

(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2004-235152
(P2004-235152A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/24	H05B 33/24	3K007
H05B 33/14	H05B 33/14	A
H05B 33/26	H05B 33/26	A

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2004-21636 (P2004-21636)	(71) 出願人	590000846 イーストマン コダック カンパニー アメリカ合衆国, ニューヨーク14650 、ロチェスター, ステイト ストリート3 43
(22) 出願日	平成16年1月29日 (2004.1.29)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	10/356271	(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敬
(32) 優先日	平成15年1月31日 (2003.1.31)	(74) 代理人	100087413 弁理士 古賀 哲次
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100128495 弁理士 出野 知
		(74) 代理人	100082898 弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

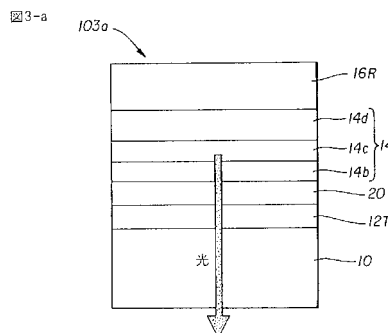
(54) 【発明の名称】 カラー有機発光表示装置

(57) 【要約】

【課題】 発光出力効率及び色質を改良したカラー有機発光表示装置を提供すること。

【解決手段】 各色画素セットが所定の異なる色で発光する2組以上の異なる色画素セットに分割された画素配列を有するカラー有機発光表示装置であって、該配列に含まれる各画素が、(a)金属底部電極層、(b)該所定の色の光を放出するための発光層を含む有機EL要素、及び(c)該金属底部電極層から、該所定の色の発光出力効率が向上するように選定された一定の距離を置いて、該有機EL要素の上に配置された金属上部電極層を含み、該金属電極層の一方が半透明であり、その他方が実質的に不透明かつ反射性であり、該半透明金属電極及び該反射性金属電極の材料が特定の材料から選択され、そして該半透明金属電極層の厚さと、該発光層の該電極間の位置とが、該発光出力効率が高くなるように選定されていることを特徴とするカラー有機発光表示装置。

【選択図】 図3-a



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共通の基板上に、各色画素セットが所定の異なる色で発光する 2 組以上の異なる色画素セットに分割された画素配列を有するカラー有機発光表示装置であって、該配列に含まれる各画素が、

(a) 該基板の一表面上に配置された金属底部電極層、

(b) 該金属底部電極層の上に配置された、該所定の色の光を放出するための発光層を含む複数の有機層を有する有機EL要素、及び

(c) 該金属底部電極層から、該所定の色の発光出力効率が向上するように選定された一定の距離を置いて、該有機EL要素の上に配置された金属上部電極層

10

を含み、該金属電極層の一方が半透明であり、その他方が実質的に不透明かつ反射性であり、該半透明である金属電極層の材料がAg、Au又はこれらの合金から選択され、該不透明かつ反射性である金属電極層の材料がAg、Au、Al又はこれらの合金から選択され、そして該半透明である金属電極層の厚さと、該発光層の該金属電極層間の位置とが、該発光出力効率が高くなるように選定されていることを特徴とするカラー有機発光表示装置。

【請求項 2】

該金属電極層の両方がAg又はその合金であり、かつ、該半透明電極層の厚さが 10 nm ~ 30 nm の範囲内にある、請求項 1 に記載のカラー有機発光表示装置。

【請求項 3】

該底部電極層が半透明であり、かつ、当該光が該基板を通して放出される、請求項 1 に記載のカラー有機発光表示装置。

20

【請求項 4】

該半透明底部電極層と該基板の間に配置された高屈折率吸収低減層をさらに含む、請求項 3 に記載のカラー有機発光表示装置。

【請求項 5】

該吸収低減層の屈折率が 1.6 より高い、請求項 4 に記載のカラー有機発光表示装置。

【請求項 6】

該半透明電極の材料が、Al、Cuもしくはこれらの合金又はAg 50%未満のMgAg系合金をさらに含む、請求項 4 に記載のカラー有機発光表示装置。

【請求項 7】

該上部電極層が半透明であり、かつ、当該光が該半透明上部電極層を通して放出される、請求項 1 に記載のカラー有機発光表示装置。

30

【請求項 8】

該半透明上部電極層の上に配置された高屈折率吸収低減層をさらに含む、請求項 7 に記載のカラー有機発光表示装置。

【請求項 9】

該吸収低減層の屈折率が 1.6 より高い、請求項 8 に記載のカラー有機発光表示装置。

【請求項 10】

該半透明電極の材料が、Al、Cuもしくはこれらの合金又はAg 50%未満のMgAg系合金をさらに含む、請求項 8 に記載のカラー有機発光表示装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、改良されたカラーOLED表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

有機電場発光 (EL) デバイス又は有機発光ダイオード (OLED) は、印加電位差に応じて発光する電子デバイスである。Tang他 (Applied Physics Letters, 51, 913 (1987), Journal of Applied Physics, 65, 3610 (1989)、及び譲受人共通の米国特許第 4 7 6 9 2 9 2 号明細書) において高効率OLEDが実証されている。その後、高分子材料をはじめとし、

50

層構造の異なる数多くのOLEDが開示され、デバイス性能も向上してきている。図1に、従来の底面発光型OLEDの略横断面図を示す。OLEDデバイス101には、基板10、透明底部電極12a、有機EL要素14、及び反射性金属上部電極層16Rが含まれる。有機EL要素14は、正孔注入層(HIL)14a(図示なし)、正孔輸送層(HTL)14b、発光層(LEL)14c、電子輸送層(ETL)14d及び電子注入層(EIL)14e(図示なし)をはじめとする1又は2以上の二次層を含むことができる。図1では、透明底部電極12aがアノードで、反射性金属上部電極層16Rがカソードであるが、その逆配置も可能であり、その場合、有機EL要素14の二次層の順序も反対となる。

【0003】

OLEDデバイスの最も有望な用途の一つは、これをカラー有機発光表示装置に使用することである。カラー有機発光表示装置は、2色以上の色を発する2以上の領域、すなわち画素を含むデバイスである。個々の領域が比較的大きく、かつ、個々の領域の数が少ない場合、当該表示装置は一般にエリアカラーディスプレイと称される。個々の領域は小さいが、その数が多い場合には、当該表示装置は一般に画素化ディスプレイと称される。高解像度のフルカラー画像を表示する必要がある用途にとって好ましいデバイスは、後者である。最も一般的には、画素を色の異なる3種の画素を組み合わせた画素セットに分割し、それぞれが青、緑又は赤の原色を発するようにしている。画素を駆動する印加パワーの組合せを変えることにより、フルカラー画像を表示することができる。

10

【0004】

色の異なる画素を提供するため、数種類の方法が試みられている。最も直接的な方法は、異なる画素に対して色の異なる発光層を配置する方法である。これは、低分子型OLEDデバイスの場合、蒸着工程に際してシャドーマスクを利用し、色の異なる発光体材料を異なる画素に対して選択的に付着させることにより、実施することができる。この方法は、高品位高性能カラー表示装置の製造に首尾よく利用されてきた。高分子型OLEDの製造に特に適している別の方法は、インクジェット印刷法を利用し、所望の画素位置に発光体材料を付着させる方法である。この方法は魅力的ではあるが、安定な高性能デバイスを製造することが困難であった。

20

【0005】

画素を創出するために使用される方法とは関係なくカラー有機発光表示装置に共通する課題は、当該表示装置の発光出力効率及び発光色品位を絶えず改良することである。これに向け、最近では、材料及びデバイス構造について多大な研究開発努力が払われている。検討されている有望な手法の一つに、マイクロキャピティ構造、すなわち微小空洞共振器構造を利用し、OLEDデバイスの色純度及び発光効率を向上させる方法がある(米国特許第6406801号及び同第5780174号明細書並びに特開平11-288786号公報)。微小空洞共振器式OLEDデバイスでは、一方が半透明である2枚の高反射鏡の間に有機EL要素が配置される。反射鏡は、ファブリ・ペロー微小空洞共振器を形成し、これが微小空洞共振器内に配置された有機ELの放出特性を強く変更する。当該空洞共振器の共振波長に相当する波長に近い放出は、半透明鏡を通して増強されるが、その他の波長のものは抑制される。OLEDデバイスに微小空洞共振器を使用すると、放出帯域幅が縮小し、放出の色純度が向上することが示されている(米国特許第6326224号明細書)。微小空洞共振器はまた、OLEDデバイスからの放出の角度分布を劇的に変更させる。微小空洞共振器の使用により輝度出力が増強され得るとの示唆もある(Yokoyama, Science, Vol. 256 (1992) p.66; Jordan他、Appl. Phys. Lett. 69, (1996) p. 1997)。

30

40

【0006】

報告されている事例のほとんどは、反射鏡の少なくとも一方が四分の一波長スタック(QWS)である。QWSは、各層の厚さが四分の一波長である高屈折率誘電体薄膜と低屈折率誘電体薄膜とを交互に積み重ねてなる多層スタックであり、所望の波長範囲にわたり、高反射率、低透過率及び低吸収率を有するように調節することができる。図2に、QWSに基づく従来の代表的な微小空洞共振器式OLEDデバイス102の略横断面図を示す。OLEDデバイス102には、基板10、半透明反射体としてのQWS18、透明底部電極12

50

a、有機EL要素14、及び反射性金属上部電極16Rが含まれる。典型的なQWS18は、 $TiO_2:SiO_2:TiO_2:SiO_2:TiO_2$ の形態のものであり、ここで TiO_2 の $n = 2.45$ 、 SiO_2 の $n = 1.5$ である(R.H. Jordan他、APL 69, 1997 (1996))。各材料の厚さは、550nmの緑色放出の場合の四分の一波長に相当するそれぞれ56nm及び92nmである。動作に際して、共振波長の550nmに中心を有する狭い帯域の光だけが、QWS層を通り微小空洞共振器式OLEDデバイスから放出される。

