素回路 20 (スイッチング用トランジスター 21、蓄積容量 22、駆動用トランジスター 23) 等が、公知技術を用いて形成されている (図 2 参照)。図 4 では、これらの配線や回路構成の図示を省略している。

10

【0061】

なお、基材 11 は、シリコン等の半導体基板に限定されず、例えば石英やガラス等の基板であってもよい。換言すれば、画素回路 20 を構成するトランジスターは、半導体基板にアクティブ層を有する MOS 型トランジスターであってもよいし、石英やガラス等の基板に形成された薄膜トランジスターや電界効果トランジスターであってもよい。

【0062】

光反射層 25 は、サブ画素 18B, 18G, 18R に跨って配置され、各サブ画素 18B, 18G, 18R の有機 EL 素子 30B, 30G, 30R から発した光を反射させるものである。光反射層 25 の形成材料としては、可視光領域で高い反射率を実現可能な、例えば Al (アルミニウム) や Ag (銀) 等を用いることが好ましい。

20

【0063】

光反射層 25 上には、透光層 26 が設けられている。透光層 26 は、第 1 絶縁膜 26a、第 2 絶縁膜 26b、及び第 3 絶縁膜 26c で構成されている。第 1 絶縁膜 26a は、光反射層 25 上においてサブ画素 18B, 18G, 18R に跨って配置されている。第 2 絶縁膜 26b は、第 1 絶縁膜 26a に積層され、サブ画素 18G とサブ画素 18R とに跨って配置されている。第 3 絶縁膜 26c は、第 2 絶縁膜 26b に積層され、サブ画素 18R に配置されている。

【0064】

すなわち、サブ画素 18B の透光層 26 は第 1 絶縁膜 26a で構成され、サブ画素 18G の透光層 26 は第 1 絶縁膜 26a と第 2 絶縁膜 26b とで構成され、サブ画素 18R の透光層 26 は第 1 絶縁膜 26a と第 2 絶縁膜 26b と第 3 絶縁膜 26c とで構成されている。したがって、透光層 26 の膜厚は、サブ画素 18B、サブ画素 18G、サブ画素 18R の順に大きくなっている。第 1 絶縁膜 26a、第 2 絶縁膜 26b、及び第 3 絶縁膜 26c には、例えば酸化シリコン、窒化シリコン、酸化チタン等の可視光領域で透明な材料が用いられる。

30

【0065】

透光層 26 上には、画素電極 31 が設けられている。画素電極 31 は、例えば ITO (Indium Tin Oxide) 膜等の透明導電膜で構成され、サブ画素 18 ごとに島状に形成されている。各画素電極 31B, 31G, 31R の周縁部を覆うように絶縁膜 28 が配置されている。上述したように、絶縁膜 28 には、画素電極 31B 上に開口部 28KB が形成され、画素電極 31G 上に開口部 28KG が形成され、画素電極 31R 上に開口部 28KR が形成されている。絶縁膜 28 は、例えば酸化シリコン等からなる。

40

【0066】

開口部 28KB, 28KG, 28KR が設けられた部分では、画素電極 31 (31B, 31G, 31R) と発光機能層 32 とが接し、画素電極 31 から発光機能層 32 に正孔が供給され、発光機能層 32 が発光する。絶縁膜 28 が設けられた領域では、画素電極 31 から発光機能層 32 への正孔の供給が抑制され、発光機能層 32 の発光が抑制される。つまり、上述したように、サブ画素 18B, 18G, 18R において、開口部 28KB, 28KG, 28KR が設けられた領域が発光領域 EM となり、絶縁膜 28 が設けられた領域が発光抑制領域 S となる。

50

【0067】

発光機能層32は、サブ画素18B, 18G, 18Rに跨って表示領域E(図1参照)の全域を覆うように配置されている。発光機能層32は、Z方向に順に積層された、例えば正孔注入層、正孔輸送層、有機発光層、及び電子輸送層等を有している。有機発光層は、青色から赤色までの波長範囲の光を発する。有機発光層は、単層で構成されていてもよいし、例えば、青色発光層、緑色発光層、赤色発光層を含んだり、青色発光層と、赤色(R)及び緑色(G)の波長範囲を含む発光が得られる黄色発光層とを含んだりする複数層で構成されていてもよい。

【0068】

電子注入層33は、発光機能層32を覆うように配置されている。電子注入層33は、対向電極35から発光機能層32への電子注入効率を向上させ、低電圧で発光機能層32を発光させるようにする機能を有する。発光機能層32への電子注入効率を向上させるためには、陰極である対向電極35と発光機能層32との間の電位障壁が小さいことが望ましい。電子注入層33としては、一般に、LiF、Li₂O、Liq、MgO、CaF₂などの仕事関数が低い元素(アルカリ金属、アルカリ土類金属など)のハロゲン化物(特にフッ化物)や酸化物などが用いられる。本実施形態における電子注入層33の詳細構成については後述する。

【0069】

対向電極35は、電子注入層33を覆うように配置されている。対向電極35は、電極としての機能だけでなく、光反射層25との間に後述する光共振構造を構成するため、半透過反射膜として光透過性と光反射性とを兼ね備える(半透過反射性を有する)ように構成され、その膜厚が制御されている。対向電極35の主成分としては、可視光領域で光吸収率が小さいAgが好適である。Agを主成分とすることで、対向電極35による光の損失(吸収)が小さく抑えられ、有機EL素子30の明るさを向上できる。

【0070】

しかしながら、Agは仕事関数が大きく、かつ、還元性材料ではない。また、Agのみで対向電極35を構成すると、Ag原子同士が凝集して膜質が低下することにより給電性能の劣化が生じてしまう。そのため、電極としての電気的特性を良好なものとするためには、対向電極35の材料としてAgと還元性材料とを混合して用いることが望ましい。本実施形態における対向電極35の詳細構成については後述する。

【0071】

吸着層37は、対向電極35を覆うように配置されている。吸着層37は、有機EL素子30の外部から侵入する水分や酸素を吸着して、対向電極35まで到達しないようにする機能を有する。吸着層37の材料としては、水分や酸素と反応しやすい材料(例えば、MgやAl)が用いられる。本実施形態における吸着層37の詳細構成についても後述する。

