

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5265084号
(P5265084)

(45) 発行日 平成25年8月14日(2013.8.14)

(24) 登録日 平成25年5月10日(2013.5.10)

(51) Int.Cl.

F I

H O 5 B 33/24 (2006.01)

H O 5 B 33/24

H O 5 B 33/26 (2006.01)

H O 5 B 33/26 Z

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/14 A

G O 9 F 9/30 (2006.01)

G O 9 F 9/30 3 6 5 Z

H O 1 L 27/32 (2006.01)

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-23759 (P2006-23759)
 (22) 出願日 平成18年1月31日(2006.1.31)
 (65) 公開番号 特開2007-207529 (P2007-207529A)
 (43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)
 審査請求日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(73) 特許権者 511254491
 エルジー ディスプレイ カンパニー リ
 ミテッド
 大韓民国 140-716, ソウル, ヨン
 サング, 3ガ, ハンガンダロ, 65-22
 8, エルジー ユープラス ビルディング
 (74) 代理人 100094112
 弁理士 岡部 譲
 (74) 代理人 100064447
 弁理士 岡部 正夫
 (74) 代理人 100096943
 弁理士 臼井 伸一
 (74) 代理人 100101498
 弁理士 越智 隆夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機ELディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機ELディスプレイであって、

基板と、当該基板上方に配置された第1電極層と、当該第1電極層上に配置された有機層と、当該有機層上に配置された第2電極層とをそれぞれ有する複数の有機EL素子、を備え、

前記第1電極層が、前記有機層で発する光を反射する反射面を有し、

前記有機層の中央の下部に位置する前記反射面の中央部が、前記基板の上面に対して略平行な平坦面によって構成されるとともに、前記有機層の中央の周囲の下部に位置する前記中央部の周囲部が、前記基板の上面に対して互いに反対方向に傾斜する一対の傾斜面を含んで構成される凸部を複数備え、前記平坦面の延長面が、前記凸部の頂部と前記凸部の底部との間に位置し、前記凸部の頂部が、前記反射面の中央部よりも前記第2電極層に近いことを特徴とする有機ELディスプレイ。

【請求項 2】

請求項1に記載の有機ELディスプレイであって、

前記凸部の断面形状は、その頂部が底部よりも幅狭であることを特徴とする有機ELディスプレイ。

【請求項 3】

請求項1に記載の有機ELディスプレイであって、

前記平坦面の延長面よりも上方に位置する前記凸部の容積が、前記平坦面の延長面より

も下方であって隣接する前記凸部に囲まれる容積よりも、小さいことを特徴とする有機ＥＬディスプレイ。

【請求項４】

請求項１から請求項３のいずれかに記載の有機ＥＬディスプレイであって、
前記傾斜面の前記基板の上面に対する傾斜角度が、２０から４０度であることを特徴とする有機ＥＬディスプレイ。

【請求項５】

請求項４に記載の有機ＥＬディスプレイであって、
前記凸部の９０％以上の表面領域が、前記傾斜面によって構成されていることを特徴とする有機ＥＬディスプレイ。

10

【請求項６】

請求項１から請求項５のいずれかに記載の有機ＥＬディスプレイであって、
前記凸部の頂部が、前記基板の上面に対して略平行な平坦面によって構成されていることを特徴とする有機ＥＬディスプレイ。

【請求項７】

請求項１から請求項５のいずれかに記載の有機ＥＬディスプレイであって、
前記複数の凸部における頂部の平均曲率半径が、０．０３μｍ以上であることを特徴とする有機ＥＬディスプレイ。

【請求項８】

請求項７に記載の有機ＥＬディスプレイであって、
前記複数の凸部における頂部の平均曲率半径が、
０．５μｍ以下であることを特徴とする有機ＥＬディスプレイ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、有機ＥＬ(Electroluminescent)ディスプレイに関する。

【背景技術】

【０００２】

現在、薄型のフラットディスプレイとして、主に、有機ＥＬディスプレイ、プラズマディスプレイ、液晶ディスプレイ等が知られている。この中でも、有機ＥＬディスプレイは、自発光素子を利用しており、視覚依存性がなく、省電力、低コスト、及び製造工程が簡略等といった種々の利点を有していることから、次世代ディスプレイの主流となることが期待されている。

30

【０００３】

ところが、有機ＥＬディスプレイでは、陽極と陰極に電圧が印加されて有機層で発光した光のうち臨界角以上の光は、有機ＥＬ素子を構成する各層の界面、あるいは有機ＥＬ素子と空気との界面（光取り出し面）で全反射する。その結果、発光した光の一部しか外部に取り出すことができない。

【０００４】

例えば、一般的な有機ＥＬ素子の場合、有機層の屈折率が約１．６では、光の外部取り出し効率（外部量子効率）が約２０％程度にとどまる。

40

【０００５】

このような問題に対して、反射電極に光散乱部を設けて光取り出し面への入射角を変えることで、外部量子効率を向上させる発光素子が提案されている（例えば、特許文献１）。

【０００６】

【特許文献１】特開２００３－３６９６９号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

50

しかしながら、上記特許文献 1 では、基板上に形成される反射電極の表面粗さ等を調整することで外部量子効率を向上させる技術が記載されているが、基板に対する反射面の成す角度の最適化などについては全く記載がない。また、反射電極の形状と有機 E L 素子の劣化との関連性に関する記載もない。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、有機 E L 素子における反射面の形状を調整することで外部量子効率を向上させる技術を提供することを第 1 の目的とする。

【 0 0 0 9 】

また、有機 E L 素子における反射面の形状を調整することで、有機 E L 素子の劣化を抑制しつつ、外部量子効率を向上させる技術を提供することを第 2 の目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上記の課題を解決するために、請求項 1 の発明は、有機 E L ディスプレイであって、基板と、当該基板上方に配置された第 1 電極層と、当該第 1 電極層上に配置された有機層と、当該有機層上に配置された第 2 電極層とをそれぞれ有する複数の有機 E L 素子、を備え、前記第 1 電極層が、前記有機層で発する光を反射する反射面を有し、前記反射面の中央部が、前記基板の上面に対して略平行な平坦面によって構成されるとともに、前記反射面のうちの前記中央部の周囲に位置する端部が、前記基板の上面に対して互いに反対方向に傾斜する一対の傾斜面を含んで構成される凸部を複数備え、前記平坦面の延長面が、前記凸部の頂部と前記凸部の底部との間に位置することを特徴とする。

20

【 0 0 1 4 】

また、請求項 2 の発明は、請求項 1 に記載の有機 E L ディスプレイであって、前記凸部の断面形状は、その頂部が底部よりも幅狭であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、請求項 3 の発明は、請求項 1 に記載の有機 E L ディスプレイであって、前記平坦面の延長面よりも上方に位置する前記凸部の容積が、前記平坦面の延長面よりも下方であって隣接する前記凸部とに囲まれる容積よりも、小さいことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 4 の発明は、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の有機 E L ディスプレイであって、前記傾斜面の前記基板の上面に対する傾斜角度が、20 から 40 度であることを特徴とする。