【0007】

しかしながら、QWSは構造が複雑な上、製造コストも高い。共振帯域幅が極めて狭く、その結果、QWSに基づく微小空洞共振器は当該共振波長において放出ピーク高さを大幅に増加させることができるが、可視波長範囲全体にわたり積算された総合輝度の向上度合いははるかに小さく、実際には、微小空洞共振器を具備しない同等のデバイスより減少してしまう場合もある。さらに、誘電体層は導電性ではない。OLEDデバイスを形成するためには、QWSと当該有機層との間に別個独立した透明導電性電極層を配置する必要がある。このように追加される導電性電極層により、構造体が一層複雑となる。導電性電極として透明導電性酸化物を使用した場合、電導度が限定されるため、多くのデバイス、特に面積の大きなデバイスでは不十分となり得る。金属薄膜を使用した場合、空洞共振器の構造がはるかに複雑化し、デバイス性能が損なわれることがある。したがって、QWSに基づく微小空洞共振器式OLEDデバイスは、実用カラー有機発光表示装置には適していない。

【0008】

一般に、有用な微小空洞共振器効果を達成するためには、非吸収性の誘電体で構築されたQWSが必要であると考えられている。Yokoyama他(Science V256, p.66 (1992))は、彼のよく参照される論文に、具体的に、金属鏡の代わりにQWSを使用することを推奨している。文献上、QWSを代える試みは、あまり成功していない。Berggrem他(Synthetic Metals 76 (1996) 121)は、Al鏡とCa-Al系半透明鏡を使用して微小空洞共振器を構築したPLEDについて検討している。帯域幅が多少狭くなり、微小空洞共振器効果が示唆されたが、微小空洞共振器を具備したデバイスの外部量子効率、微小空洞共振器を具備しない同等なデバイスと比べ3分の1になった。Takada他(Appl. Phys. Lett. 63, 2032 (1993))は、半透明(36nm)Agカソードと250nmのMgAgアノードを使用して微小空洞共振器式OLEDデバイスを構築している。角度分布の変化及び放出帯域幅の縮小が観測されたが、放出強度は、非空洞共振器ケースと比べて有意に低下した。著者は、単純な平面空洞共振器と放出スペクトルの幅広い放出色素との組合せでは、微小空洞共振器内に光を閉じ込めるのに十分ではないと結論付け、新規の空洞共振器構造の開発を奨励した。Jean他(Appl. Phys. Lett., Vol. 81, (2002) 1717)は、100nmのAlをアノードとし、30nmのAlを半透明カソードとして使用して微小空洞共振器構造を構築したOLED構造について検討している。強い微小空洞共振器効果により放出帯域幅が狭くなり、強い角度依存性の変化が観察されたが、輝度効率の向上については一切提案されなかった。実際、デバイスの放出帯域幅が極端に狭いことから判断すると、輝度効率は低下した可能性が非常に高い。欧州特許出願公開第1154676号明細書に、光反射性材料からなる底部電極と、有機発光層と、半透明反射層と、透明材料からなる上部電極とを有する、空洞共振器構造を形成する有機ELデバイスが記載されている。その目的は、広範囲の視角にわたり十分な色再現範囲を有するOLEDデバイスを達成することであった。その目的は、微小空洞共振器効果を実質的に低下させることで放出帯域幅を拡大することにより達成された。複数の反射により共振波長放出が増強されることが示唆されているが、その示唆を裏付ける実際の又は模擬のデータは一切ない。すべての実施例でCr反射性アノードが使用されている。Crのような低反射率アノードを使用した場合、輝度はほとんど増強されないと考えられる。

【0009】

Lu他(Appl. Phys. Lett. Vol. 81, 3921 (2002))に、微小空洞共振器効果によって性能が向上したと著者等が主張する上面発光型OLEDデバイスが記載されている。しかしながら、彼等の性能データは、微小空洞共振器に特徴的な角度依存性をほとんど示していない。分光データは一切示されていないが、非微小空洞共振器式底面発光型構造と微小空洞共

10

20

30

40

50

振器式上面発光型構造との間の色座標の相同性から、微小空洞共振器式OLEDデバイスにおいて予測される帯域幅縮小効果もほとんどないことが示唆される。実際、本発明者らのモデル計算により、彼等の構造体では有意な微小空洞共振器効果は得られないことが確認された。したがって、観測された放出増強は、非微小空洞共振器式OLEDデバイスにおいて典型的に見られる通常の適当な光学干渉効果の結果である可能性が非常に高い。放出増強の大きさは非常に小さく、また色質の向上もなかった。著者等はまた、高反射率アノードと透明カソードを使用することによって最良の効率が達成されることを示唆している。

【0010】

【特許文献1】米国特許第4769292号明細書

【特許文献2】米国特許第5780174号明細書

【特許文献3】米国特許第6326224号明細書

【特許文献4】米国特許第6406801号明細書

【特許文献5】欧州特許出願公開第1154676号明細書

【特許文献6】特開平11-288786号公報

【非特許文献1】Tang他、「Organic electroluminescent diodes」、Appl. Phys. Letter、第51巻、第12号、第913-915頁、1987年9月21日

【非特許文献2】Yokoyama、「Physics and Device Applications of Optical Microcavities」、Science、第256巻、第66-70頁、1992年4月3日

【非特許文献3】Jordan他、「Efficiency enhancement of microcavity organic light emitting diodes」、Appl. Phys. Letter、第69巻、第14号、第1997-1999頁、1996年9月30日

【非特許文献4】Berggren他、「Polymer light-emitting diodes placed in microcavities」、Synthetic Metals、第76巻、第121-123頁、1996年

【非特許文献5】Takada他、「Control of emission characteristics in organic thin-film electroluminescent diodes using an optical-microcavity structure」、Appl. Phys. Letter、第63巻、第15号、第2032-2034頁、1993年10月11日

【非特許文献6】Jean他、「Microcavity organic light-emitting diodes on silicon」、Appl. Phys. Letter、第81巻、第9号、第1717-1719頁、2002年8月26日

【非特許文献7】Lu他、「High efficiency top-emitting organic light-emitting devices」、Appl. Phys. Letter、第81巻、第21号、第3921-3923頁、2002年11月18日

【非特許文献8】Tang他、「Electroluminescent of doped organic thin films」、J. Appl. Phys.、第65巻、第9号、第3610-3616頁、1989年5月1日

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の目的は、発光出力効率及び色質を改良したカラー有機発光表示装置を提供することにある。

本発明の別の目的は、低コストで製造することができる改良型カラー有機発光表示装置を提供することにある。

本発明のさらに別の目的は、電力損を減らすため内部直列抵抗の低いカラー有機発光表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の目的は、共通の基板上に、各色画素セットが所定の異なる色で発光する2組以上の異なる色画素セットに分割された画素配列を有するカラー有機発光表示装置であって、該配列に含まれる各画素が、

(a)該基板の一表面上に配置された金属底部電極層、

(b)該金属底部電極層の上に配置された、該所定の色の光を放出するための発光層を含む複数の有機層を有する有機EL要素、及び

(c)該金属底部電極層から、該所定の色の発光出力効率が向上するように選定された一

定の距離を置いて、該有機EL要素の上に配置された金属上部電極層を含み、該金属電極層の一方が半透明であり、その他方が実質的に不透明かつ反射性であり、該半透明である金属電極層の材料がAg、Au又はこれらの合金から選択され、該不透明かつ反射性である金属電極層の材料がAg、Au、Al又はこれらの合金から選択され、そして該半透明である金属電極層の厚さと、該発光層の該金属電極層間の位置とが、該発光出力効率が高くなるように選定されている、

ことを特徴とするカラー有機発光表示装置を提供することによって達成される。

【0013】

本発明の別の態様として、該微小空洞共振器の外側に、該半透明である金属電極層に隣接するように高屈折率吸収低減層を付加することにより、微小空洞共振器式OLEDデバイスの性能が一層向上する。

10

【発明を実施するための最良の形態】**【0014】**

本発明の好ましい態様において、カラー有機発光表示装置は、共通の基板上に、各セットが所定の異なる色で発光する2組以上の色画素セットに分割された画素配列を有する。カラー有機発光表示装置に含まれる各画素が、2つの金属電極層を有する微小空洞共振器式OLEDデバイスになるように構築されている。各画素は、基板の上に配置された金属底部電極層、該金属底部電極層から間隔を置いて並べられた金属上部電極層、及び、該底部電極層と該上部電極層との間に配置された所定の色の光を放出する有機EL要素を含む。各微小空洞共振器式OLEDデバイスは、2つの金属電極層間に挟まれた複数の層の全光学厚によって決まる共振波長を有し、それが当該画素の所定の色に合わせられる。従来技術の教示や失敗に終わった試みに鑑みると、広範囲にわたるモデル化及び実験作業を通して、発光出力効率及び色質の高い高性能微小空洞共振器式OLEDデバイスを、金属鏡だけで実際に製造できたことは、まったく意外な発見であった。反射性金属電極と半透明金属電極の両方についてその材料選択が重要であること、そして該半透明金属電極の厚さもまた重要であることを見出した。反射性電極としては、Ag、Au、Al及びこれらの合金（これらの金属の少なくとも1種が50原子%以上含まれる合金）をはじめとするわずかな種類の金属しか、好適には使用されない。その他の金属を使用すると、微小空洞共振器効果による輝度出力向上及び色質改善という利益はるかに減少する。同様に、半透明電極についても、Ag、Au、Al及びこれらの合金をはじめとするわずかな種類の材料しか、好適には使用されない。半透明電極の厚さ範囲も限定される。層が薄すぎると有意な微小空洞共振器効果が得られず、また層が厚すぎると輝度出力が低下する。さらに、微小空洞共振器内における発光層の位置も、輝度出力に強い影響を及ぼすので、最適化する必要がある。これらすべての因子を適切に最適化するだけで、対応する非空洞共振器式OLEDデバイスより顕著に発光出力効率及び色質が改良された微小空洞共振器式OLEDデバイスを実現することができる。本発明者らはさらに、該微小空洞共振器の外側に、該半透明電極層に隣接するように吸収低減層を配置することにより、微小空洞共振器デバイスの発光性能が一層向上することを発見した。

20

30

【0015】

金属鏡は、QWSより構造が簡素であり、加工製作が容易である。電極としても機能する2枚の金属鏡を使用するので、別個独立の透明導電性電極を使用する必要がない。半透明金属電極のシート導電率は、従来技術で使用されている透明導電性電極よりもはるかに高くなり得る。導電率の向上は、特にデバイス面積が大きい場合、OLEDデバイスにおける抵抗損を減少させる。適切に設計された金属鏡を使用した放出帯域幅は、QWSを使用して得られるものより広くなるため、輝度出力が増加する。その一方、放出帯域幅はなお、優れた色質を提供するに十分な狭さを維持する。