【0072】

なお、有機EL素子30(吸着層37)の表面には、下層に設けられた膜厚が異なる透光層26の影響を受けて凹凸が生じる。より具体的には、開口部28KB, 28KG, 28KR内の発光領域EMと平面視で重なる部分においては、透光層26の膜厚が略均一であるため、有機EL素子30(吸着層37)の表面が略平坦になる。一方、発光領域EMの周囲の絶縁膜28が配置された発光抑制領域Sと平面視で重なる部分においては、透光層26の膜厚が異なることによる段差が生じる。

【0073】

封止層34は、有機EL素子30(吸着層37)を覆うように配置されている。封止層34は、Z方向に順に積層された第1封止層34aと、平坦化層34bと、第2封止層34cとで構成されている。第1封止層34aと第2封止層34cとは、水分や酸素に対してバリア性を有するパッシベーション膜であり、無機材料を用いて形成される。無機材料としては、水分や酸素等を通し難い、例えば酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化アルミニウム等が用いられる。

【0074】

第1封止層34a及び第2封止層34cを形成する方法としては真空蒸着法、イオンプレーティング法、スパッター法、CVD法等が挙げられる。有機EL素子30に熱等のダメージを与え難い点で、真空蒸着法やイオンプレーティング法を採用することが望ましい。第1封止層34a及び第2封止層34cの膜厚は、成膜時にクラック等が生じ難く、且つ透光性が得られるように、例えば50nm~1000nm程度、好ましくは200nm~400nm程度となっている。

【0075】

平坦化層34bは、有機EL素子30（吸着層37）を覆う第1封止層34aに積層して形成されている。第1封止層34aの表面には、膜厚が異なる透光層26の影響を受けて生じた有機EL素子30の表面の凹凸が反映される。また、有機EL素子30の表面に段差が生じる発光抑制領域Sにおいては、第1封止層34aの成膜時における欠陥（ピンホール、クラック）が生じる場合もある。

【0076】

平坦化層34bは、第1封止層34aの表面の凹凸を緩和するとともに、第1封止層34aの成膜時における欠陥（ピンホール、クラック）や異物等を被覆し、略平坦な面を形成する。第1封止層34aの表面の凹凸を緩和するため、例えば1μm~5μm程度の膜厚で平坦化層34bを形成することが好ましい。これによって、封止層34（第2封止層34c）上に形成されるカラーフィルター36が該凹凸の影響を受け難くなる。

【0077】

平坦化層34bは、透光性を有し、例えば、熱または紫外線硬化型のエポキシ樹脂、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂のいずれかの樹脂材料を、有機溶剤や液体に溶解してコーティングした後硬化させることにより形成することができる。なお、塗布型の無機材料（酸化シリコン等）を用いて平坦化層34bを形成してもよい。

【0078】

カラーフィルター36は、封止層34上に配置されている。カラーフィルター36は、サブ画素18B、18G、18Rに対応して、青（B）、緑（G）、赤（R）の着色材料を含む感光性樹脂材料を用いてフォトリソグラフィ法等で形成された着色層36B、36G、36Rで構成されている。カラーフィルター36の着色層36B、36G、36Rは、後述する光共振構造により各サブ画素18から取り出されたピーク波長範囲の光を透過させることで、保護基板40側へ射出される青色（B）、緑色（G）、赤色（R）の各色光の色純度を高める機能を有する。

【0079】

〔光共振構造〕

次に、図4を参照して、本実施形態に係る有機EL装置100が有する光共振構造を説明する。本実施形態に係る有機EL装置100は、光反射層25と対向電極35との間に光共振構造を有している。有機EL装置100において、発光機能層32が発した光は、光反射層25と対向電極35との間で繰り返し反射され、光反射層25と対向電極35との間の光学的な距離に対応する特定波長（共振波長）の光の強度が増幅され、青色（B）、緑色（G）、赤色（R）の各色光が表示光として保護基板40からZ方向に射出される。

【0080】

本実施形態において、透光層26は、光反射層25と対向電極35との間の光学的な距離を調整する役割を有している。上述した通り、透光層26の膜厚は、サブ画素18B、サブ画素18G、サブ画素18Rの順に大きくなっている。その結果、光反射層25と対向電極35との間の光学的な距離は、サブ画素18B、サブ画素18G、サブ画素18Rの順に大きくなっている。光学的な距離は、光反射層25と対向電極35との間に存在する各層の屈折率と膜厚との積の合計で表すことができる。

【0081】

例えば、サブ画素18Bでは、共振波長（輝度が最大となるピーク波長）が470nm

となるように、透光層 26 の膜厚が設定されている。サブ画素 18 G では、共振波長が 540 nm となるように、透光層 26 の膜厚が設定されている。サブ画素 18 R では、共振波長が 610 nm となるように、透光層 26 の膜厚が設定されている。

【0082】

その結果、サブ画素 18 B から 470 nm をピーク波長とする青色光 (B) が発せられ、サブ画素 18 G から 540 nm をピーク波長とする緑色光 (G) が発せられ、サブ画素 18 R から 610 nm をピーク波長とする赤色光 (R) が発せられる。換言すれば、有機 EL 装置 100 は、特定波長の光の強度を増幅する光共振構造を有し、サブ画素 18 B では発光機能層 32 が発する白色光から青色の光成分を取り出し、サブ画素 18 G では発光機能層 32 が発する白色光から緑色の光成分を取り出し、サブ画素 18 R では発光機能層 32 が発する白色光から赤色の光成分を取り出している。

10

【0083】

なお、透光層 26 の代わりに、画素電極 31 (31 B, 31 G, 31 R) の膜厚を互いに異ならせることで、光反射層 25 と対向電極 35 との間の光学的な距離を調整する構成としてもよい。

【0084】

このようなサブ画素 18 B, 18 G, 18 R において、有機 EL 素子 30 B, 30 G, 30 R から発せられた青色 (B)、緑色 (G)、赤色 (R) の各色光がカラーフィルタ 36 の着色層 36 B, 36 G, 36 R を透過することによって、各色光の色純度が高められる。

20

【0085】

[電子注入層、対向電極、及び吸着層の詳細構成]