30

【 0 0 1 8 】

また、請求項 5 の発明は、請求項 4 に記載の有機 E L ディスプレイであって、前記凸部の 90 % 以上の表面領域が、前記傾斜面によって構成されたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 6 の発明は、請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の有機 E L ディスプレイであって、前記凸部の頂部が、前記基板の上面に対して略平行な平坦面によって構成されていることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 7 の発明は、請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の有機 E L ディスプレイであって、前記複数の凸部における頂部の平均曲率半径が、0.03 μm 以上であることを特徴とする。

40

【 0 0 2 1 】

また、請求項 8 の発明は、請求項 7 に記載の有機 E L ディスプレイであって、前記複数の凸部における頂部の平均曲率半径が、0.5 μm 以下であることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

また、請求項 2 に記載の発明によれば、劣化し易い有機 E L 素子の端部近傍における劣化の進行速度を、劣化し難い中央付近における劣化の進行速度に近づけることができるため、有機 E L 素子の劣化を抑制しつつ、外部量子効率を向上させることができる。

50

【 0 0 2 4 】

また、請求項 4 に記載の発明によれば、傾斜面の前記基板の上面に対する傾斜角度が、20 から 40 度であるような構成を採用することで、光の反射角度が好適となり、更に外部量子効率を向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 6 に記載の発明によれば、凸部の頂部が、基板の上面に対して略平行な平坦面によって構成されていることで、凸部の形成が容易になり、有機 EL ディスプレイの生産性向上に供することができる。また、凸部の頂部において電流密度が過度に集中することによる有機層の損傷を防止することができる。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 7 に記載の発明によれば、複数の凸部における頂部の平均曲率半径が、 $0.03\mu\text{m}$ 以上とすることで、製造の容易化を図りつつ、凸部の頂部において電流密度が過度に集中することによる有機層の損傷を防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【 0 0 2 8 】

< 第 1 実施形態 >

< 外部量子効率の低下原理 >

本実施形態の構成について説明する前に、まず外部量子効率の低下原理について説明する。

【 0 0 2 9 】

図 1 は、有機 EL ディスプレイの内部において発生する光の進行方向とディスプレイ表面から外部へ射出される光の射出方向との関係を説明するための図である。

【 0 0 3 0 】

図 1 に示すように、有機 EL ディスプレイの光出力部 10 には、電界発光を行う発光層を含む有機層 3 の下面側にアノード電極によって形成された反射面 7 と、有機層 3 と外部（外気）との界面などによって形成された透過面 5 とが配置される。

【 0 0 3 1 】

発光層で発生した光は、全方位に向けて出射し、発光層で発せられた光のうちの発光層から透過面 5 に向かう光は、一部の光が透過面 5 を透過して外部に向けて射出する一方、残余の光が透過面 5 において反射面 7 に向けて反射する。また、発光層から反射面 7 に向かう光は、金属表面によって形成される反射面 7 において透過面 5 に向けて反射する。よって、発光層で発せられた光は、透過面 5 と反射面 7 との間で反射されつつ、ある程度の割合の光が透過面 5 から外部に向けて射出される。

【 0 0 3 2 】

しかしながら、透過面 5 に向かう光のうち、透過面 5 に対して所定値以上の角度で入射する光は、透過面 5 において全反射してしまう。

【 0 0 3 3 】

例えば、光出力部 10 の屈折率を n_1 、外部（外気）の屈折率を $n_2 (= 1)$ とし、透過面 5 に入射する光の進行方向が透過面 5 の法線に対して角度 θ_1 だけ傾くとともに、透過面 5 を透過した光の進行方向が透過面 5 の法線に対して角度 θ_2 だけ傾いているものとする、下式 (1) で示す公知のスネルの法則が成立する。

【 0 0 3 4 】

$$n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2 \cdots (1)。$$

【 0 0 3 5 】

ここで、上記 (1) を満足する θ_2 が存在しない場合には、発光層から透過面 5（界面）に向けて入射する光は、透過面 5 で全反射されるため、外部には射出しない。このとき、角度 θ_1 が全反射角以上となる。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50

そして、一般的には、透過面 5 と反射面 7 とが略平行に形成されているため、透過面 5 と反射面 7 との間で繰り返して反射される光は、透過面 5 に対して常に同じ角度で入射し続ける。このため、一旦透過面 5 の法線に対して全反射角以上を成した光は、透過面 5 の法線に対して全反射角以上となり続ける。したがって、発光層で発生する光のうちの 20 % 程度の光しか外部に射出せず、いわゆる外部量子効率が低くなってしまい、発光素子の輝度を高めるために有機層に多くの電流を流さなければならず、省電力化などの阻害要因となっていた。よって、省電力化などを達成するために、外部量子効率を向上させることが望まれる。

【 0 0 3 7 】

< 有機 E L ディスプレイの概略構成 >

本発明の第 1 実施形態に係る有機 E L ディスプレイ 2 1 では、外部量子効率を向上させるために、基板側に位置する第 1 の電極の表面形状を調整している。まず、本発明の第 1 実施形態に係る有機 E L ディスプレイ 2 1 の概略構成について説明する。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、本発明の第 1 実施形態に係る有機 E L ディスプレイ 2 1 の概略構成を例示する断面模式図である。図 2 及び図 2 以降の図では、方位関係を明確化するために、相互に直交する X Y Z の 3 軸又は X Y の 2 軸を適宜付している。

【 0 0 3 9 】

有機 E L ディスプレイ 2 1 は、例えばトップエミッションタイプであり、図 2 に示すように、透明基板であるガラス基板などからなる基板 2 3 と、その基板 2 3 上に形成された有機材料などからなる平坦化膜 2 4 と、その平坦化膜 2 4 上に形成された素子部 2 5 と、その素子部 2 5 上に形成されたキャップ層（調整層）2 6 と、その調整層 2 6 を覆うように形成された封止膜 2 7 とを主に備えている。なお、図 1 及び図 1 以降の図では、図が複雑化するのを防ぐため、T F T 層などの記載を省略している。

【 0 0 4 0 】

素子部 2 5 は、基板 2 3 側から順に、第 1 の電極層 3 1、有機層 3 3 及び第 2 の電極層 3 5 を備えている。有機層 3 3 が第 1 及び第 2 の電極層 3 1、3 5 によって挟み込まれている。

【 0 0 4 1 】

第 1 の電極層 3 1 は、有機層 3 3 が発光した光の少なくとも一部を有機層 3 3 側に反射する反射面 7（図 5 など参照）を有しており、不透明な電極材料を用いて形成されている。この第 1 の電極層 3 1 のうち有機層 3 3 側の表面が反射面 7 として機能し、外部量子効率を向上させるための形状を有している。反射面 7 の形状による外部量子効率の向上については後述する。