40

【0016】

該金属底部電極層を半透明のものにすることができ、その場合、本発明による有機発光表示装置は底面発光型となる。別態様として、該金属上部電極を半透明のものにすることができ、その場合には、本発明による有機発光表示装置は上面発光型となる。底面発光型

50

表示装置の場合、当該基板は当該装置からの放出光に対して透明である。該基板は、ガラス、プラスチックその他の適当な透明材料でできていればよい。上面発光型表示装置の場合、当該基板は当該放出光に対して透明である必要はなく、金属、セラミックその他の適当な材料でできていればよい。

【0017】

該金属底部電極をアノードとし、かつ、該金属上部電極をカソードとすることができる。別態様として、該金属底部電極をカソードとし、かつ、該金属上部電極をアノードとすることができる。いずれの場合にしても、正孔注入層及び正孔輸送層がアノード側に、そして電子注入層及び電子輸送層がカソード側にそれぞれ近くなるように、有機EL要素を適宜配向させる。

10

【0018】

金属電極として好適な材料のすべてが良好な電荷注入性を提供するわけではないため、有機EL要素は、アノードに隣接する正孔注入層及び/又はカソードに隣接する電子注入層を含むことが好ましい。正孔注入層として使用するのに好適な材料には、譲受人共通の米国特許第4720432号明細書に記載されているポルフィリン系化合物や、譲受人共通の米国特許第6208075号明細書に記載されているプラズマ蒸着フルオロカーボンポリマーが含まれる。有機ELデバイスにおいて有用であることが報告されている別の正孔注入材料が、欧州特許出願公開第0891121号及び同第1029909号明細書並びにTokito他のJ. Phys. D. Vol. 29 (1996) 2750に記載されている。米国特許第5608287号、同第5776622号、同第5776623号、同第6137223号及び同第6140763号明細書に記載されているものをはじめとする電子注入層を使用することもでき、これらの記載事項を本明細書の一部とする。低仕事関数アルカリ金属又はアルカリ土類金属、例えばLi、Cs、Ca、Mgを含有する薄膜を使用することができる。さらに、これらの低仕事関数金属をドーブした有機材料を電子注入層として有効に使用することもできる。例として、Li又はCsドーブ型Alqが挙げられる。

20

【0019】

場合によっては、金属電極に使用される材料が、化学的相互作用、電気移動その他の原因で、OLEDデバイスを不安定化させてしまうことがある。このような不安定化を防止するため、適当なバリア層を使用することができる。ここでもまた、良好な電子又は正孔注入層が存在することにより、このような目的に対する材料選択の幅が広がる。

30

【0020】

有機EL要素は少なくとも1層の発光層を有するが、通常は、それが複数の層を含む。有機EL要素の一例は、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層及び電子注入層を含むことができる。これらの層の中には、省略できるもの、又は合体できるものもある。有機EL要素は、低分子型OLED材料に基づくものであっても、高分子型OLED材料に基づくものであってもよい。高分子型OLED材料に基づくデバイスはPLEDと称されることが多い。発光層は、蛍光性OLED材料を含む場合もあれば、燐光物質を含む場合もある。

【0021】

本発明によると、カラー有機発光表示装置における異なる色画素セットに含まれる画素には、所定の異なる色で発光するように選定された異なる発光性有機材料が配置される。異なる発光性材料の選択的配置は、例えば、低分子材料の場合にはシャドーマスク法で、また高分子材料の場合にはインクジェット印刷法で、実施することができる。その他の選択的材料配置法についても、それが開発された場合には、採用することができる。

40

【0022】

本発明によると、微小空洞共振器の共振波長を調整するために、有機EL要素の厚さを変化させることができる。有機EL要素が電子輸送層を含む場合には、該電子輸送層の厚さを利用して微小空洞共振器の共振波長を変化させることができる。有機EL要素が正孔輸送層を含む場合には、該正孔輸送層の厚さを利用して微小空洞共振器の共振波長を変化させることができる。さらに、微小空洞共振器の共振波長を調整するための追加的手段として、透明導電性位相層を使用することができる。透明導電性位相層は、金属電極の一方と有機

50

EL要素との間に配置することができる。該位相層は、放出光に対して透明であること、そして当該金属電極と有機EL要素との間で電荷キャリアを搬送するよう導電性であること、が必要である。薄膜貫通電導度のみが重要であるため、バルク抵抗率としては約 10^8 - cm未満であれば十分である。例えば、インジウム錫酸化物 (ITO)、亜鉛錫酸化物 (ZTO)、酸化錫 (SnO_x)、酸化インジウム (InO_x)、酸化モリブデン (MoO_x)、酸化テルル (TeO_x)、酸化アンチモン (SbO_x) 及び酸化亜鉛 (ZnO_x) のような多くの金属酸化物を使用することができる。

【0023】

本発明の一態様として、所定の厚さを有する第1の透明導電性位相層は、基板の実質的に全面に、スパッタ法や蒸発法のような通常の薄膜付着技法によって配置される。次いで、従来型のフォトリソグラフィ技法を利用して、第1の透明導電性位相層薄膜が、該層を受容するように設計された画素にのみ残存するように、パターン化する。その後、有機発光表示装置の実質的に全面に、従来型の薄膜付着技法によって第2の透明導電性位相層を適用する。次いで、従来型のフォトリソグラフィ技法を利用して、第2の透明導電性位相層が、該層を受容するように設計された画素と、第1及び第2の両方の導電性位相層を受容するように設計された画素とにのみ残存するように、パターン化する。このプロセスは、画素が数種類の厚さの透明導電性位相層を有することができるように繰り返すことができる。2つの透明導電性位相層を設けることにより、第1の画素が厚さ0の透明導電性位相層を有し、第2の画素が第2の透明導電性位相層のみを有し、そして第3の画素が第1及び第2の両方の透明導電性位相層を有するという3種類の画素を創出することができる。別態様として、3種類のカラー画素について、3種類の厚さの透明導電性位相層を使用することもできる。

【0024】

別態様として、透明導電性位相層を、シャドーマスクを介したスパッタ法や蒸発法のような従来型の薄膜付着技法によって調製することもできる。透明導電性位相層はまた、レーザー又はフラッシュ式熱転写技法によって画素領域上に選択的に配置することもできる (米国特許第5937272号、同第5904961号及び同第5688551号明細書)。本発明を実施するための熱転写法の一例として、薄いプラスチックシートの片面上にエネルギー吸収層を被覆してなるドナーを用意するものがある。転写すべき透明導電性位相層の材料は、該エネルギー吸収層の上に配置される。転写工程中、透明導電性位相層の材料が金属底部電極層と向かい合うように該ドナーを配置する。ドナーの薄いプラスチックシートを通してドナーに輻射エネルギーを加える。該輻射エネルギーがエネルギー吸収層に吸収されることにより、透明導電性位相層の材料が、当該転写材料が実質的に蒸気となるような高温に達する。よって、透明導電性位相層の材料が、当該蒸気の蒸発-凝縮によりパターン化金属底部電極に転写されて、透明導電性位相層を形成する。別態様として、輻射エネルギーにより当該転写材料を、その粘度が低下して金属底部電極へ流動するような高温に到達させてもよい。異なるドナーを使用することによって、透明導電性位相層の厚さを変えることができる。透明導電性位相層のパターン化は、転写工程に際して輻射エネルギーにマスクをかける方法か、又は高出力レーザーのような集中型輻射エネルギービームを走査して、透明導電性位相層の所望のパターンに応じてドナーから材料の一部を選択的に転写させる方法により、実施することができる。

【0025】

本発明は、能動駆動法において薄膜トランジスタ (TFT) 構造体を使用するアクティブマトリックス方式のカラー有機発光表示装置に応用することができる (米国特許第5684365号及び同第5550066号明細書)。アクティブマトリックス方式のカラー有機発光表示装置では、各画素に、いくつかの薄膜トランジスタその他の部品、例えばキャパシタと、当該金属底部電極と電気接触する接続パッドとが設けられる。

【0026】

TFT構造体上の接続パッドの上に金属底部電極層を配置し、これをパターン化して画素を画定する。金属底部電極層の調製には、スパッタ法、電子ビーム蒸発法、抵抗加熱蒸発

10

20

30

40

50

法、等のような通常の薄膜付着技法を採用することができる。画素の大きさ及び形状は、金属底部電極の大きさ及び形状によって画定される。パターン形成は、従来型のフォトリソグラフィ法を利用する、又は層付着工程中にシャドーマスクを使用することにより、行うことができる。フォトリソグラフィ法を利用して金属底部電極の大きさ及び形状を画定することができるので、開口率（有効発光面積の全表示面積に対する比率）を非常に高くすることができる。その上、当該大きさ及び形状を、すべての画素について同一にする必要はない。実際に、画素の大きさ及び形状を、異なる画素間の効率又は寿命の差を補償するための手段として、又は当該カラー有機発光表示装置の画質を改善するための手段として、利用することができる。

【0027】

本発明はまた、パッシブマトリクス方式のカラー有機発光表示装置において実施することもできる。パッシブマトリクス方式のカラー有機発光表示装置では、金属上部電極と金属底部電極の両方がパターン化される。画素は、金属底部電極と金属上部電極との交差部として画定される。画素は、所定の異なる色の光を放出するように選定され、そして各画素に組み合わされる微小空洞共振器を調整し、当該特定の色の発光が、微小空洞共振器効果がない場合よりも改良されるようにする。