次に、本実施形態に係る有機 EL 素子 30 が備える電子注入層 33、対向電極 35、及び吸着層 37 の詳細構成を、図 5 を参照して説明する。図 5 は、第 1 の実施形態に係る有機 EL 素子の構造を示す拡大断面図である。図 5 は、図 4 の断面図を部分拡大した図である。

【0086】

図 5 に示す本実施形態に係る電子注入層 33 は、大気中で安定した材料である LiF (フッ化リチウム) で形成されている。本実施形態では、対向電極 35 及び吸着層 37 が電子注入層 33 の材料 (Li 化合物) を還元する還元性材料である Mg を含み、両者に含まれる Mg の量によって、より低い電圧で発光機能層 32 が発光して有機 EL 素子 30 の輝度が高められるようにしている。電子注入層 33 の膜厚は、例えば、1 nm 程度である。

30

【0087】

本実施形態に係る対向電極 35 は、Ag と還元性材料である Mg とを含む。対向電極 35 に含まれる Ag が多いほど、光の損失 (吸収) が小さくなり明るくなるので、半透過反射膜としての光学的特性を向上させることができる。また、対向電極 35 に含まれる Ag が多いほど、対向電極 35 の電流注入性を改善することができる。本実施形態に係る対向電極 35 では、Ag を原子数比において 75 % 以上含むこととし、Ag を 90 % 以上含むことが好ましく、Ag を 95 % 以上含むことがより好ましい。

【0088】

本実施形態では、気相成膜法の真空蒸着法を用いて対向電極 35 を形成する。対向電極 35 に含まれる Ag と Mg との比率は、対向電極 35 を形成する際の Ag と Mg との蒸着速度比により調整できる。例えば、Ag と Mg との蒸着速度比を 3 : 1、9 : 1、20 : 1 とすることにより、対向電極 35 に含まれる Ag の比率をそれぞれ 75 %、90 %、95 % とすることができる。特許文献 1 の図 2、図 5、及び図 6 には、Ag と Mg との蒸着速度比を 3 : 1 (Ag が原子数比において 75 %) ~ 20 : 1 (Ag が原子数比において 95 %) に設定すると、光学的特性と電流注入性とを良好な状態にできることが示されている。

40

【0089】

一方で、対向電極 35 に含まれる Ag が多すぎると、Ag 原子同士が凝集して島状にな

50

り膜質が低下してしまうため、対向電極 35 の抵抗率が上昇し給電性能が劣化する。本実施形態では、対向電極 35 に Ag の他に Mg を含むので、Ag 原子同士が凝集して膜質が低下することを抑制できる。本実施形態では、対向電極 35 に含まれる Ag を原子数比において 98% 以下とする。特許文献 1 の図 4、図 5、及び図 8 には、Ag と Mg との蒸着速度比を 50 : 1 (Ag が原子数比において 98%) に設定すると、光学的特性 (輝度) と給電性能が低下することが示されている。

【0090】

このように、本実施形態では、対向電極 35 に含まれる Ag を原子数比において 75% ~ 98% の範囲とすることで、対向電極 35 における、半透過反射膜としての光学的特性の向上と、電極としての電気的特性の向上とを両立させることができる。対向電極 35 の膜厚は、例えば、15 nm 程度とする。なお、対向電極 35 は、Ag 及び Mg 以外の元素を含んでいてもよい。

10

【0091】

しかしながら、Ag は極めて反応性に富むため、Ag を主成分とする対向電極 35 に水分や酸素が侵入すると、対向電極 35 に含まれる Ag がその水分や酸素と反応してしまう。そうすると、対向電極 35 の電子注入性が低下して、有機 EL 素子 30 の発光特性の劣化や発光寿命における信頼性品質低下を招くこととなる。対向電極 35 に含まれる Ag が多いほど、発光特性の劣化や信頼性品質低下への影響は大きくなる。そこで、有機 EL 素子 30 の外部から侵入する水分や酸素を吸着して対向電極 35 まで到達しないようにするために、吸着層 37 が設けられている。

20

【0092】

本実施形態に係る吸着層 37 は、Mg で形成されている。Mg は、水分や酸素と反応しやすい材料であり、吸着層 37 の材料として好適である。吸着層 37 は、対向電極 35 と同様に、真空蒸着法を用いて形成される。Mg は、対向電極 35 に還元性材料として含まれている材料であるので、Ag と Mg とを材料として対向電極 35 を成膜した後、Mg のみを材料として対向電極 35 上に吸着層 37 を成膜できる。したがって、有機 EL 素子 30 の製造プロセスを簡易にでき、有機 EL 素子 30 の生産性を向上させることができる。

【0093】

ここで、吸着層 37 が設けられることによる効果を比較例と比較して説明する。図 10 は、比較例に係る有機 EL 素子の構造を示す拡大断面図である。図 10 には、比較例に係る有機 EL 素子 38 を備える有機 EL 装置 900 の素子基板 90 が示されている。比較例に係る有機 EL 素子 38 は、本実施形態に係る有機 EL 素子 30 に対して、吸着層 37 が設けられていない点が異なる以外は同様の構成を有している。

30

【0094】

図 10 に示すように、サブ画素 18 G の発光領域 EM とサブ画素 18 R の発光領域 EM との間の発光抑制領域 S において、有機 EL 素子 38 (対向電極 35) を覆う第 1 封止層 34 a に、有機 EL 素子 38 の表面の段差や異物等に起因するクラック 51 が生じてしまった場合を想定する。第 1 封止層 34 a 上にエポキシ樹脂等の樹脂材料で形成される平坦化層 34 b は、脱水処理や窒素雰囲気下での成膜などによって水分や酸素の含有量が低減されているが、水分や酸素を皆無にすることは困難である。

40

【0095】

平坦化層 34 b に含まれる水分や酸素が、第 1 封止層 34 a のクラック 51 を通って対向電極 35 まで侵入すると、発光抑制領域 S において対向電極 35 に含まれる Ag が侵入してきた水分や酸素と反応する。図 10 には、Ag が水分や酸素と反応して対向電極 35 内に形成された反応部 53 を模式的に示している。反応部 53 では対向電極 35 としての電子注入性が失われるため、反応部 53 が発光領域 EM 内にできると、その部分は発光機能層 32 が発光しないダークスポットとなる。