【 0 0 4 2 】

第 2 の電極層 3 5 は、光を透過する導電材料であればいずれの材料を用いて形成してもよい。但し、光の透過率を高めるためには、第 2 の電極層 3 5 を半透明電極又は透明電極とするのがよい。なお、透明電極の場合は、可視光の多くを透過させるような光学特性と比較的大きな電気伝導性とを備えた材料で形成される。また、半透明電極の場合は、透明電極と不透明電極との中間的な特性を有するものであり、可視光を透過させるような光学特性を有している必要があるため、電極の膜厚を薄くすることでそのような光学特性を実現している。

【 0 0 4 3 】

ここで、透明電極に好適な材料としては、例えば I T O や I Z O 等がある。また、透明電極の膜厚は、好ましくは 5 0 n m 以上であり、より好ましくは 1 0 0 n m ~ 3 0 0 n m の範囲にある。また、不透明電極に好適な材料としては、A l 等がある。また、その膜厚は、好ましくは 5 0 n m 以上であり、より好ましくは 1 0 0 n m ~ 3 0 0 n m の範囲にある。また、半透明電極に好適な材料としては、L i などのアルカリ金属、M g , C a , S r , B a などのアルカリ土類金属、あるいは A l , S i , A g 等がある。その膜厚は、好ましくは 1 0 0 n m 以下であり、より好ましくは 5 n m ~ 5 0 n m の範囲にある。

10

20

30

40

50

【0044】

有機層33は、基板23側から順に、正孔又は電子の注入を行うための電荷注入層と、正孔又は電子の輸送を行うための電荷輸送層と、EL発光を行う発光層と、電子又は正孔の輸送を行うための電荷輸送層と、電子又は正孔の注入を行うための電荷注入層とを備えている。なお、有機層33としては、5層構造を採用せず、種々の条件に応じて2ないし4層構造、発光層のみの単層構造等、種々の層構造を採用しても良い。

【0045】

調整層26は、素子部25から外部に向けた光透過特性を調整するためのものである。調整層26の好適な材料としては、スチリルアアリーレン、ポリシラン等の透明有機材料、酸化チタン、硫化亜鉛等の透明無機材料等がある。

10

【0046】

封止膜27は、有機層33、第2の電極層35、及び調整層26等を封止するためのものであり、有機ELディスプレイ21の素子部25が形成される領域を完全に覆うようにして形成されている。封止膜27は、光透過性を有する絶縁材料、例えばSiNx等により形成される。この封止膜27と外部（外気）との界面は、透過面5（図5など参照）として機能する。

【0047】

図3は、有機ELディスプレイ21の画素配列を例示する模式図である。有機ELディスプレイ21では、例えば、略長方形を有する多数の画素（すなわち有機EL素子）UCが行列状に配列される。なお、各画素UCは、正形状、六角形状、三角形状、円形状または楕円形状等の他の形状であっても構わない。

20

【0048】

< 反射面の形状と外部量子効率の向上 >

図4は、反射面の形状の調整による外部量子効率の向上を説明するための図である。

【0049】

図4に示すように、反射面7に傾斜面を設けることで、透過面5と反射面7とが略平行にならないようにすると、透過面5と反射面7との間で繰り返して反射される光については、反射面7の透過面5に対する傾きにより、透過面5に対して入射する角度が変化する。このため、一旦透過面5の法線に対して全反射角以上を成すようになった光であっても、透過面5の法線に対して全反射しない光となる現象が得られる。このような現象は、反射面7で光が反射される度に、光の進行方向が変化するため、透過面5への入射角度が変化するによって生じる。そこで、このような現象を利用して、反射面7に傾斜面を設けることで外部量子効率を向上させることができると考えられる。

30

【0050】

なお、有機ELディスプレイでは、各有機EL素子において基板23の上面と透過面5とが略平行に構成される。そして、有機ELディスプレイの通常の製造工程では、基板23の上方において、透過面5よりも早期に反射面7が形成される。したがって、基板23の上方に第1の電極層31を形成する際に、基板23上面に対して反射面7を適宜傾けることで、結果的に透過面5に対して反射面7を傾けることができる。また、第1の電極層31上に堆積される各層は、ある程度の膜厚以上堆積すると、各層を構成する材料の表面拡散により、上面（図中Z方向の面）が略平坦となる。

40

【0051】

ここで、図5に示すように、反射面7の全面が、基板23の上面に対して約 θ 度だけ傾けた面によって構成される凸部が複数形成された領域（凸領域）7aとなっている場合を考える。

【0052】

図6は、反射面7の全面を凸領域7aとした場合において、反射面7を基板23上面に対して傾けた角度（ミラー角度） θ と、外部量子効率との関係を示している。図6では、横軸がミラー角度 θ 、縦軸が外部量子効率を示している。

【0053】

50

なお、ここでは、反射面 7 が鏡面状態のアルミニウム (Al) によって形成され、反射面 7 と透過面 5 との間が有機 EL 素子に一般的に用いられる有機材料の屈折率 ($n = 1.6$) を有する材料で形成されているものとして算出した。また、その他の条件としては、反射面 7 と透過面 5 との最大間隔が約 300 nm、発光層 EM が透過面 5 から約 100 nm の位置に配置され、反射面 7 の全面に山と谷がストライプ状に連続配置された凸領域 7a が設けられ、凸構造の配列ピッチ (隣接する凸部の頂部同士の間隔) が約 0.4 μm 、反射面 7 の幅が 10 μm に設定され、発光層 EM のランダムな位置から全方位 (ランダムな方位) に向けて光が出射され、光線数が 20000 本であるといった条件を採用した。

【0054】

図 6 に示すように、ミラー角度 θ が 0 度 (反射面 7 と透過面 5 とが平行) である場合が、一般的な有機 EL ディスプレイの場合 (従来) であり、外部量子効率が約 20 % となる。これに対して、ミラー角度 θ が 20 ~ 40 度である場合には、外部量子効率が 40 % を超えて、当該効率が従来技術の 2 倍以上と顕著に向上する。また、図 6 に示すように、ミラー角度 θ が 25 ~ 35 度である場合に外部量子効率が最大値 (約 45 %) を示す。

【0055】

図 6 に示す結果より、外部量子効率を従来技術の 2 倍以上と顕著に向上させるためには、ミラー角度 θ を 20 ~ 40 度とすることが好ましく、更に高い外部量子効率を得るためには、ミラー角度 θ を 25 ~ 35 度とすることが好ましいと言える。また、ミラー角度 θ が 30 度の場合に外部量子効率のピークが見られるため、高い外部量子効率を出来るだけ向上させるといった観点から言えば、ミラー角度 θ を約 30 度とすることが最も好ましいと言える。すなわち、反射面 7 にランダムな凸部を設けるのではなく、反射面 7 に、基板 23 上面に対して所定の値域範囲に含まれる角度傾斜した傾斜面によって構成される凸領域 7a を設けることが好ましい。