【0028】

図3-aに、本発明によるカラー有機発光表示装置の単一画素を代表する底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス103aの略横断面図を示す。微小空洞共振器式OLEDデバイス103aは、基板10、半透明金属底部電極12T、透明導電性位相層20、有機EL要素14、及び反射性金属上部電極16Rを含む。図3-aには示されていないが、その他の特徴として、例えば、支持体10の上で半透明金属底部電極12Tの下方に存在し得るTFT回路構造体や、反射性金属上部電極16Rの上に存在し得る保護オーバーコート又は封入構造体のようなものが存在していてもよい。2枚の金属電極が微小空洞共振器の反射鏡として機能する。発生した光は半透明金属底部電極12T及び基板10を通して放出されるので、基板10は透明でなければならず、そしてガラス又はプラスチックから選択することができる。反射性金属上部電極16RはAg、Au、Al又はこれらの合金を含む。反射性金属上部電極16Rの厚さは、それが実質的に不透明かつ反射性となるように、光学濃度が1.5以上になるように選定される。半透明金属底部電極12TはAg、Au又はこれらの合金を含む。半透明金属底部電極12Tの厚さは、当該微小空洞共振器式OLEDデバイス103aからの所定の波長における発光出力が最適化されるように選定される。好適な厚さは、当該アノード及び当該カソードとして選ばれた材料に依存する。有機EL要素14は、少なくとも発光層14cを含み、そして1又は2以上の追加層、例えば正孔注入層14a（図示なし）、正孔輸送層14b、電子輸送層14d及び電子注入層14e（図示なし）を含むことができる。有機EL要素14と透明導電性位相層20を合わせた厚さは、当該デバイスから放出されるべき所定の波長において微小空洞共振器式OLEDデバイス103aが共振を起こすように選定される。当該厚さは下記の方程式を満たす。

【0029】

【数1】

$$2 \sum n_i L_i + 2 n_s L_s + (Q_{m1} + Q_{m2}) \lambda / 2\pi = m \lambda$$

方程式1

【0030】

上式中、 n_i 及び L_i は、それぞれ有機EL要素14における第*i*番目の二次層の屈折率及び厚さであり、 n_s 及び L_s は、それぞれ透明導電性位相層20の屈折率及び厚さであって0であってもよいものであり、 Q_{m1} 及び Q_{m2} は、2つある有機EL要素/金属電極界面にお

10

20

30

40

50

けるそれぞれの位相シフト（単位ラジアン）であり、 m は、当該デバイスから放出されるべき所定の波長であり、そして m は負でない整数である。製造し易さを考慮し、また色純度のためにも、 m は、青色画素については 1 であること、そして緑色及び赤色画素については 0 又は 1 であることが好ましい。

【0031】

金属電極間の全厚が、微小空洞共振器の共振波長を決定する上で最も重要な因子である。しかしながら、共振波長、特に共振の強さ（したがって当該デバイスの効率となる）はまた、発光層 14c と 2 つの電極の各々との間の距離にも左右される。具体的には、デバイス性能を最適化するためには、反射性金属上部電極 16R と発光層 14c（の中心）との間の距離が下記の方程式をおよそ満たすことが必要である。

10

【0032】

【数 2】

$$2 \sum n_i L_i + Q_{m1} \lambda / 2\pi = m_D \lambda$$

方程式 2

【0033】

上式中、 n_i 及び L_i は、それぞれ有機 EL 要素 14 における第 i 番目の二次層の屈折率及び厚さであり、 Q_{m1} は、有機 EL 要素 / 金属カソード界面における位相シフト（単位ラジアン）であり、 λ は、当該デバイスから放出されるべき所定の波長であり、そして m_D は負でない整数である。方程式 1 とは対照的に、ここでの合計値は、発光層（の中心）と反射性金属上部電極 16R との間にある層についてのみである。透明導電性位相層 20 が発光層と反射性金属電極との間に配置される場合には、その厚さを含めるべきである。半透明金属底部電極 12T と発光層 14c との間の距離についても類似の方程式を記述することができる。しかしながら、この第 3 の方程式は、方程式 1 と方程式 2 を満たすことにより満たされることが保証されるので、追加の制約が付与されることは一切ない。

20

【0034】

半透明金属底部電極 12T による光吸収を可能な限り低くすることが望まれるので、半透明金属底部電極 12T と基板 10 との間に高屈折率の吸収低減層 22 を追加することが有用である（後述する実施例においてさらに説明する）。吸収低減層の目的は、半透明金属底部電極 12T 自体の内部で光波によって生じる電界（すなわち光波の吸収）を低減することである。良好な近似として、この結果は、この吸収低減層 22 と基板 10 の間の界面で反射して返される光波の電界で、当該デバイスを通じて出てくる光の電場を弱め合うように干渉させ、すなわち部分的に相殺させることにより、最良に達成される。その場合、基本的な光学的考慮により、下記の方程式がおよそ満たされる時に（吸収低減層 22 の屈折率が基板 10 より高い場合に）このことが起こることが示唆される。

30

【0035】

【数 3】

$$2n_A L_A + n_T L_T = (m_A + 1/2) \lambda$$

方程式 3

【0036】

上式中、 n_A 及び L_A は、それぞれ吸収低減層の屈折率及び厚さであり、 n_T 及び L_T は、

50

それぞれ半透明金属底部アノードの屈折率実部及び厚さであり、そして m_A は負でない整数である。 m_A は、実用上小さいことが好ましく、通常は0、典型的には2未満である。一般に、吸収低減層の有益な効果は、使用される材料の屈折率が高いほど高くなる。実用上は、屈折率の値が1.6以上であることが好ましい。

【0037】

デバイス構成の別態様として、半透明金属底部電極12Tがカソードであり、かつ、反射性金属上部電極16Rがアノードであってもよい。このような場合、有機EL要素14は、正孔注入層及び正孔輸送層(14a及び14b)がアノード側に、そして電子注入層及び電子輸送層(14e及び14d)がカソード側にそれぞれ近くなるように、適宜配向される。

10

【0038】

上記の説明は、底面発光型OLEDデバイスに基づくものであるが、同様の検討事項及び方程式が、適当な変更を加えることにより、上面発光型デバイスにも適用される。

【0039】

微小空洞共振器を利用してOLEDデバイスの出力を増強する上での本発明の有効性については下記の実施例において実証する。理論的予測に基づく例では、所与のデバイスにより得られる電場発光(EL)スペクトルを、平面多層形デバイスにおけるランダム配向の放出ダイポールについてマクスウェル方程式を解く光学モデルを使用して予測する(O.H. Crawford, J. Chem. Phys. 89, 6017 (1988); K.B. Kahen, Appl. Phys. Lett. 78, 1649 (2001))。ダイポール放出スペクトルは、多くの場合、波長とは無関係であると仮定されているので、微小空洞共振器の特性自体を研究することができる。その他の場合、ダイポール放出スペクトルは、発光体のフォトルミネセンス(PL)スペクトル測定値によって与えられるものと仮定され、2~3ナノメートルの小さな青シフトを含む。この放出は、正孔輸送層に接する発光層の最初の10nmにおいて均一に起こるものと仮定される。各層について、モデルでは、分光エリプソメトリーで測定するか又は文献値を採用した波長依存性複素屈折率を使用する(Handbook of Optical Constants of Solids, E.D. Palik編 (Academic Press, 1985); Handbook of Optical Constants of Solids II, E.D. Palik編 (Academic Press, 1991); CRC Handbook of Chemistry and Physics, 83, D.R. Lide編 (CRC Press, Boca Raton, 2002))。ELスペクトルが得られたら、当該スペクトルのCIE色度及び輝度(一定率まで)を計算することは簡単である。ELスペクトル予測値とELスペクトル測定値との対比を多数行ったところ、当該モデル予測が非常に正確であることが確認された。

20

30

【実施例】

【0040】

例1

例1では、本発明による図3-aに示したような底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス103aの輝度出力の理論予測値を、下記の2種の比較用デバイスと比較する。

(a)微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイス103b

(b)微小空洞共振器の反射鏡の一方にQWSを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス103c

40

【0041】

図3-bに示したOLEDデバイス103bは、構成上、半透明金属底部電極12TであるAgアノードをITO透明底部電極12aに置き換えたことを除き、微小空洞共振器式OLEDデバイス103aと同等とした。このデバイスは、微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスを代表するものであるが、多層形デバイスにおいては常に多少の光学干渉効果が存在している。

【0042】

図3-cに示したOLEDデバイス103cは、構成上、基板10と透明底部電極12aの間にQWS反射鏡18を配置したことを除き、OLEDデバイス103bと同等とした。このQWS反射鏡18は、 $TiO_2:SiO_2:TiO_2:SiO_2:TiO_2$ の形態のものであり、ここで TiO_2 の $n =$

50

2.45、 SiO_2 の $n = 1.5$ である。 TiO_2 の厚さは56 nmとし、そして SiO_2 の厚さは92 nmとした(R.H. Jordan他、APL 69, 1997 (1996)に従う)。このデバイスは、典型的なQWS系微小空洞共振器式OLEDデバイスを代表するものである。

【0043】

これら3種のデバイスのすべてにおいて、基板10はガラスとした。反射性金属上部電極16Rは、400 nmのAg層とした。有機EL要素14は、NPB系正孔輸送層14b、10 nmの発光層14c及びAlq系電子輸送層14dを含むものと仮定した。発光層14cの出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。しかしながら、波長依存性のない発光体を使用すると、微小空洞共振器の有利な効果が過小評価される。透明導電性位相層20の厚さは、3種すべてのデバイスについて0であるものと仮定した。すべての層の厚さを、各デバイスの輝度出力が最大となるように最適化した。輝度出力は、可視波長範囲380 nm~780 nmの全域にわたり積算した。

10

【0044】

計算結果を表1にまとめた。これらの結果は、半透明反射鏡としてQWSを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス103cでは、微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイス103bと比較して、実際に輝度出力が増大し、かつ、放出帯域幅(半値全幅FWHM)が狭くなったことを示している。輝度値は0.239(任意単位)から0.385へと向上した。しかしながら、Ag反射鏡だけを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス103aでは、ピーク輝度高さが微小空洞共振器式OLEDデバイス103cの半分以下であったにもかかわらず、意外にも、輝度出力(0.425)が一層良好になることを示した。全Ag型微小空洞共振器式OLEDデバイス103aの放出帯域幅は、QWSを具備したOLEDデバイス103cよりはるかに大きくなったが、それでもなお良好な色純度を得るには十分な小ささであった。