【0096】

発光抑制領域 S において侵入した水分や酸素が対向電極 35 内で拡散すると、図 10 に示すように、反応部 53 が発光抑制領域 S からサブ画素 18 G の発光領域 EM まで拡大す

50

る。そうすると、発光機能層 32 が発光しないダークスポットが発光領域 EM 内にできるため、サブ画素 18G において実質的に発光する領域が発光領域 EM 内よりも小さくなる現象（以下では、画素シュリンクという）が生じて、サブ画素 18G の明るさが低下する。

【0097】

このように、水分や酸素が対向電極 35 に侵入して対向電極 35 内で拡散すると、反応部 53 が拡大して画素シュリンクが発生することにより、有機 EL 装置 900 の明るさが低下することとなる。そして、対向電極 35 内で水分や酸素と Ag との反応が経時的に進行すると、有機 EL 装置 900 の信頼性品質の低下を招いてしまう。

【0098】

有機 EL 装置 900 が、サブ画素 18 の配置ピッチが $10\ \mu\text{m}$ 以下の高精細な発光装置であると、サブ画素 18 の配置ピッチがより大きな発光装置と比べて、各サブ画素 18 における発光領域 EM 及びその周囲の発光抑制領域 S は小さい。そのため、水分や酸素が対向電極 35 に侵入すると発光領域 EM に拡散し易くなるので、画素シュリンクが発生し易くなるとともに、明るさの低下がより顕著なものとなる。

【0099】

これに対して、本実施形態に係る有機 EL 装置 100 では、対向電極 35 上に吸着層 37 を備えている。図 5 には、有機 EL 装置 100 の素子基板 10 において、第 1 封止層 34a のクラック 51 を通って水分や酸素が有機 EL 素子 30 に侵入した場合を模式的に示している。有機 EL 素子 30 では、対向電極 35 が吸着層 37 で覆われているため、吸着層 37 に含まれる Mg が水分や酸素と反応し、後述する式 (2) や式 (3) に示す反応が起きて、吸着層 37 内に酸素原子が吸着された部分である反応部 52 が形成される。

【0100】

すなわち、有機 EL 素子 30 の外部から水分や酸素が侵入しても、侵入した水分や酸素は吸着層 37 で Mg と反応することにより吸着される。したがって、対向電極 35 に含まれる Ag の含有率が高くて、吸着層 37 により水分や酸素の対向電極 35 への侵入が抑えられ、画素シュリンクの発生を抑制できるので、有機 EL 素子 30 の明るさの低下や信頼性品質の低下を抑えることができる。この結果、明るく信頼性品質が優れた有機 EL 装置 100 を提供することができる。

【0101】

ここで、第 1 封止層 34a のクラック 51 は、有機 EL 素子 30 の表面に段差がある発光抑制領域 S に生じ易い。そのため、クラック 51 を通って吸着層 37 内に侵入した水分や酸素が Mg と反応すると、反応部 52 は発光抑制領域 S に形成される。したがって、図 5 に示すように吸着層 37 に反応部 52 が形成された有機 EL 装置 100 では、発光抑制領域 S において吸着層 37 に含まれる酸素原子の濃度は、発光領域 EM において吸着層 37 に含まれる酸素原子の濃度よりも高くなる。

【0102】

なお、ここでは、平坦化層 34b に含まれる水分や酸素が吸着層 37 により吸着される場合について説明したが、万が一封止層 34（第 2 封止層 34c）の外部から水分や酸素が侵入した場合でも、吸着層 37 に含まれる Mg が侵入した水分や酸素と反応することにより吸着されるので、対向電極 35 への侵入が抑えられる。

【0103】

水分や酸素の対向電極 35 への侵入を抑制する観点からは、吸着層 37 の膜厚は厚い方が良く考えられる。しかしながら、吸着層 37 の膜厚が厚くなると、発光機能層 32 から発せられた光に対して吸着層 37 による光損失（光吸収）が大きくなるため、対向電極 35 の主成分を Ag とすることで実現した明るさが損なわれてしまうこととなる。そこで、吸着層 37 の膜厚の好適な範囲（上限値及び下限値）について実施例と比較例とを比較して説明する。

【0104】

[吸着層の膜厚の好適な範囲]

10

20

30

40

50

図 6 は、実施例及び比較例の構成と試験結果とを示す表である。図 7 は、吸着層による光吸収率の測定方法を説明する図である。図 8 は、吸着層の膜厚と光吸収率との関係を示すグラフである。

【0105】

吸着層 37 の膜厚の好適な範囲を見出すため、図 6 に示すように、2 種類の比較例と 7 種類の実施例とを用意した。比較例 1 は、本実施形態に係る有機 EL 素子 30 に対して、電子注入層 33 及び吸着層 37 を備えていない点が異なり、対向電極 35 の膜厚は同じ 15 nm としているが、対向電極 35 に含まれる Ag を約 9.1% (成膜する際の Ag と Mg との蒸着速度比を 1:10) としている。

【0106】

比較例 2 は、本実施形態に係る有機 EL 素子 30 に対して、吸着層 37 を備えていない点のみが異なり、LiF と Mg との 2 層で構成された膜厚 1 nm の電子注入層 33 と、Ag を 90.9% 含む (Ag と Mg との蒸着速度比を 10:1 として成膜した) 膜厚 15 nm の対向電極 35 とを備えている点は同じである。したがって、比較例 2 は、比較例 1 に対して、電子注入層 33 を備えている点と、対向電極 35 に含まれる Ag の比率が高い点とが異なる。

【0107】

図 6 の「相対輝度」の欄には、比較例 1 の輝度の測定結果を基準とする (1 とする) 数値が示されている。また、図 6 の「高温試験」の欄には、有機 EL 装置を 60 の雰囲気下に 1000 時間まで放置して、上述した画素シュリンクが発生した場合にその発生時間が示されており、画素シュリンクが発生しなかった場合には「-」が示されている。なお、「高温試験」は、第 1 封止層 34a のクラック 51 を通って侵入した水分による信頼性の低下を加速する試験であり、例えば、炎天下で自動車の車内に有機 EL 装置を備えた電子機器を放置した場合を想定して試験条件を設定している。