【0056】

上記計算結果は、反射面 7 における凸領域 7a の凸部がストライプ状に連続配置された条件において得たが、発光層 EM から出射される光の進行方向は、全方位 (ランダムな方位) となるため、反射面 7 上に、一定の方向に斜面が連続して並んだストライプ状の凸領域 7a を形成するよりも、他の方向にも基板 23 上面に対して傾けた傾斜面を形成するようにした方が好ましい。例えば、図 7 に示すように、凸領域 7a がミラー角度 $\theta = 20 \sim 40$ である 4 面によって囲まれた正四角錐 (ピラミッド状の凸構造) が周期的に隙間なく配列されるようにすることが好ましい。

【0057】

以上のように、第 1 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 21 では、第 1 の電極層 31 によって構成される反射面 7 が、基板 23 上面に対して所定の値域範囲 (ここでは、20 ~ 40 度) 傾斜した傾斜面を備えて構成される凸領域 7a を有する。このような構成を採用することで、外部量子効率を向上させることができる。

【0058】

< 第 2 実施形態 >

第 1 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 21 では、反射面 7 の全面に凸領域 7a が設けられた。これに対して、第 2 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 21A では、各画素 UC における反射面 7 について、反射面 7 の中央近傍の領域 (中央部) を平坦 (平坦面) とし、反射面 7 の端部近傍の領域 (周縁部) に凸領域 7a を設けることで、発光層 EM で発生した光のうち、反射面 7 の周縁部に達した光を透過面 5 から外部に取り出し、外部量子効率を向上させ、発光素子の輝度を高い状態で維持しながら、発光素子の劣化を抑制している。なお、第 1 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 21 と第 2 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 21A とでは、反射面 7 のうち凸領域 7a が設けられている領域が異なるのみで、その他の構成は同様となる。以下、反射面 7 の周縁部にのみ凸領域 7a を設ける理由ならびに第 1 実施形態と異なる構成などについて説明する。

【0059】

図 8 は、反射面 7 の全体が平坦であるものと仮定した場合における有機 EL ディスプレ

10

20

30

40

50

イの駆動時間と発光効率との関係を例示する図である。図 8 では、横軸が駆動時間、縦軸が発光効率を示しており、反射面 7 の中央部における駆動時間と発光効率との関係を曲線 C v 1 で示し、反射面 7 の周縁部における駆動時間と発光効率（消費電力に対する発光強度の割合）との関係を曲線 C v 2 で示している。

【 0 0 6 0 】

図 8 に示すように、反射面 7 においては、中央部よりも周縁部の方が、駆動時間の経過とともに発光効率が相対的に低くなる傾向にある。これは、中央部近傍よりも周縁部近傍の方が、駆動電流の密度が高い傾向にあるために劣化が進行し易いか、又は水分や酸素などによって劣化し易い有機材料や透明電極（又は半透明電極）が各画素の端部近傍から劣化するためであると考えられる。

10

【 0 0 6 1 】

第 2 実施形態に係る有機 E L ディスプレイ 2 1 A では、反射面 7 の周縁部にのみ凸領域 7 a を設けることで、各画素 U C において周縁部における劣化の進行速度を、中央部における劣化の進行速度に近づけるようにしている。

【 0 0 6 2 】

図 9 は、1 つの画素 U C に着目して、反射面 7 のうちの凸領域 7 a を設ける領域を示す図であり、図 1 0 は、図 9 の A - A ' 断面について反射面 7 の構造のイメージを示す図である。なお、図 1 0 では、素子部 2 5 に着目した図を示しており、図を見易くするために、画素 U C の幅に対する各層の膜厚を実際のものよりも厚く示すとともに、実際には、凸構造が多数配列しているところを、凸構造の有無を明確に示すために、凸構造も誇張して示している。

20

【 0 0 6 3 】

図 9 及び図 1 0 に示すように、反射面 7 のうち、中央部 7 1 には基板 2 3 上面に対して略平行な平坦面（平坦部）7 1 a が配置され、周縁部 7 2（図 9 のハッチング部）には凸領域 7 a が配置されている。

【 0 0 6 4 】

このように反射面 7 のうちの周縁部 7 2 にのみ凸領域 7 a を設けると、図 1 1 に示すように、凸領域 7 a の頂部 7 a c 付近では、その周辺よりも第 1 の電極層 3 1 と第 2 の電極層 3 5 とが近づいた状態となる。

【 0 0 6 5 】

30

また、平坦面 7 1 a の延長面 7 1 b が、凸領域における凸部の頂部 7 a c と凸部の底部 7 a b との間に位置するように形成する。このとき、図 1 2 に示すように、平坦面 7 1 a の延長面 7 1 b よりも上方に位置する凸部の容積 V a が、平坦面 7 1 a の延長面 7 1 b よりも下方であって隣接する凸部とに囲まれる容積 V b よりも、小さい構造とする。なお、容積 V b は、第 1 の電極層 3 1 の上面と延長面 7 1 b とで囲まれる領域とする。

【 0 0 6 6 】

このため、図 1 1 に示すように、有機 E L ディスプレイ 2 1 A の駆動時には、この頂部 7 a c 一点のみに電流が集中し、電流密度が高い状態となる。その代わりに、凸領域 7 a のうち頂部 7 a c 以外の部分では、V a が V b よりも小さいために電流密度が相対的に低くなる。そして、凸領域 7 a 全体を平均すると、電流密度が比較的低くなる。これに対し

40

【 0 0 6 7 】

上記の理由により、有機 E L ディスプレイ 2 1 A の駆動時には、周縁部 7 2 における電流密度の平均値が、中央部 7 1 における電流密度の平均値よりも小さくなる。よって、電流密度の面から言えば、中央部 7 1 よりも周縁部 7 2 の方が劣化し難い構造となっている。

【 0 0 6 8 】

また、中央部 7 1 の近傍で発生した光のうち反射面 7 と透過面 5 との間で繰り返し反射

50

される光は、最終的には、周縁部 7 2 付近に辿り着いて、凸領域 7 a で反射されることで、光の進行方向が変更される。その結果として、上記第 1 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 2 1 と同様に、外部量子効率が向上する。つまり、各画素 UC において、少なくとも周縁部 7 2 に凸領域 7 a を設ければ、外部量子効率を向上させることができる。