20

【0045】

【表 1】

表 1

デバイス	説明	基板	QWS	アノード (ITO) nm	アノード (Ag) nm	NPB nm	フラットバンド 放出体 nm	Alq nm	カソード (Ag) nm	輝度 任意単位	ピーク 位置 nm	ピーク 高さ 任意単位	FWHM nm
103a	共振器なし	ガラス		100.7		43.1	10	53.1	400	0.239	547	2.4	N.A.
103b	QWS,	ガラス	あり	50.0		26.6	10	54.9	400	0.385	564	16.8	17.0
103	Agだけ	ガラス			17.5	45.9	10	54.3	400	0.425	567	6.6	73.0

10

20

30

40

【 0 0 4 6 】

例 2

例 2 は、底面発光型デバイスについて、吸収低減層 2 2 による有利な効果を例証するものである。

50

図3 - dに、底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス103dの略横断面図を示す。微小空洞共振器式OLEDデバイス103dは、構成上、基板10と半透明金属底部電極12Tの間に吸収低減層22を配置したことを除き、微小空洞共振器式OLEDデバイス103aと同等とした。本例では、吸収低減層22としてITOを選んだ。本発明者の計算によると、輝度出力を高める上での吸収低減層22の効果は、より高い屈折率の材料を使用した場合に向上するであろうことが示された。例4から明らかのように、輝度出力は、吸収低減層22が、ガラスではなく、直に空気に接している場合にも向上し得る。例1の場合と同様に、すべての層の厚さを最適化した。計算結果を表2にまとめた。吸収低減層22を挿入したことにより、全Ag型微小空洞共振器式OLEDデバイス103aの輝度出力が、約0.425から約0.453へ増大したことがわかる。

10

【0047】

【表 2】

表 2

デバイス	説明	基板	吸収 低減 (ITO)	アノード (Ag)	NPB	フラットバ ンド発光体	Alq	カソード (Ag)	輝度	ピーク 位置	ピーク 高さ	FWHM
			nm	nm	nm	nm	nm	nm	任意単位	nm	任意単位	nm
103a	吸収低減なし	ガラス	82.2	17.5	45.9	10	54.3	400	0.425	567	6.6	73
103d	吸収低減あり	ガラス	82.2	18.5	48.1	10	54.3	400	0.453	565	7.0	75

10

20

30

40

【 0 0 4 8 】

例 3

例 3 では、本発明による上面発光型微小空洞共振器式 OLED デバイス 1 0 4 a の輝度出力の理論予測値を、下記の 2 種の比較用デバイスと比較する。

50

(a) 微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイス 104b

(b) 微小空洞共振器の反射鏡の一方にQWSを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス 104c

【0049】

図4-aに、本発明による上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス104aの一例の略横断面図を示す。微小空洞共振器式OLEDデバイス104aは、ガラス基板10、Ag反射性金属底部電極12R、透明導電性位相層20、有機EL要素14及びAg半透明金属上部電極16Tを含む。

【0050】

図4-bに示したOLEDデバイス104bは、構成上、Ag半透明金属上部電極16Tを、50nm以上の厚さが要求されるITO透明上部電極16aに置き換えたことを除き、微小空洞共振器式OLEDデバイス104aと同等とした。デバイス内に反射鏡が1枚しかないので、OLEDデバイス104bは、微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスを代表するものであるが、多層形デバイスにおいては、特にITOカソードと空気との界面において、常に多少の光学干渉効果が存在している。

10

【0051】

図4-cに示したOLEDデバイス104cは、構成上、50nm以上の厚さが要求される導電性ITO透明上部電極16aの上にQWS反射鏡18を配置したことを除き、OLEDデバイス104bと同等とした。このQWS反射鏡18は、 $\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2:\text{SiO}_2:\text{TiO}_2$ の形態のものであり、ここで TiO_2 の $n=2.45$ 、 SiO_2 の $n=1.5$ である。 TiO_2 の厚さは56nmとし、 SiO_2 の厚さは92nmとした(R.H. Jordan他、APL 69, 1997 (1996)に従う)。このデバイスは、典型的なQWS系微小空洞共振器式OLEDデバイスを代表するものである。

20

【0052】

これら3種のデバイスのすべてにおいて、反射性金属底部電極12Rは400nmのAg層とした。有機EL要素14は、NPB系正孔輸送層14b、10nmの発光層14c及びAlq系電子輸送層14dを含むものと仮定した。発光層14cの出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層20はITO製とした。すべての層の厚さを、各デバイスの輝度出力が最大となるように最適化した。輝度出力は、可視波長範囲380nm~780nmの全域にわたり積算した。

30

【0053】

【表 3】

表 3

デバイス	アノード	ITO	NPB	フラットバンド発光体	Alq	カソード材料	カソード	カソード	輝度	ピーク位置	ピーク高さ	FWHM
104c	Ag 400	19.7	30	10	67.0	ITO	86.8	nm	任意単位 0.318	555	3.8	141
104b	400	23.1	30	10	29.8	ITO+QWS	50	nm	0.335	563	18.9	13
104a	400	20.2	30	10	44.6	Ag	13.7	nm	0.411	568	6.2	75

10

20

30

40

【0054】

表 3 に、これら 3 種のデバイスの計算された特性を示す。反射鏡の一方に QWS を使用した微小空洞共振器式 OLED デバイス 104c は、非常に強い微小空洞共振効果を示した。その輝度ピーク高さは、微小空洞共振器を具備しない OLED デバイス 104b の値 3.4 と

50

比較して、18.9（任意単位）へと大幅に増加した。しかしながら、FWHMがはるかに狭いため、輝度出力全体としては、実際にやや大きくなった程度にすぎなかった。このITOカソードの最小厚を、カソードに要求される導電率を得るため50nmよりさらに大きな値（例えば、100nm）に設定したならば、当該QWS系デバイスはQWSを具備しないデバイスより実際に輝度が低くなる。なぜなら、QWSの空洞共振器厚を当該最低オーダー極大(lowest order maximum)において最適化することができないからである。一方、両方の電極にAgを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイス104aは、その他2種の比較用デバイスより、輝度出力が顕著に向上することが示された。

【0055】

例4

10

例4は、上面発光型デバイスについて、吸収低減層による有利な効果を例証するものである。

図4-dに、上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイス104dの略横断面図を示す。微小空洞共振器式OLEDデバイス104dは、構成上、半透明金属上部電極16Tの上に吸収低減層22を配置したことを除き、微小空洞共振器式OLEDデバイス104aと同等とした。本例では、吸収低減層22の例として ZnS:20\%SiO_2 ($n = 2.15 + 0.003i$)を選んだ。本発明者の計算によると、輝度出力を高める上での吸収低減層の効果は、より高い屈折率の材料を使用した場合に向上するであろうことが示された。すべての層の厚さを輝度出力に対して最適化した。計算結果を表4にまとめた。吸収低減層22を挿入したことにより、微小空洞共振器式OLEDデバイスの輝度出力が、0.411から0.504へ増大したことがわかる。

20

【0056】

【表 4】

表 4

デバイス	アノード	ITO	NPB	Alq	カソード		ZnS:S102	輝度	ピーク位置	ピーク高さ	FWHM
					材料	nm					
104a	Ag 400	nm 20.2	nm 30	nm 44.6	Ag	nm 13.7	nm 0	任意単位 0.411	nm 568	任意単位 6.2	nm 75
104d	400	19.6	30	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9	58

10

20

30

40

【0057】

例 5

例 5 は、反射性金属電極層として使用される各種材料を比較するものである。

表 5 に、図 4 - d により製作したデバイスであるが、反射性金属底部電極 1 2 R に種々

50

の材料を使用したものの輝度出力の計算値を示す。すべてのデバイスについて、半透明金属上部電極 1 6 T は Ag 薄層とした。有機 EL 要素 1 4 は、NPB 系正孔輸送層 1 4 b、1 0 nm の発光層 1 4 c 及び Alq 系電子輸送層 1 4 d を含むものと仮定した。発光層の出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層 2 0 には ITO 層を使用し、また吸収低減層 2 2 には ZnS:(20%)SiO₂ 系誘電体層を使用した。NPB 正孔輸送層 1 4 b を除くすべての層の厚さを、輝度出力が最大となるように最適化した。正孔輸送層 1 4 b の厚さは、すべてのデバイスについて、3 0 nm で一定とした。

【 0 0 5 8 】

【表 5】

表 5

アノード	ITO nm	NPB nm	発光体 nm	Alq nm	カソード		ZnS:SiO ₂ nm	輝度 任意単位	ピーク位置 nm	ピーク高さ 任意単位	FWHM nm
					材料	nm					
Ag	19.6	30	10	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9	58
Al	29.4	30	10	58.0	Ag	19.7	60.8	0.481	558	8	63
Au	16.2	30	10	60.8	Ag	19.0	63.8	0.435	558	7.7	70
MgAg	23.7	30	10	56.1	Ag	15.7	65.8	0.429	558	6.7	72
Cu	16.5	30	10	63.5	Ag	14.5	62.3	0.310	593	4.9	96
Cr	29.2	30	10	62.7	Ag	10	60.6	0.239	555	2.8	160
Mo	29.8	30	10	71.8	Ag	0	71.3	0.199	565	2.2	186
Zr	7.9	30	10	10.0	Ag	0	0	0.096	588	0.9	

10

20

30

40

【0059】

表 5 に、種々の反射性アノード材料を使用して製作したデバイスの計算された特性を示す。アノード材料の選択が、デバイスの輝度効率に劇的な影響を与えた。アノード材料の反射率と輝度出力との間に直接的な相関があるように見える。反射率が最低である Zr アノ

50

ードと反射率が最高であるAgアノードとの間には、輝度出力に5倍を超える差があった。MoやZrのような最低反射率アノードの場合には、半透明カソードが存在しないときに最適輝度が得られた。アノードとしてAg、Al、Au及びMgAgを使用した場合を除き、FWHMは非常に大きくなり、しかも微小空洞共振による輝度増強もほとんどなかった。

【0060】

例6

例6は、半透明カソード材料がデバイス性能に及ぼす影響を例証するものである。

表6-aに、図4により製作したデバイスであるが、半透明金属上部電極16Tに種々の材料を使用したものの輝度出力の計算値を示す。すべてのデバイスについて、反射性金属底部電極12Rは400nmのAg層とした。有機EL要素14は、NPB系正孔輸送層14b、10nmの発光層14c及びAlq系電子輸送層14dを含むものと仮定した。発光層14cの出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層20にはITO層を使用した。吸収低減層22は使用しなかった。NPB正孔輸送層14bを除くすべての層の厚さを、輝度出力が最大となるように最適化した。正孔輸送層14bの厚さは、すべてのデバイスについて、30nmで一定とした。また、電子輸送層14dの厚さは20nm以上であるように制限した。後者の制限がないと、最適化アルゴリズムは、電子輸送層14dについて非現実的なほど小さな厚さを選定してしまう。

10

【0061】

20

【表 6 - a】

表 6 - a

アノード	ITO 透明導電性 位相層	NPB 厚さ	発光体 厚さ	Alq 厚さ	カソード	カソード 厚さ	輝度	ピーク 波長	ピーク 高さ	FWHM
	nm	nm	nm	nm		nm	a. u.	nm	a. u.	nm
Ag	20.2	30	10	44.6	Ag	13.7	0.411	567.5	6.2	75
Ag	21.5	30	10	44.5	Au	21.3	0.385	582.5	5.9	94
Ag	11.4	30	10	10.0	MgAg	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	10.0	Al	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	10.0	Cu	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	10.0	Cr	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	10.0	Mo	0	0.345	567.5	3.4	N. A.
Ag	11.4	30	10	10.0	Zr	0	0.345	567.5	3.4	N. A.