【0108】

相対輝度については、比較例 1 に対して比較例 2 では 1.76 となっており、比較例 2 で対向電極 35 に含まれる Ag の比率が高いことと電子注入層 33 を備えたことが、明るさの向上に寄与していることがわかる。一方、高温試験については、比較例 1 では 1000 時間で画素シュリンクが発生しないのに対して、比較例 2 では 230 時間で画素シュリンクが発生しており、対向電極 35 に含まれる Ag の比率が高いと水分や酸素と反応することによる画素シュリンクが起き易いことがわかる。

【0109】

実施例 1 ~ 実施例 7 は、比較例 2 に対して、電子注入層 33 及び対向電極 35 の構成は同じであるが、吸着層 37 を備えている点異なる。また、実施例 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 では、吸着層 37 の膜厚が、それぞれ 0.5 nm、1 nm、2 nm、3 nm、5 nm、8 nm、10 nm と異なる値に設定されている。

【0110】

相対輝度については、実施例 7 が比較例 1 に対して 0.87 と比較例 1 よりも低くなったが、実施例 1 ~ 実施例 6 では比較例 1 よりも高い値となった。この結果より、吸着層 37 の膜厚が薄いほど輝度が高くなり (換言すれば、吸着層 37 の膜厚が厚いほど輝度が低くなり)、吸着層 37 の膜厚が 8 nm 以下であれば比較例 1 よりも高い輝度を実現できることがわかる。

【0111】

一方、高温試験では、実施例 1 で 450 時間で画素シュリンクが発生したが、実施例 2 ~ 実施例 7 では 1000 時間で画素シュリンクが発生しなかった。この結果より、対向電極 35 に含まれる Ag の比率が高くて、吸着層 37 を備えることにより画素シュリンクが発生しにくくなり、吸着層 37 の膜厚が 1 nm 以上であれば水分や酸素を吸着して対向電極 35 への侵入を抑制する機能を果たすことがわかる。

【0112】

続いて、吸着層 37 の膜厚の上限値について考察する。本実施形態に係る有機 EL 素子

10

20

30

40

50

30では、光反射層25と対向電極35との間に光共振構造を形成している。吸着層37は、半透過反射膜である対向電極35上に形成されるので、吸着層37には、有機EL素子30の光共振構造から発せられる光、すなわち対向電極35から射出される光に対する光損失（光吸収率）が小さいことが求められる。

【0113】

そこで、図7に示すように、基材11上に、対向電極35と吸着層37と第1封止層34aとを成膜して、入射光Lに対する光損失を評価した。対向電極35は、成膜する際のAgとMgとの蒸着速度比が10:1（Agの含有比率が90.9%）で膜厚を15nmとした。吸着層37はMgで成膜し、その膜厚を実施例2～実施例7のそれぞれと同じ設定とした。第1封止層34aは、CVD法により窒化シリコン膜を500nmの膜厚で成膜した。

10

【0114】

図8には、上述の構成で吸着層37による光損失（光吸収率）を測定した結果が示されている。図8において、横軸は吸着層37の膜厚（nm）であり、縦軸は光吸収率（%）である。光吸収率は、吸着層37の各膜厚について図7に示す入射光Lの波長を400nm～700nmの範囲で1nmずつ変化させ、入射光Lを1として、入射光Lに対する反射光Lrの比率（反射率）及び透過光Ltの比率（透過率）の平均値を減じて、以下の式（1）により算出した。以下の式（1）において、Aは光吸収率であり、R（ ）は波長における反射率であり、T（ ）は波長における透過率である。

【0115】

20

【数1】

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{1 - R(\lambda_i) - T(\lambda_i)\} \cdots (1)$$

【0116】

図8に示すように、吸着層37の膜厚が厚いほど光吸収率（光損失）は大きくなる。これは、吸着層37を構成するMgが、光の吸収量（すなわち、消衰係数及び吸収係数）が大きい元素であるためである。図6の「相対輝度」の結果より、吸着層37の膜厚が8nm以下であれば比較例1よりも高い輝度を得られ、吸着層37の膜厚が10nmであると比較例1よりも輝度が低くなる。したがって、吸着層37の材料がMgである場合、膜厚の上限値は8nmとすることが好ましい。

30

【0117】

図8より、吸着層37の膜厚が8nmであるときの光吸収率は32%程度となる。これより、比較例1以上の輝度を得るためには、吸着層37の光吸収率は30%以下であることが好ましい。したがって、吸着層37の材料が他の材料である場合も含めると、吸着層37の膜厚の上限値は、光吸収率が30%となる膜厚とすることが好ましい。

【0118】

次に、吸着層37の膜厚の下限値について考察する。図6に示すように、吸着層37を備えていない比較例2では230時間で画素シュリンクが発生し、吸着層37の膜厚が0.5nmの実施例1では450時間で画素シュリンクが発生している。そして、吸着層37の膜厚が1nm以上の実施例2, 3, 4, 5, 6, 7では1000時間までで画素シュリンクが発生していない。ここでは、上述したように、平坦化層34bに含まれる水分や酸素が第1封止層34aのクラック51を通して侵入する場合を考える。

40

【0119】

比較例1では、図10に示すように、平坦化層34bに含まれる水分や酸素が、第1封止層34aのクラック51を通して対向電極35まで侵入したため、画素シュリンクが発生したと考えられる。また、実施例1では、平坦化層34bから第1封止層34aのクラック51を通して侵入した水分や酸素が吸着層37である程度吸着されたものの、一部が対向電極35まで侵入してしまったため、画素シュリンクが発生したと考えられる。実施例2, 3, 4, 5, 6, 7では、クラック51を通して侵入した水分や酸素が吸着層37

50

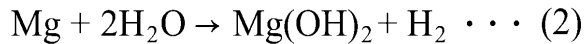
で吸着され、対向電極 3 5 への侵入が抑えられたと考えられる。

【 0 1 2 0 】

吸着層 3 7 を構成する M g は、水分や酸素と反応しやすい元素である。ここで、M g が水分（水）と反応した場合には式（ 2 ）で示す反応が起こり、M g が酸素と反応した場合には式（ 3 ）で示す反応が起こることにより、水分や酸素が吸着層 3 7 で吸着されたとの仮説を立てて、吸着層 3 7 の膜厚の下限値を試算する。