【 0 0 6 9 】

以上のように、第 2 実施形態に係る有機 EL ディスプレイ 2 1 A では、第 1 の電極層 3 1 によって構成される反射面 7 において、中央部 7 1 に平坦部 7 1 a が配置されるとともに、周縁部 7 2 に凸領域 7 a が配置されている。このような構成を採用することで、劣化し易い有機 EL 素子の端部近傍における劣化の進行速度を、劣化し難い中央部付近における劣化の進行速度に近づけることができる。このため、有機 EL 素子における反射面 7 の形状を調整することで、有機層の劣化を端部から進行させずに、有機層全体にゆるやかに進行させることで、有機 EL 素子の劣化を全体的に抑制しつつ、外部量子効率を向上させることができる。また、駆動時間に対する発光効率の低下も抑制することができるため、同じ発光強度を得るための電流が小さくても済み、消費電力を低減することもできる。

【 0 0 7 0 】

< その他 >

以上、この発明の実施形態について説明したが、この発明は上記説明した内容のものに限定されるものではない。

【 0 0 7 1 】

例えば、上記実施形態では、凸領域 7 a の形状については、基板 2 3 上面に対して所定の値域範囲（例えば、20 ~ 40 度）に含まれる角度だけ傾けられた面によって構成されるものとして説明した。しかしながら、凸領域 7 a の先端部は加工精度の関係上、ある程度の曲率を有する。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 及び図 1 4 は凸構造の頂部 7 a c の形状に着目して示した図である。図 1 3 に示すように、凸領域 7 a の頂部が尖鋭であればあるほど、駆動時（発光時）に、凸領域 7 a の頂部において著しい電流密度の集中が生じ、有機層 3 3 が焼け焦げてしまう虞がある。したがって、図 1 4 に示すように、凸領域 7 a の頂部 7 a c にある程度の曲率半径 r を持たせて、電流密度が過度に集中することを回避する方が好ましい。なお、現在の技術では、頂部 7 a c の曲率半径 r を 0.1 μm 程度まで小さな値まで調整することができる。

【 0 0 7 3 】

また、凸領域 7 a の頂部 7 a c にある程度の曲率を持たせる代わりに、当該頂部を基板 2 3 に対して略平行な面（平坦面）で構成しても、凸領域 7 a の頂部 7 a c における電流密度の集中に起因した有機層 3 3 の損傷を防止することができる。

【 0 0 7 4 】

但し、外部量子効率を所望の目標値以上まで向上させるためには、凸領域 7 a において、基板 2 3 の上面に対して所定の値域範囲（ここでは、20 ~ 40 度）に含まれる角度だけ傾けられた傾斜面（テーパ面）が占有すべき下限値（テーパ面占有下限値）が存在する。

【 0 0 7 5 】

以下、所望の目標値が、従来の外部量子効率（約 20 %）の 2 倍（約 40 %）とした場合におけるテーパ面占有下限値について説明する。

【 0 0 7 6 】

図 6 で示したように、例えば、ミラー角度を約 30 度に設定すると、反射面 7 が平坦である場合（従来）に対して、外部量子効率が 2.25 倍まで上昇する。そして、このとき、テーパ面占有下限値は、89 %（ $2 / 2.25 \times 100$ ）となる。よって、1 つの画素 UC に設けられる凸領域 7 a が幾何学的に同じ形状を有する複数の凸構造によって構成される場合には、1 つの凸構造（例えば、1 つのピラミッド状の構造）の 9 割以上（上面側から見た 9 割以上）の領域がテーパ面によって構成されれば、所望の目標値を達成することができる。なお、1 つの凸構造の 9 割以上がテーパ面によって構成され、凸領

10

20

30

40

50

域 7 a に複数の凸構造が間断なく配列されている場合は、凸領域 7 a の 9 割以上（上面側から見た 9 割以上）の領域がテーパ面によって構成されていることになる。

【 0 0 7 7 】

また、1つの画素 UC に設けられる複数の凸構造が、例えば、頂部 7 a c の形状が異なる等、幾何学的に異なる形状を有する場合には、1つの画素 UC の反射面 7 において複数の凸構造が設けられる凸領域 7 a の 9 0 % 以上（上面側から見た 9 割以上）の領域がテーパ面によって構成されれば、所望の目標値を達成することができる。なお、各凸構造の頂部 7 a c がなだらかな曲面で構成される場合には、当該なだらかな曲面も外部量子効率の上昇に寄与するため、実際には、凸領域 7 a の 1 0 % 以上の領域がテーパ面によって形成されていなくても、所望の目標値を達成することができる。

10

【 0 0 7 8 】

ここでは、ミラー角度を約 3 0 度と仮定してテーパ面占有下限値を求めたが、例えば、ミラー角度が 2 0 ~ 4 0 度の場合であっても、凸領域 7 a の 9 0 % 以上の領域がテーパ面によって形成されれば、外部量子効率が従来に比べて大幅に向上する。

【 0 0 7 9 】

また、上記実施形態では、凸領域 7 a を構成する幾何学的に同一の凸構造が連続的に配列される配列ピッチについては特に説明しなかったが、製造技術上の理由などにより、凸構造の配列ピッチには採用可能な範囲が存在する。以下、配列ピッチの採用可能な範囲について説明する。

【 0 0 8 0 】

20

凸構造をフォトリソグラフィ工程によって作成する場合には、配列周期の下限値は 0 . 3 μm が現実的である。また、配列ピッチが 0 . 3 μm 未満の場合は、有機層 3 3 の屈折率が 1 . 6 程度であることを考慮すると、配列ピッチが発光波長以下となってしまうため、この点からも好ましくない。

【 0 0 8 1 】

一方、有機層 3 3 の膜厚については、今後厚くすることが可能となっても、1 μm 程度が上限であると予測される。そして、凸構造のミラー角度 θ が、所定の値域範囲（ここでは、2 0 ~ 4 0 度）の最低値である 2 0 度の場合であっても、配列ピッチが 5 . 4 μm となると、凸構造の頂部 7 a c が第 2 の電極層 3 5 と接触してしまう。このような場合において、上述したように、凸構造の頂部 7 a c の約 1 0 % 平坦化することで、漸く凸構造の頂部 7 a c と第 2 の電極層 3 5 とが接触しないようになる。よって、配列ピッチの上限値は、5 μm 程度であると言える。

30

【 0 0 8 2 】

したがって、凸構造の配列ピッチの採用可能な範囲は、0 . 3 ~ 5 μm 程度である。

【 0 0 8 3 】

また、上記説明では、過度な電流密度の集中による有機層 3 3 の損傷を防止するために、凸構造の先端部 7 a c に曲率を持たせる方が好ましいことを説明したが、以下、頂部 7 a c に持たせるべき曲率半径 r の数値範囲について説明する。なお、ここでは、ミラー角度 θ を 3 0 度（外部量子効率が最大となる値）に設定し、凸構造のテーパ面の約 1 0 % を削って頂部 7 a c に曲面を設けるものとして説明する。