10

20

30

40

【 0 0 6 2 】

表 6 - a は、半透明金属上部電極 16 T の材料選択がデバイス性能に顕著な影響を及ぼしたことを示している。半透明金属上部電極 16 T として Au 及び Ag を使用したデバイスだけが、微小空洞共振増強効果を示した。カソードとして他の材料を使用した場合にはすべて、カソード厚が 0 であるときに最適性能が得られた。もちろん、これは現実的な場合に

50

はならない。セルを完成させるためにはカソードが必要だからである。

【0063】

吸収低減層を使用した場合、より多くの材料を半透明金属上部電極16Tとして使用することができる。表6-bに、表6-aの場合と同様に製作したデバイスであるが、その半透明金属上部電極16Tの上にZnS:(20%)SiO₂系吸収低減層22を追加したものの輝度出力の計算値を示す。すべてのデバイスについて、反射性金属底部電極12Rは400nmのAg層とした。有機EL要素14は、NPB系正孔輸送層14b、10nmの発光層14c及びAlq系電子輸送層14dを含むものと仮定した。発光層14cの出力に波長依存性はないものと仮定した。このように仮定することにより、発光体の個別具体的特性とは無関係に微小空洞共振器の特性自体を評価することが容易となり、当該結論をいずれの発光体に対しても一般適用することができる。透明導電性位相層20にはITO層を使用し、また吸収低減層22にはZnS:(20%)SiO₂系誘電体層を使用した。NPB正孔輸送層14bを除くすべての層の厚さを、輝度出力が最大となるように最適化した。正孔輸送層14bの厚さは、すべてのデバイスについて、30nmで一定とした。MgAg合金は、OLED用途に汎用されている90%Mg:10%Ag系合金とした。Ag50%未満の他のMgAg系合金も同様の挙動を示すことが予測される。

10

【0064】

【表 6 - b】

表 6 - b

アノード	ITO nm	NPB nm	発光体 nm	Alq nm	カソード		ZnS:SiO ₂ nm	輝度 任意単位	ピーク波長 nm	ピーク高さ 任意単位	FWHM nm
					材料	nm					
Ag	19.6	30	10	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9	58
Ag	19.9	30	10	56.5	Au	21.5	62.7	0.486	565	8.3	62
Ag	20.4	30	10	60.1	MgAg	12.3	67.2	0.470	558	7.3	66
Ag	19.5	30	10	65.0	Al	5.5	69.1	0.440	558	7.3	63
Ag	18.9	30	10	63.8	Cu	14.7	64.0	0.418	565	5.9	95
Ag	19.6	30	10	77.3	Cr	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	19.6	30	10	77.3	Mo	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	19.6	30	10	77.3	Zr	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	23.1	30	10	29.8	ITO+QWS	50.0		0.335	568	19.4	13

10

20

30

40

【 0 0 6 5 】

表 6 - b は、吸収低減層の存在により、半透明金属上部電極 16 T の材料選択の幅が広がることを示している。Al、Cu、これらの合金、又は Ag 50% 未満の MgAg 系合金を使用して有益な微小空洞共振器効果を得ることができる。ここでもまた、Ag、Au、MgAg 及び Al の

50

ような反射率の高い金属が最良の結果を示したが、その反射率との相関は、反射率の比較的高いAlがAu及びMgAgより結果が悪かったことから、さほど強くない。(これは、半透明電極については当該金属の吸光度も重要なパラメータになるためであると理解される。Alの屈折率の虚部は特に大きいため、吸光度が高くなる。)本検討には、半透明反射鏡としてQWSを使用した微小空洞共振器式OLEDデバイスについても含めた。該デバイスは、検討した他のすべての材料より、実際に総輝度量が減少した。ピーク高さは他のすべての材料より有意に高くなるが、FWHMが極端に小さいため、輝度出力は最低となった。

【0066】

例7a(従来型OLED/比較例)

以下のように従来型の非微小空洞共振器式OLEDを製作した。透明ITO導電層をコーティングした厚さ1mmのガラス基板を、市販のガラススクラパーツールを使用して洗浄し、乾燥した。ITOの厚さは約42nmであり、該ITOのシート抵抗は約68 Ω /である。続いてITO面を酸化的プラズマで処理し、その表面をアノードとして状態調節した。その清浄なITO面上に、RFプラズマ処理室内でCHF₃ガスを分解させることによってCF_x系フルオロカーボン重合体の厚さ1nmの層を付着させ、正孔注入層とした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約10⁻⁶トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ65nmの正孔輸送層;

(2)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ75nmの電子輸送層(発光層としても働く);

(3)Liからなる厚さ1nmの電子注入層;及び

(4)Agからなる厚さ約50nmのカソード

【0067】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/ITO(42)/CF_x(1)/NPB(65)/Alq(75)/Li(1)/Ag(50)と示す。

【0068】

この底面発光型デバイスは、20mA/cm²を流すのに7.1Vの駆動電圧を要し、その輝度効率 η は3.2cd/Aであり、FWHMは108nmであり、そして色座標はCIE-x=0.352、CIE-y=0.550である。20mA/cm²における放出スペクトルを図5に曲線aとして示す。

【0069】

例7b(発明例)

以下のように微小空洞共振器式OLEDを製作した。約4ミリトルのAr圧力下でのDCスパッタ処理により、Agからなる厚さ72nmのアノード層をガラス基板にコーティングした。その清浄なAg面上に、RFプラズマ処理室内でCHF₃ガスを分解させることによってCF_x系フルオロカーボン重合体の厚さ1nmの層を付着させ、正孔注入層とした。約10⁻⁶トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ45nmの正孔輸送層;

(2)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ65nmの電子輸送層(発光層としても働く);

(3)Liからなる厚さ1nmの電子注入層;

(4)Agからなる厚さ約22.5nmのカソード;及び

(5)Alqからなる厚さ約85nmの吸収低減層

【0070】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/Ag(72)/CF_x(1)/NPB(45)/Alq(65)/Li(1)/Ag(22.5)/Alq(85)と示す。

10

20

30

40

50

【0071】

このデバイスは、 20 mA/cm^2 において 7.0 V の駆動電圧を要し、その発光出力効率は 9.3 cd/A であり、FWHMは 36 nm であり、そして色座標は $\text{CIE-x} = 0.351$ 、 $\text{CIE-y} = 0.626$ である。 20 mA/cm^2 における放出スペクトルを図5に曲線bとして示す。比較例7aの結果と比較して、本発明による微小空洞共振器式デバイスは、輝度出力が顕著に向上し、FWHM帯域幅が狭くなり、しかも色が顕著に改良された。

【0072】

この実験結果を、例1～例6で使用した光学モデルから得られた理論予測と比較することが教訓となる。本例で実際に認められた輝度出力の2.8倍増は、これら2種の構造体の光学モデルから得られる予測増加量である2.57倍と極めてよく一致している。さらに、これら2種の構造体間のFWHM帯域幅の変化及びCIE色座標の変化についても、当該光学モデルによって、かなりの正確度で予測される。

【0073】

例8a (従来型OLED/比較例)

以下のように従来型の非微小空洞共振器式青色発光OLEDを製作した。透明ITO導電層をコーティングした厚さ 1 mm のガラス基板を、市販のガラススクラパーツールを使用して洗浄し、乾燥した。ITOの厚さは約 42 nm であり、該ITOのシート抵抗は約 $68 \text{ } \Omega/\square$ である。続いてITO面を酸化的プラズマで処理し、その表面をアノードとして状態調節した。その清浄なITO面上に、RFプラズマ処理室内で CHF_3 ガスを分解させることによって CF_x 系フルオロカーボン重合体の厚さ 1 nm の層を付着させ、正孔注入層とした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約 10^{-6} トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

- (1)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ 65 nm の正孔輸送層；
- (2)2-(t-ブチル)-9,10-ジ-(2-ナフチル)アントラセン(TBADN)に1.5%の4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベンをドーブしてなる厚さ 20 nm の発光層；
- (3)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ 35 nm の電子輸送層；
- (4)Liからなる厚さ 1 nm の電子注入層；及び
- (5)Agからなる厚さ約 50 nm のカソード

【0074】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/ITO(42)/CFx(1)/NPB(65)/TBADN:1.5% 4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベン(20)/Alq(35)/Li(1)/Ag(50)と示す。

【0075】

この底面発光型デバイスは、 20 mA/cm^2 を流すのに 6.6 V の駆動電圧を要し、その輝度効率は 4.72 cd/A であり、FWHMは 64 nm であり、そして色座標は $\text{CIE-x} = 0.16$ 、 $\text{CIE-y} = 0.24$ である。 20 mA/cm^2 における放出スペクトルを図6に曲線aとして示す。

【0076】

例8b (発明例)

以下のように微小空洞共振器式青色発光OLEDを製作した。約 4 mL のAr圧力下でのDCスパッタ処理により、Agからなる厚さ 93 nm のアノード層をガラス基板にコーティングした。約 10^{-6} トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