【 0 1 2 1 】

【数 2】



10

【 0 1 2 2 】

【数 3】



【 0 1 2 3 】

式（ 2 ）に示す水と反応した場合には、M g 原子 1 つで水分子 2 つ（酸素原子 2 つ）が吸着されることとなる。式（ 3 ）に示す酸素と反応した場合には、M g 原子 1 つで酸素原子 1 つが吸着されることとなる。ここでは、M g 原子を吸着原子とし、M g 原子数を吸着原子の数と定義する。平坦化層 3 4 b には、5 0 p p m の水分（水）が含まれているものとする。なお、上述の比較例及び実施例において平坦化層 3 4 b に含まれる水分は 1 0 p p m 程度であり、5 0 p p m は実際よりも多めのマージンを含んだ値である。

20

【 0 1 2 4 】

平坦化層 3 4 b がアクリル樹脂やエポキシ樹脂で形成されている場合を例に取り、平坦化層 3 4 b の比重を 1 . 2 g / c m³ とする。平坦化層 3 4 b の膜厚を 2 . 5 μ m とし、水の分子量を 1 8 とし、アボガドロ定数を 6 . 0 2 × 1 0²³ m o l⁻¹ とすると、平坦化層 3 4 b に含まれる酸素の原子数は、以下の式（ 4 ）により算出できる。

【 0 1 2 5 】

【数 4】

$$50\text{ppm} \times 1.2[\text{g}/\text{cm}^3] \times 18 / (6.02 \times 10^{23}[\text{1/mol}]) \times 2.5[\mu\text{m}] = 5.0 \times 10^{14}[\text{1}/\text{cm}^2] \cdots (4)$$

30

【 0 1 2 6 】

次に、式（ 4 ）により算出された酸素の原子数と同数の M g 原子が均一に成膜された場合の吸着層 3 7（M g）の膜厚は、M g の原子量を 2 4 とし、M g の比重を 1 . 7 4 g / c m³ とすると、以下の式（ 5 ）により算出できる。

【 0 1 2 7 】

【数 5】

$$5.0 \times 10^{14}[\text{1}/\text{cm}^2] \times 24/1.74[\text{g}/\text{cm}^3] / (6.02 \times 10^{23}[\text{1}/\text{mol}]) = 0.11[\text{nm}] \cdots (5)$$

40

【 0 1 2 8 】

式（ 5 ）の結果より、上記の試算に基づく吸着層 3 7 の膜厚の下限値は、0 . 1 1 n m となる。図 6 に示す実施例の評価結果からは、吸着層 3 7 の膜厚が 1 n m 以上では画素シユリンクは発生しないが、吸着層 3 7 の膜厚が 0 . 5 n m では画素シユリンクが発生しているため、吸着層 3 7 の材料が M g である場合、吸着層 3 7 の膜厚の下限値は 1 n m とすることが好ましい。この値は、上記の試算値の 0 . 1 1 n m の約 9 . 1 倍である。

【 0 1 2 9 】

上記の試算に基づく膜厚と、実施例の評価結果に基づく膜厚との差については、吸着層 3 7 内で水分や酸素が平面方向に拡散せず局所的に（厚さ方向に）通る経路が形成されたことや、吸着層 3 7 の膜厚が均一でなかったことなどが起因しているものと考えられる。

【 0 1 3 0 】

50

この結果より、吸着層 37 に含まれる吸着原子 (Mg 原子) の数は、上記の試算に基づく膜厚 0.11 nm の前提となる吸着原子の数に対して、少なくとも 10 倍以上であり、好ましくは 20 倍以上であることが望ましい。したがって、吸着層 37 の材料が他の材料である場合も含めると、吸着層 37 の膜厚の下限値は、平坦化層 34b に含まれる水分子や酸素原子の数の 10 倍の吸着原子が含まれる膜厚とし、平坦化層 34b に含まれる水分子や酸素原子の数の 20 倍以上の吸着原子が含まれる膜厚とすることが好ましい。

【0131】

なお、上記の実施例では吸着層 37 の材料を、光の吸収係数が比較的大きな Mg としたため、吸着層 37 の膜厚は水分や酸素を吸着する機能を果たす範囲で薄い方が好ましい。より具体的には、吸着層 37 の膜厚は、対向電極 35 の膜厚よりも薄いことが、有機 EL 素子 30 の光共振構造から発せられる光 (対向電極 35 から射出される光) の取り出し効率低下が抑えられるので好ましい。

【0132】

(第2の実施形態)

<電子機器>

次に、第2の実施形態に係る電子機器について図9を参照して説明する。図9は、第2の実施形態に係る電子機器としてのヘッドマウントディスプレイの構成を示す概略図である。

【0133】

図9に示すように、第2の実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ (HMD) 1000 は、左右の目に対応して設けられた2つの表示部 1001 を備えている。観察者 M はヘッドマウントディスプレイ 1000 を眼鏡のように頭部に装着することにより、表示部 1001 に表示された文字や画像等を見ることができる。例えば、左右の表示部 1001 に視差を考慮した画像を表示すれば、立体的な映像を見て楽しむこともできる。

【0134】

表示部 1001 には、第1の実施形態に係る有機 EL 装置 100 が搭載されている。したがって、色純度が高く視野角特性に優れた表示品質を有するとともに、小型で軽量のヘッドマウントディスプレイ 1000 を提供することができ、特にシースルータイプのヘッドマウントディスプレイ 1000 に好適である。

【0135】

ヘッドマウントディスプレイ 1000 は、2つの表示部 1001 を有する構成に限定されず、左右のいずれかに対応させた1つの表示部 1001 を備える構成としてもよい。

【0136】

なお、第1の実施形態に係る有機 EL 装置 100 が搭載される電子機器は、ヘッドマウントディスプレイ 1000 に限定されない。有機 EL 装置 100 が搭載される電子機器としては、例えば、パーソナルコンピューターや携帯型情報端末、ナビゲーター、ビューワー、ヘッドアップディスプレイ等の表示部を有する電子機器が挙げられる。

【0137】

上述した実施形態は、あくまでも本発明の一態様を示すものであり、本発明の範囲内で任意に変形及び応用が可能である。変形例としては、例えば、以下のようなものが考えられる。

【0138】

(変形例1)