40

【 0 0 8 4 】

上述したように、凸構造の配列ピッチの採用可能な範囲は 0 . 3 ~ 5 μm であるため、例えば、反射面 7 における凸領域 7 a の凸部がストライプ状に連続配置された条件では、テーパ面が削られる領域に対応する凸構造の底辺の長さは 0 . 0 6 ~ 1 . 0 μm となる。この場合、図 1 3 で示したように、テーパ面（図中直線部）と曲面（図中曲線部）とを滑らかに繋ぐ場合には、下式（2）が成立する。ここで、下式（2）の配列ピッチに下限値である 0 . 0 6 μm を代入すると、頂部 7 a c の曲率半径 r は 0 . 0 3 μm 以上でなければならない。

【 0 0 8 5 】

曲率半径 $r = (\text{配列周期} \times 0 . 1 / 2) \times \{ 1 / \cos(90^\circ - \theta) \} \cdots (2)$ 。

50

【0086】

よって、テーパ面と曲面とを滑らかに繋ぐことを前提とすれば、凸領域7aの頂部7acの曲率半径 r は、 $0.03\mu\text{m}$ 以上でなければならない。

【0087】

この曲率半径 r の下限値は、凸構造をフォトリソグラフィー工程によって作成する場合に配列ピッチの下限値が $0.3\mu\text{m}$ となることに依拠している。

【0088】

また、上式(2)の配列ピッチに上限値である $5\mu\text{m}$ を代入すると、頂部7acの曲率半径 r は $0.5\mu\text{m}$ 以下でなければならない。

【0089】

よって、頂部7acの曲率半径 r の下限値は、凸構造の配列ピッチの採用可能な範囲($0.3\sim 5\mu\text{m}$)に対応して、 $0.03\sim 0.5\mu\text{m}$ となる。

【0090】

そして、例えば、曲率半径 r の上限値を $0.5\mu\text{m}$ に設定した場合には、配列ピッチが上限値($5\mu\text{m}$)近傍である場合であっても、凸構造の頂部7acにおけるテーパ面と曲面とを滑らかに繋げることができるため、現実的に作成し易い。

【0091】

また、凸構造の頂部7acを平坦な面(すなわち基板23の上面に対して略平行な面)としても電流密度の過度な集中を防ぐことができるため、頂部7acの曲率半径 r の上限値は無限大であり、実質的には存在していないとも言える。

【0092】

以上のように、凸構造の頂部7acの曲率半径 r を $0.03\mu\text{m}$ 以上の値とすることで、凸構造の頂部7acにおける電流集中による有機層33の損傷を防止することができる。更に、凸構造の頂部7acの曲率半径 r を $0.03\mu\text{m}$ 以上、かつ $0.5\mu\text{m}$ 以下とすることで、現実的に作成し易い構造で、外部量子効率の向上を図りつつ、凸構造の頂部7acにおける電流集中による有機層33の損傷を防止することができる。

【0093】

また、曲率半径の測定は、FIB加工などによって、凸構造の先端部7acを含む断面を作成し、電子顕微鏡で観察し曲率半径を求める断面観察法や、触針式段差計、レーザー式表面形状測定器によって表面形状を測定し曲率半径を求める表面形状測定法で測定することができる。なお、平均曲率半径とは、測定した多数の曲率半径の平均値をいう。

【0094】

また、上記第2実施形態では、反射面7の中央部71には凸構造が設けられなかったが、これに限られず、中央部71にも凸構造を設けるとともに、中央部71に設けられた凸構造の頂部7acの曲率半径 r_1 が、周縁部72に設けられた凸構造の頂部7acの曲率半径 r_2 よりも大きくなるように構成しても、上記第2実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0095】

図15は、変形例に係る有機ELディスプレイ21Bにおける1つの画素(図9)のA-A'断面について反射面7の構造のイメージを示す図である。なお、図15では、図10と同様に、素子部25に着目して示しており、図面を見易くするために、各層の膜厚を実際よりも厚く示すとともに、実際には、凸構造が多数配列しているところを、凸構造の違いを明確に示すために、凸構造を実際よりも大きく示している。

【0096】

図15に示すように、反射面7のうち、中央部71には、頂部の曲率半径 r_1 が比較的大きな凸構造が設けられた領域(第1の凸領域)711aが形成されている。また、周縁部72には、頂部の曲率半径 r_2 が比較的小さな凸構造が設けられた領域(第2の凸領域)72aが形成されている。そして、ここでは、曲率半径 r_1 の方が曲率半径 r_2 よりも大きな値となるように設計されている。

【0097】

このような構成を採用すると、有機ELディスプレイ21Bの駆動時には、第1の凸領域711aよりも第2の凸領域72aにおいて、先端部における電流密度の集中が起こり易い。したがって、第2の凸領域72a全体における電流密度が比較的低くなる。

【0098】

これに対して、第1の凸領域711aのでは、頂部の曲率半径 r_1 が比較的大きなため、電流密度の集中が起こり難い。したがって、全体的により均一に電流が注入されるため、電流密度が、第2の凸領域72aに全体についての電流密度よりも相対的に高くなる。

【0099】

上記の理由により、劣化し易い有機EL素子の端部近傍における劣化の進行速度を、劣化し難い中央部付近における劣化の進行速度に近づけることができる。このため、有機EL素子における反射面7の形状を調整することで、有機EL素子の劣化を抑制しつつ、外部量子効率を向上させることができる。

10

【0100】

また、図15では、第1の凸領域711aにおける凸の高さが、第2の凸領域72aにおける凸の高さよりも大きくなるように形成されている例が示されている。しかしながら、これに限られず、曲率半径 r_1 の方が曲率半径 r_2 よりも大きな値となるように設計されていれば、第1及び第2の凸領域711a, 72aにおける凸の高さの何れが相対的に高くなっても同様な効果を得ることができる。

【0101】

例えば、中央部71及び周縁部72における凸構造の配列周期が同じ場合に、曲率半径 r_1 の方が曲率半径 r_2 よりも大きくなると、第1の凸領域711aにおける凸の高さよりも、第2の凸領域72aにおける凸の高さの方が相対的に高くなる。

20

【0102】

図16は、変形例に係る有機ELディスプレイ21Cにおける1つの画素(図9)のA-A'断面について反射面7の構造のイメージを示す図である。なお、図16では、図10及び図15と同様に、素子部25に着目して示している。

【0103】

図16に示すような構成を採用しても、劣化し易い有機EL素子の端部近傍における劣化の進行速度を、劣化し難い中央部付近における劣化の進行速度に近づけることができる。このため、有機EL素子における反射面7の形状を調整することで、有機EL素子の劣化を抑制しつつ、外部量子効率を向上させることができる。

30

【0104】

また、上記実施形態では、反射面7の凸構造が四角錐の形状を有したが、これに限られず、三角錐や六角錐等といった他の形状のものを採用しても良い。ただし、外部量子効率を考慮すると、凸構造のミラー角度には最適値が存在するため、凸構造は一定の周期的な幾何学的なパターンによって形成されることが望ましい。特に、外部量子効率を向上させる観点から言えば、四角錐、三角錐、及び六角錐等といった凸構造を採用して、当該凸構造を所望の領域に間断なく埋め尽くす方が好ましい。