- (1) MoO_3 源材料を含有するポートからの、 MoO_x 酸化モリブデンからなる厚さ 2 nm の正孔注入層；
- (2)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ 160 nm の正孔輸送層；
- (3)2-(t-ブチル)-9,10-ジ-(2-ナフチル)アントラセン(TBADN)に1.5%の4-(ジ-p-トリル

-)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベンをドーブしてなる厚さ20nmの発光層；
 (4)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ30nmの電子輸送層；
 (5)Liからなる厚さ1nmの電子注入層；
 (6)Agからなる厚さ約16nmのカソード；及び
 (7)Alqからなる厚さ約72nmの吸収低減層

【0077】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/Ag(93)/MoOx(2)/NPB(160)/TBADN:1.5% 4-(ジ-p-トリル)-4'-[(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]スチルベン(20)/Alq(30)/Li(1)/Ag(16)/Alq(72)と示す。

10

【0078】

この上面発光型デバイスは、20mA/cm²を流すのに6.5Vの駆動電圧を要し、その発光効率 η は3.93cd/Aであり、FWHMは24nmであり、そして色座標はCIE-x=0.119、CIE-y=0.130である。20mA/cm²における放出スペクトルを図6に曲線bとして示す。比較例8aの結果と比較して、本発明による微小空洞共振器式デバイスは、FWHM帯域幅が顕著に狭くなり、しかも色が顕著に改良された。輝度効率は4.72cd/Aから約3.93cd/Aへ低下したが、その低下の原因は、微小空洞共振器デバイスに高輝度緑色成分が存在しなかったことによる。実際は、輻射ピーク高さがほぼ4倍に増加したことから明らかのように、所望の青色輝度量は増加している。

20

【0079】

例9a(従来型OLED/比較例)

以下のように従来型の非微小空洞共振器式緑色発光OLEDを製作した。透明ITO導電層をコーティングした厚さ1mmのガラス基板を、市販のガラススクラパーツールを使用して洗浄し、乾燥した。ITOの厚さは約42nmであり、該ITOのシート抵抗は約68 Ω である。続いてITO面を酸化的プラズマで処理し、その表面をアノードとして状態調節した。その清浄なITO面上に、RFプラズマ処理室内でCHF₃ガスを分解させることによってCF_x系フルオロカーボン重合体の厚さ1nmの層を付着させ、正孔注入層とした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約10⁻⁶トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

30

- (1)MoO₃源材料を含有するポートからの、MoOx酸化モリブデンからなる厚さ3nmの正孔注入層；
 (2)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ75nmの正孔輸送層；
 (3)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)に0.6%のN,N-ジフェニルキナクリドン(DPQA)をドーブしてなる厚さ37.5nmの発光層；
 (4)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ37.5nmの電子輸送層；
 (5)Liからなる厚さ1nmの電子注入層；及び
 (6)Agからなる厚さ約50nmのカソード

40

【0080】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/ITO(42)/CFx(1)/MoOx(3)/NPB(75)/Alq:0.6%DPQA(37.5)/Alq(37.5)/Li(1)/Ag(50)と示す。

【0081】

この底面発光型デバイスは、20mA/cm²を流すのに9.6Vの駆動電圧を要し、その輝度効率は13.5cd/Aであり、FWHMは28nmであり、そして色座標はCIE-x=0.31、CIE-y=0.65である。20mA/cm²における放出スペクトルを図7に曲線aとして示す。

【0082】

50

例 9 b (発明例)

以下のように微小空洞共振器式緑色発光OLEDを製作した。約 4 ミリトルの Ar 圧力下での DC スパッタ処理により、Ag からなる厚さ 93 nm のアノード層をガラス基板にコーティングした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約 10^{-6} トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1) MoO₃ 源材料を含有するポートからの、MoO_x酸化モリブデンからなる厚さ 3 nm の正孔注入層；

(2) N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB) からなる厚さ 190 nm の正孔輸送層；

(3) トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq) に 0.6% の N,N'-ジフェニルキナクリドン(DPQA) をドーブしてなる厚さ 37.5 nm の発光層；

(4) トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq) からなる厚さ 40 nm の電子輸送層；

(5) Li からなる厚さ 0.5 nm の電子注入層；

(6) Ag からなる厚さ約 22.5 nm のカソード；及び

(7) Alq からなる厚さ約 85 nm の吸収低減層

【 0 0 8 3 】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/Ag(93)/MoO_x(3)/NPB(190)/Alq:0.6%DPQA(20)/Alq(40)/Li(0.5)/Ag(22.5)/Alq(85) と示す。

【 0 0 8 4 】

この上面発光型デバイスは、20 mA/cm² を流すのに 8.1 V の駆動電圧を要し、その発光効率は 24.6 cd/A であり、FWHM は 16 nm であり、そして色座標は CIE-x = 0.18、CIE-y = 0.77 である。20 mA/cm² における放出スペクトルを図 7 に曲線 b として示す。比較例 9 a の結果と比較して、本発明による微小空洞共振器式デバイスは、輝度が顕著に増加し、FWHM 帯域幅が顕著に狭くなり、しかも色が顕著に改良された。

【 0 0 8 5 】

例 10 a (従来型 OLED / 比較例)

以下のように従来型の非微小空洞共振器式赤色発光 OLED を製作した。透明 ITO 導電層をコーティングした厚さ 1 mm のガラス基板を、市販のガラススクラパーツールを使用して洗浄し、乾燥した。ITO の厚さは約 42 nm であり、該 ITO のシート抵抗は約 68 Ω / □ である。続いて ITO 面を酸化的プラズマで処理し、その表面をアノードとして状態調節した。その清浄な ITO 面上に、RF プラズマ処理室内で CHF₃ ガスを分解させることによって CF_x 系フルオロカーボン重合体の厚さ 1 nm の層を付着させ、正孔注入層とした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約 10^{-6} トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1) N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB) からなる厚さ 65 nm の正孔輸送層；

(2) Alq(50%)/TBADN(50%)系ホストに 5.0% のルブレンと 1.8% のプロパンジニトリル、[2-(1,1-ジメチルエチル)-6-[2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-1H,5H-ベンゾ[*ij*]キノリジン-9-イル)エチル]-4H-ピラン-4-イリデン](DCJTb) とをドーブしてなる厚さ 35 nm の発光層；

(3) トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq) からなる厚さ 35 nm の電子輸送層；

(4) Li からなる厚さ 1 nm の電子注入層；及び

(5) Ag からなる厚さ約 50 nm のカソード

【 0 0 8 6 】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/ITO(42)/CF_x(1)/NPB(65)/Alq(50%)TBADN(50%):5.0%

10

20

30

40

50

ルブレン+1.8%DCJTB(20)/Alq(35)/Li(1)/Ag(50)と示す。

【0087】

この底面発光型デバイスは、 20 mA/cm^2 を流すのに7.9Vの駆動電圧を要し、その輝度効率は 3.1 cd/A であり、FWHMは84nmであり、そして色座標はCIE-x=0.63、CIE-y=0.37である。 20 mA/cm^2 における放出スペクトルを図8に曲線aとして示す。

【0088】

例10b(発明例)

以下のように微小空洞共振器式赤色発光OLEDを製作した。約4ミリのAr圧力下でのDCスパッタ処理により、Agからなる厚さ93nmのアノード層をガラス基板にコーティングした。次いで、その基板を真空蒸着室内に移送し、該基板上に他のすべての層を付着させた。約 10^{-6} トルの真空度下、加熱ポートから昇華させることにより、以下の層を以下の順序で付着させた。

(1)MoO₃源材料を含有するポートからの、MoO_x酸化モリブデンからなる厚さ2nmの正孔注入層；

(2)N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン(NPB)からなる厚さ40nmの正孔輸送層；

(3)Alq(50%)/TBADN(50%)系ホストに5.0%のルブレンと1.8%のプロパンジニトリル、[2-(1,1-ジメチルエチル)-6-[2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-1H,5H-ベンゾ[*ij*]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン](DCJTB)とをドープしてなる厚さ35nmの発光層；

(4)トリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(III)(Alq)からなる厚さ68nmの電子輸送層；

(5)Liからなる厚さ1nmの電子注入層；

(6)Agからなる厚さ約22.5nmのカソード；及び

(7)Alqからなる厚さ約85nmの吸収低減層

【0089】

これらの層を付着させた後、デバイスを蒸着室から封入用ドライボックス内へ移送した。デバイス完成品の構造を、ガラス/Ag(93)/MoO_x(2)/NPB(40)/Alq(50%)/TBADN(50%):5.0%ルブレン+1.8%DCJTB(20)/Alq(68)/Li(1)/Ag(22.5)/Alq(85)と示す。

【0090】

この上面発光型デバイスは、 20 mA/cm^2 を流すのに7.6Vの駆動電圧を要し、その輝度効率は 13.7 cd/A であり、FWHMは44nmであり、そして色座標はCIE-x=0.18、CIE-y=0.77である。 20 mA/cm^2 における放出スペクトルを図8に曲線bとして示す。比較例10aの結果と比較して、本発明による微小空洞共振器式デバイスは、輝度が顕著に増加し、しかもFWHM帯域幅が顕著に狭くなった。

【0091】

本発明を、その特定の好ましい態様を特に参照しながら詳細に説明したが、本発明の精神及び範囲内において各種の変型が可能であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図1】従来型OLEDデバイスの略横断面図である。

【図2】QWSに基づく従来型の微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-a】Ag電極だけを使用した本発明による底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-b】微小空洞共振器を具備しない底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-c】QWSに基づく底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図3-d】本発明による吸収低減層を具備した底面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイ

10

20

30

40

50

スの略横断面図である。

【図4 - a】Ag電極だけを使用した本発明による上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4 - b】微小空洞共振器を具備しない上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4 - c】QWSに基づく上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図4 - d】本発明による吸収低減層を具備した上面発光型微小空洞共振器式OLEDデバイスの略横断面図である。

【図5】微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスと本発明による微小空洞共振器式OLEDデバイスを対比した放出スペクトルである。 10

【図6】微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスと本発明による微小空洞共振器式OLEDデバイスを対比した別の放出スペクトルである。

【図7】微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスと本発明による微小空洞共振器式OLEDデバイスを対比した別の放出スペクトルである。