第1の実施形態では、有機 EL 素子 30 が備える吸着層 37 の材料は Mg であったが、本発明はこのような形態に限定されない。吸着層 37 の材料 (電子注入層 33 の材料を還元する還元性材料) は、Al 等の他の金属であってもよい。Al は、Li 化合物の還元性に優れるとともに、製造時における取り扱いが比較的容易であり、容易に蒸着等の気相成膜法を用いることができる。また、吸着層 37 の材料は、有機材料であってもよい。吸着層 37 の材料に有機材料を用いる場合、光の吸収係数が小さく、かつ、吸水性を有する有機材料であることが好ましい。なお、吸着層 37 の材料に有機材料を用いる場合は、吸着

10

20

30

40

50

層 3 7 の膜厚の下限值を設定する際に、吸着層 3 7 に含まれる吸着原子の数を吸着分子の数に置き換えて考えればよい。

【 0 1 3 9 】

(変形例 2)

第 1 の実施形態では、有機 E L 装置 1 0 0 において、表示領域 E に設けられる発光画素は、青 (B)、緑 (G)、赤 (R) の発光に対応したサブ画素 1 8 B , 1 8 G , 1 8 R に限定されない。例えば、上記 3 色以外の黄 (Y) の発光が得られるサブ画素 1 8 Y を備えてもよい。これにより、色再現性をさらに高めることが可能となる。また、上記 3 色のうち 2 色のサブ画素 1 8 を備えていてもよい。

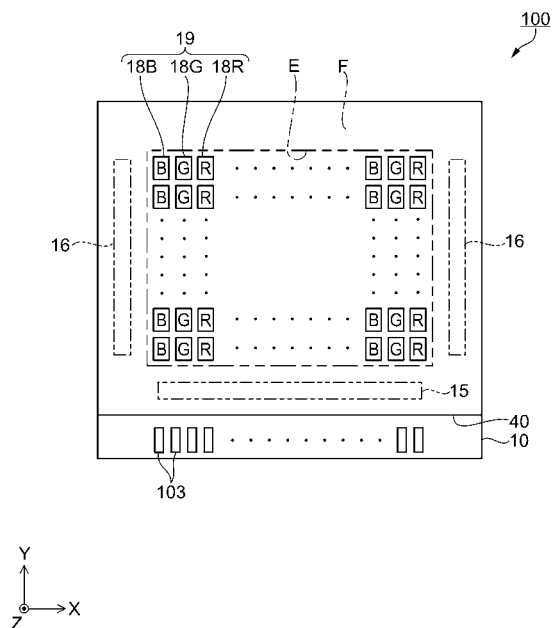
【 符号の説明 】

10

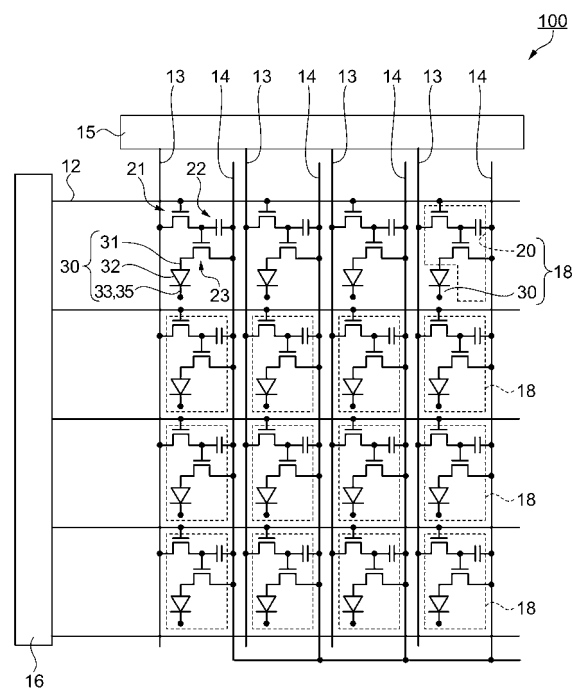
【 0 1 4 0 】

1 1 ... 基材 (基板)、1 8 , 1 8 B , 1 8 G , 1 8 R ... サブ画素 (画素)、2 5 ... 光反射層、3 0 , 3 0 B , 3 0 G , 3 0 R ... 有機 E L 素子 (発光素子)、3 1 , 3 1 B , 3 1 G , 3 1 R ... 画素電極 (第 1 電極)、3 2 ... 発光機能層、3 3 ... 電子注入層、3 4 ... 封止層、3 4 a ... 第 1 封止層、3 4 b ... 平坦化層、3 4 c ... 第 2 封止層、3 5 ... 対向電極 (第 2 電極)、3 7 ... 吸着層、1 0 0 ... 有機 E L 装置 (発光装置)、1 0 0 0 ... ヘッドマウントディスプレイ (電子機器)。