【0105】

また、上記実施形態では、光を反射する透過面5及び反射面7が、それぞれ外気と光出力部10との界面及び第1の電極層31と有機層33との界面であったが、これに限られない。例えば、光の反射は、屈折率が大きく変化する種々の境界面で発生する。よって、例えば、光透過特性調整用の調整層の表面等といった種々の境界面で光の反射が生じる。したがって、種々の境界面に適宜凸構造を設けても、外部量子効率を上昇させることができる。

40

【0106】

また、上記実施形態では、第1の電極層31として不透明な電極材料を用いたが、これに限られず、例えば、第1の電極層31が、有機層33が発光した光の少なくとも一部を有機層33側に反射するような透明及び半透明の電極材料によって構成されても良い。但し、外部量子効率を向上させるためには、第1の電極層31が不透明な電極材料によっ

50

て構成され、照射される光をなるべく反射するようにすることが望ましい。そして、光の反射率を高めるためには、第 1 の電極層 31 を半透明電極又は不透明光電極とするのがよい。更に好ましくは第 1 の電極層は、A1 等の反射電極とするのがよい。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図 1】発生した光の進行方向と外部への射出方向との関係を示す図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る有機 EL ディスプレイの構成を示す断面模式図である。

【図 3】有機 EL ディスプレイの画素配列を例示する模式図である。

【図 4】反射面の形状による光の外部取り出し効率の向上を説明する図である。

【図 5】有機 EL ディスプレイの断面模式図である。

10

【図 6】ミラー角度 θ と光の取り出し効率との関係を示す図である。

【図 7】反射面の凸構造の一形態のイメージを例示する図である。

【図 8】駆動時間と発光効率との関係を例示する図である。

【図 9】第 2 実施形態に係る反射面のうち凸構造を設ける領域を示す図である。

【図 10】第 2 実施形態に係る反射面の構造のイメージを示す図である。

【図 11】電流密度について説明する図である。

【図 12】反射面の凸構造と平坦面との関係を例示する図である。

【図 13】頂部の形状と電流密度との関係について説明する図である。

【図 14】頂部の曲率半径と電流密度との関係について説明する図である。

【図 15】変形例に係る反射面の構造のイメージを示す図である。

20

【図 16】変形例に係る反射面の構造のイメージを示す図である。

【符号の説明】

【0108】

5 透過面

7 反射面

7a 凸領域

7ac 頂部

10 光出力部

21, 21A ~ 21C 有機 EL ディスプレイ

23 基板

30

24 平坦化膜

25 素子部

26 キャップ層（調整層）

27 封止膜

31 第 1 の電極層

33 有機層

35 第 2 の電極層

71 中央部

72 周縁部

71a 平坦部

40

711a 第 1 の凸領域

72a 第 2 の凸領域

EM 発光層

UC 画素

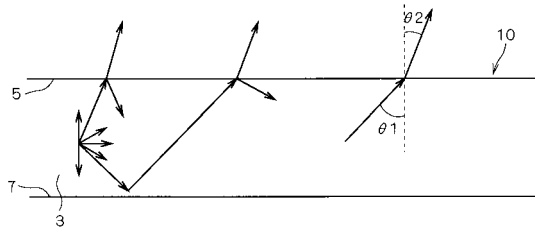
r, r_1, r_2 曲率半径

θ ミラー角度

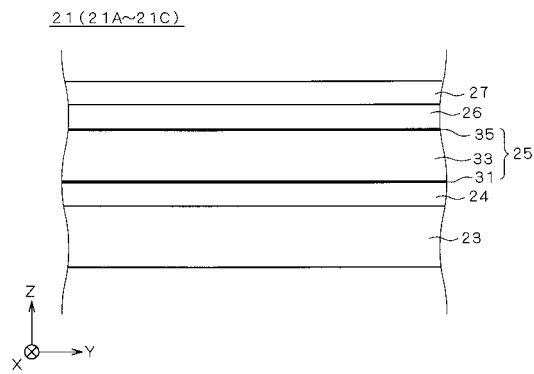
Va 容積

Vb 容積

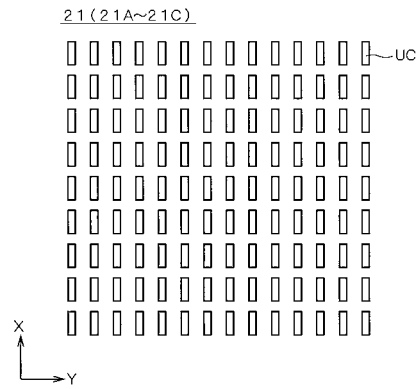
【図 1】



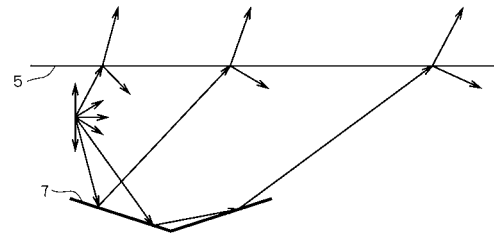
【図 2】



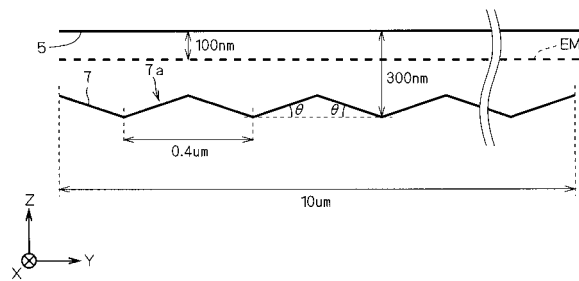
【図 3】



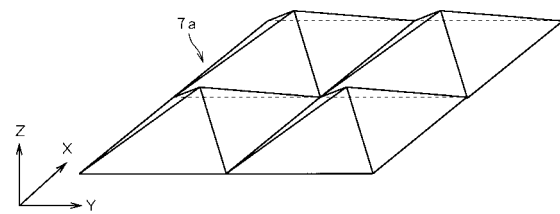
【図 4】



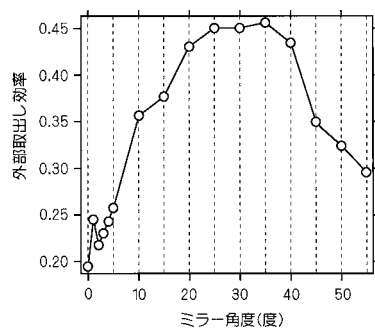
【図 5】



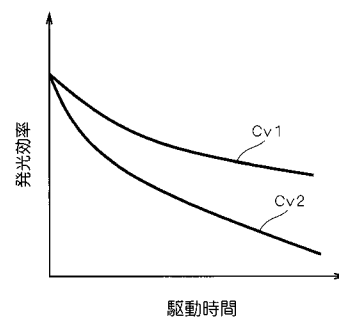
【図 7】



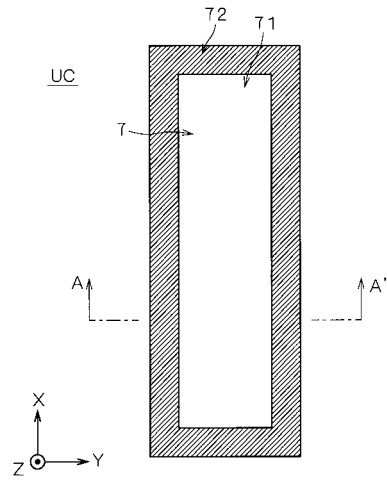
【図 6】



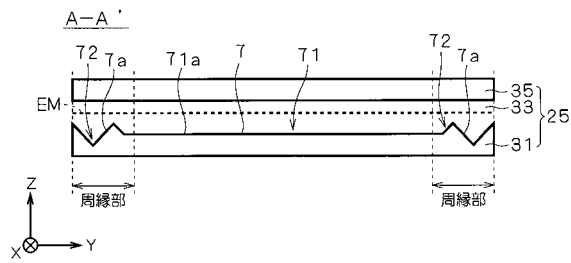
【図 8】