【図8】微小空洞共振器を具備しないOLEDデバイスと本発明による微小空洞共振器式OLEDデバイスを対比した別の放出スペクトルである。

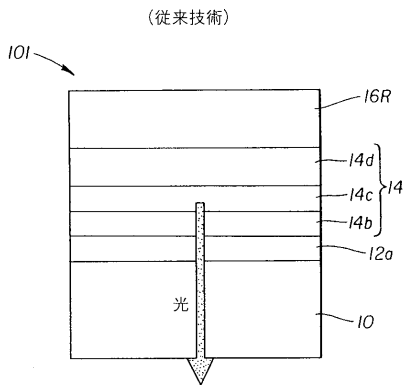
【符号の説明】

【0093】

- 10 ... 基板 20
- 12 a ... 透明底部電極
- 12 T ... 半透明金属底部電極
- 14 ... 有機EL要素
- 14 a ... 正孔注入層
- 14 b ... 正孔輸送層
- 14 c ... 発光層
- 14 d ... 電子輸送層
- 14 e ... 電子注入層
- 16 R ... 反射性金属上部電極
- 16 T ... 半透明金属上部電極 30
- 18 ... QWS
- 20 ... 透明導電性位相層
- 22 ... 吸収低減層

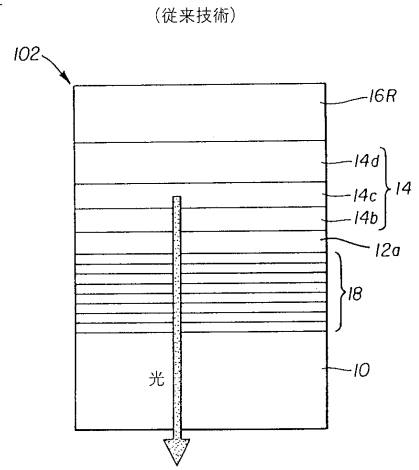
【 図 1 】

図1



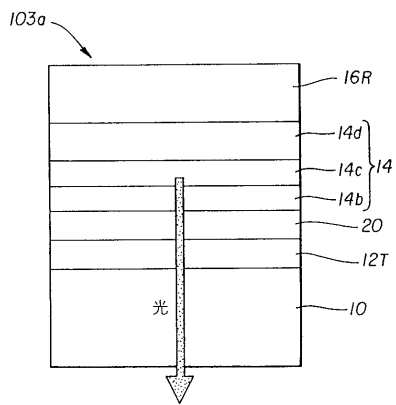
【 図 2 】

図2



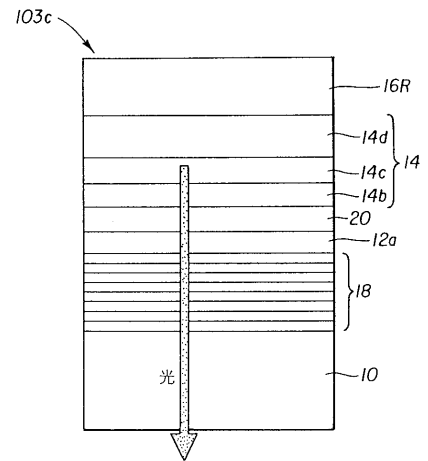
【 図 3 - a 】

図3-a



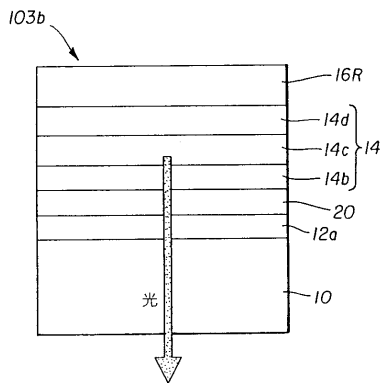
【 図 3 - c 】

図3-c



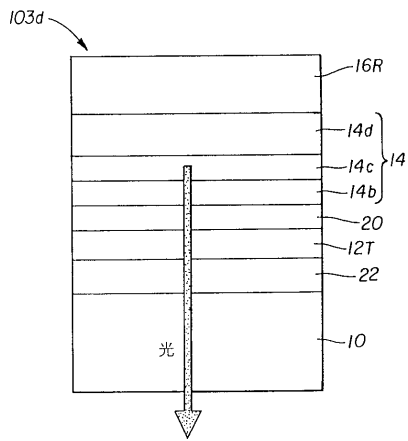
【 図 3 - b 】

図3-b



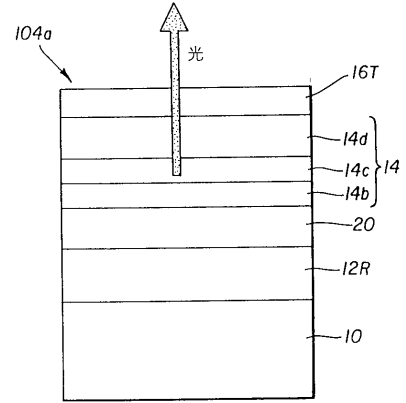
【 図 3 - d 】

図3-d



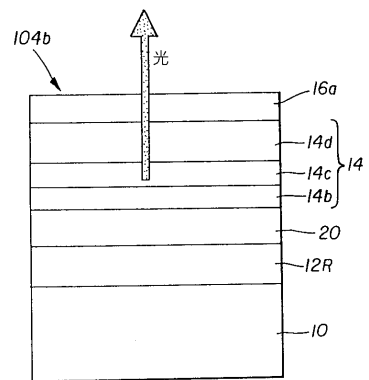
【 図 4 - a 】

図4-a



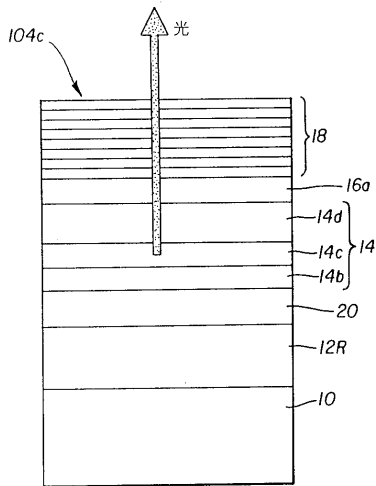
【 図 4 - b 】

図4-b



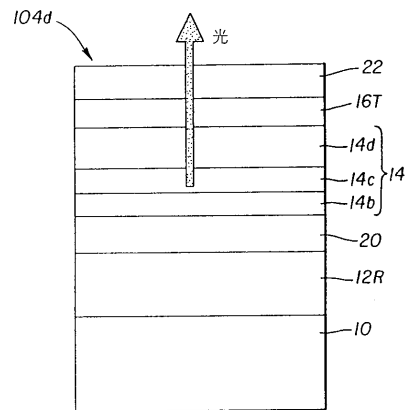
【 図 4 - c 】

図4-c

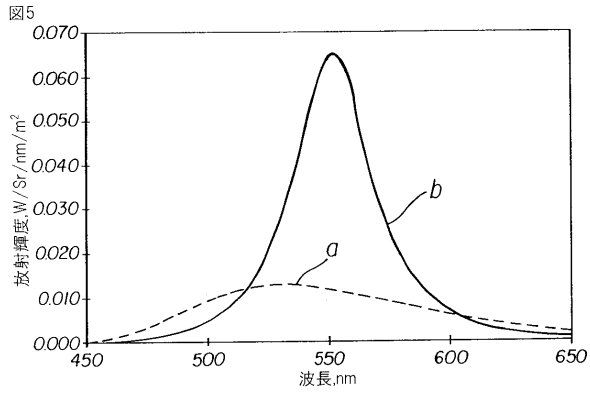


【 図 4 - d 】

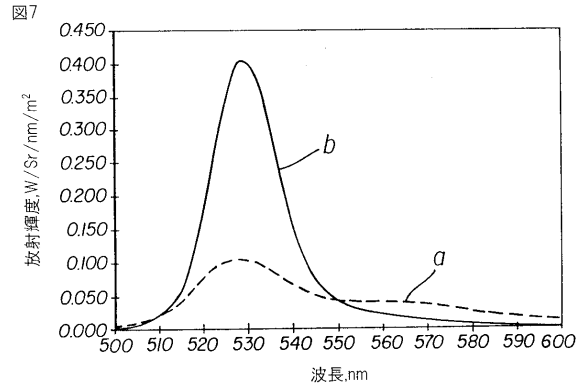
図4-d



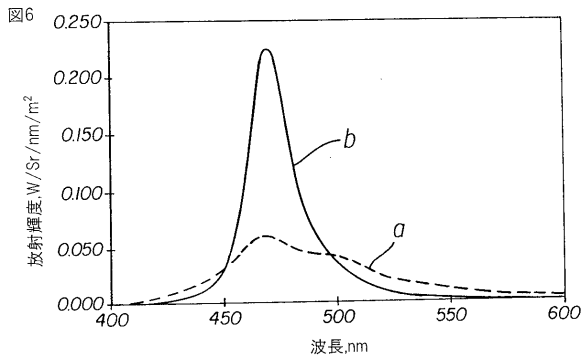
【 図 5 】



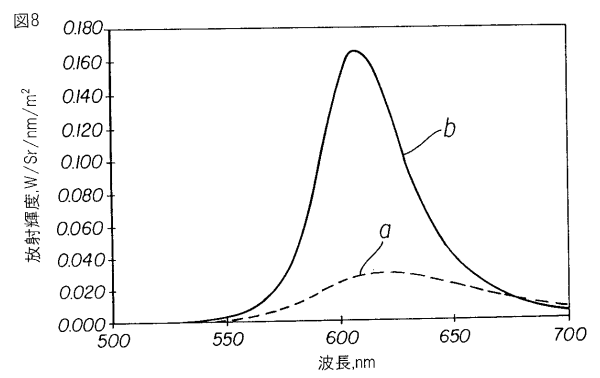
【 図 7 】



【 図 6 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ユアン - シェン タイアン
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14580, ウェブスター, オールド ウッズ ロード 613
- (72)発明者 スティーブン エー. パン スライク
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14534, ピッツフォード, サンセット ブールバード 16
- (72)発明者 ジョエル ディー. ショア
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14607, ロチェスター, オックスフォード ストリート 242
- (72)発明者 ジュゼッペ ファルツジャ
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14580, ウェブスター, ビショップス レーン 706
- Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB04 AB05 AB18 CB01 CC01 DB03 EA04