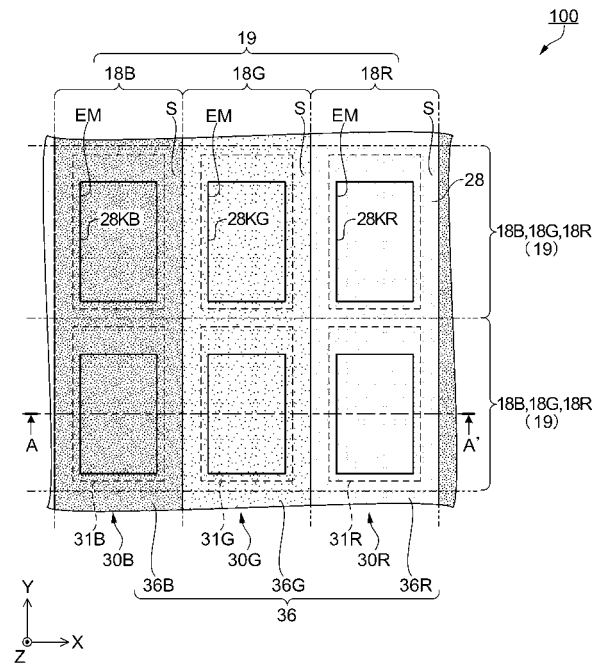
【 図 1 】



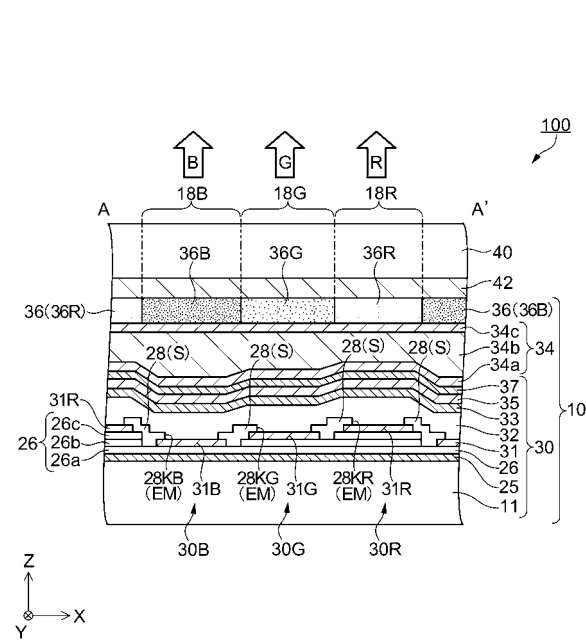
【 図 2 】



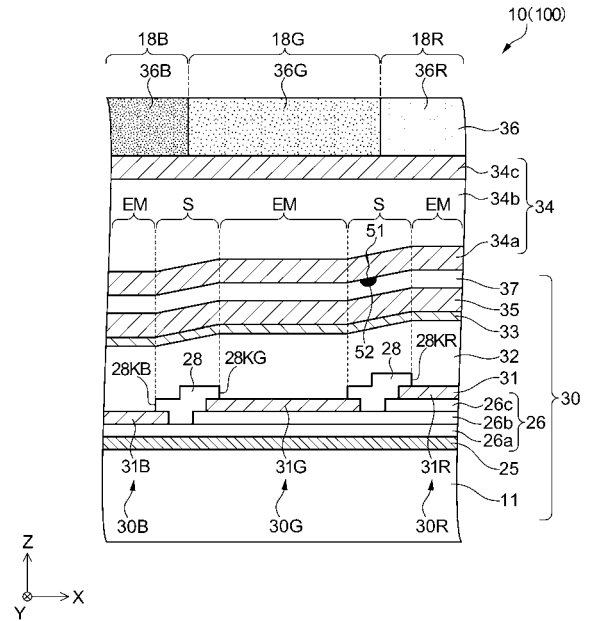
【図 3】



【図 4】



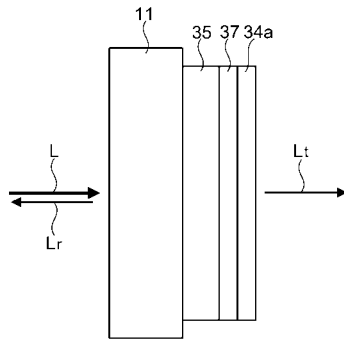
【図 5】



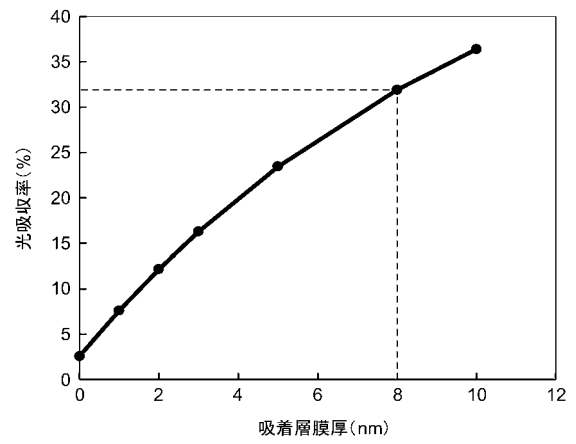
【図 6】

	実施例7	実施例6	実施例5	実施例4	実施例3	実施例2	実施例1	比較例2	比較例1	
電子注入層	LiF + Mg (1nm)									
対向電極	Ag: Mg=1:10 (15nm)									
吸着層	無し									
相対輝度 (比較例1基準)	無し	Mg (10nm)	Mg (8nm)	Mg (5nm)	Mg (3nm)	Mg (2nm)	Mg (1nm)	Mg (0.5nm)	1	1.76
高温試験 (画素シフト発生時間)	無し	0.87	1.05	1.31	1.43	1.51	1.72	1.74	450	230

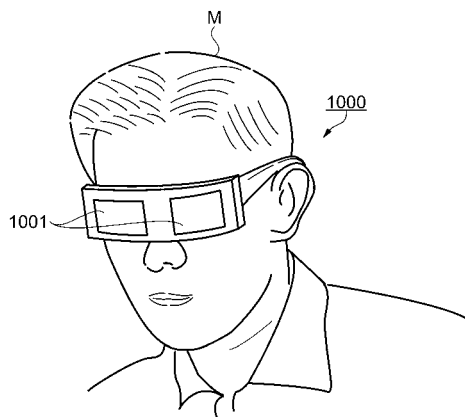
【図 7】



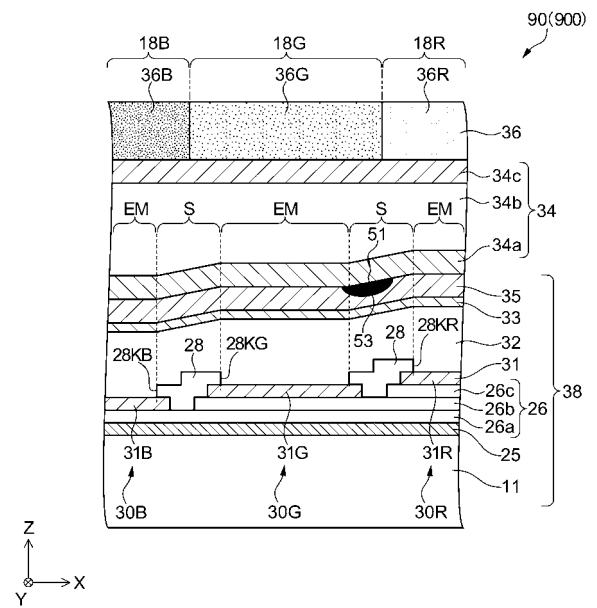
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 5 B 33/22 Z

(72)発明者 浅川 勉

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC23 DD22 DD23 DD27 DD28 DD44X DD44Y DD90
DD96 EE46 EE49 EE50 FF06 FF14 FF15