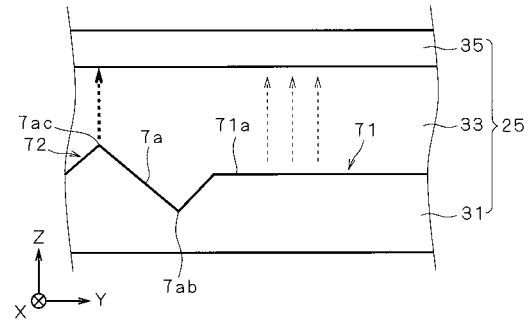
【図 9】



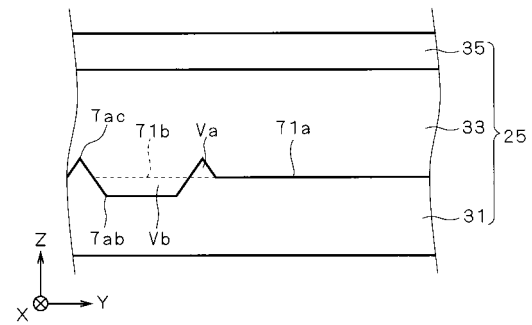
【図 10】



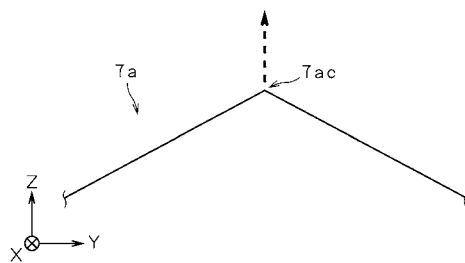
【図 11】



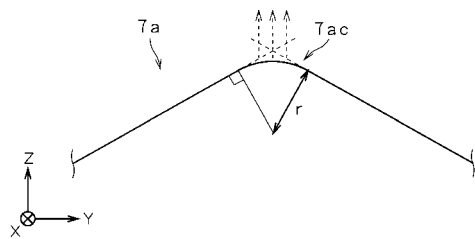
【図 12】



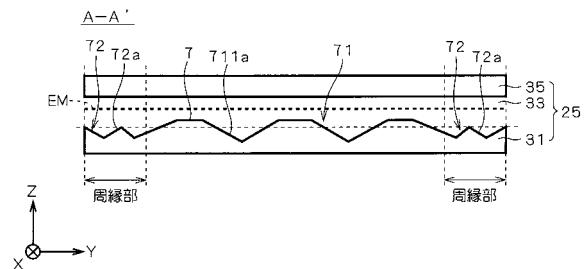
【図 13】



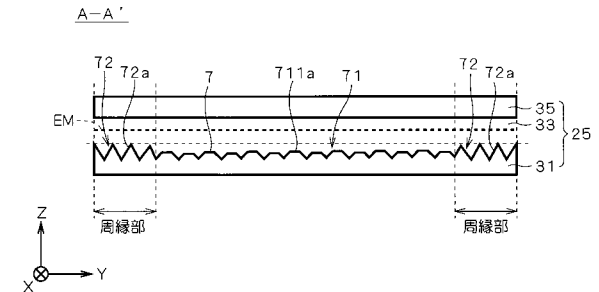
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(74)代理人 100106183

弁理士 吉澤 弘司

(74)代理人 100160967

弁理士 ▲濱▼口 岳久

(72)発明者 堂本 千秋

滋賀県野洲市市三宅 6 5 6 番地 株式会社京セラディスプレイ研究所内

審査官 小西 隆

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 0 9 6 1 2 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 3 1 0 5 9 1 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 2 7 6 8 0 3 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 1 4 0 1 0 (J P , A)

特開平 1 0 - 2 7 0 1 6 9 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 3 6 9 6 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 5 1 / 5 0 - 5 1 / 5 6

H 0 1 L 2 7 / 3 2

H 0 5 B 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8

专利名称(译)	有机EL显示屏		
公开(公告)号	JP5265084B2	公开(公告)日	2013-08-14
申请号	JP2006023759	申请日	2006-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	京瓷株式会社		
申请(专利权)人(译)	京瓷株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	Eruji显示有限公司		
[标]发明人	堂本千秋		
发明人	堂本 千秋		
IPC分类号	H05B33/24 H05B33/26 H01L51/50 G09F9/30 H01L27/32		
FI分类号	H05B33/24 H05B33/26.Z H05B33/14.A G09F9/30.365.Z G09F9/30.365 H01L27/32		
F-TERM分类号	3K007/AB03 3K007/AB11 3K007/CC01 3K007/DB03 3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC05 3K107/DD03 3K107/DD23 3K107/DD25 3K107/DD28 3K107/DD30 3K107/EE30 3K107/EE33 3K107/FF15 5C094/AA10 5C094/AA22 5C094/AA37 5C094/BA27 5C094/EA06 5C094/FA03 5C094/JA07 5C094/JA09		
代理人(译)	白井伸一 吉泽博 ▲滨▼口 岳久		
审查员(译)	小西孝		
其他公开文献	JP2007207529A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题通过调整有机EL元件中的反射表面的形状来提供改善外部量子效率的技术。有机EL显示器包括基板，设置在基板上的第一电极层，设置在第一电极层上的有机层，以及设置在有机层上的第二电极层。其中，第一电极层具有反射表面，用于反射从有机层发射的光，反射表面与基板的上表面相对设置多个凸起部分包括一对倾斜20至40度的倾斜表面。点域5

