

(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2016-115714

(P2016-115714A)

(43) 公開日 平成28年6月23日(2016.6.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 51/50 (2006.01)	H O 5 B 33/22 D	3 K 1 0 7
H O 5 B 33/26 (2006.01)	H O 5 B 33/26 Z	
	H O 5 B 33/14 A	
	H O 5 B 33/22 C	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-251029 (P2014-251029)	(71) 出願人	514188173
(22) 出願日	平成26年12月11日 (2014.12.11)		株式会社 J O L E D
			東京都千代田区神田錦町三丁目23番地
		(74) 代理人	110001900
			特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
		(72) 発明者	阿部 裕樹
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		Fターム(参考)	3K107 AA01 BB01 CC05 CC25 DD23
			DD44X DD72 DD73 DD78 DD79
			DD84 DD87 FF08 FF15 GG05
			GG06

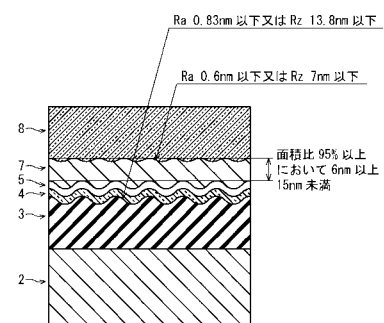
(54) 【発明の名称】 有機E Lパネル

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】有機E Lパネルの光出射効率を向上する。

【解決手段】有機E Lパネルにおいて、基板と、アルミニウムを含む陽極層3と、樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層7と、有機発光層8と、陰極層とを、当該順に積層された状態で備え、陽極層3は、ホール輸送層7側の表面の表面粗さが、算術平均粗さRaが0.83nm以下、又は最大高さRzが13.8nm以下の少なくとも何れかであり、ホール輸送層7は、陽極層3と重なる範囲のうち面積比95%以上において厚みが6nm以上15nm未満である。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
アルミニウムを含む陽極層と、
樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層と、
有機発光層と、
陰極層とを、当該順に積層された状態で備え、
前記陽極層は、前記ホール輸送層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ $R_a 0.83 \text{ nm}$ 以下、又は最大高さ $R_z 13.8 \text{ nm}$ 以下の少なくとも何れかであり、
前記ホール輸送層は、前記陽極層と重なる範囲のうち面積比 95% 以上において厚みが 6 nm 以上 15 nm 未満である
有機 EL パネル。

【請求項 2】

前記ホール輸送層は、前記有機発光層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ $R_a 0.6 \text{ nm}$ 以下、又は最大高さ $R_z 7 \text{ nm}$ 以下の少なくとも何れかである
請求項 1 に記載の有機 EL パネル。

【請求項 3】

前記陽極層は、厚みは 50 nm 以上 200 nm 未満である
請求項 1 に記載の有機 EL パネル。

【請求項 4】

さらに、前記陽極層と前記ホール輸送層との間に遷移金属酸化物からなるホール注入層を備えた
請求項 1 から 3 の何れかに記載の有機 EL パネル。

【請求項 5】

前記陽極層は、ニッケル又はコバルトを含むアルミニウム合金を含み、前記陽極層の前記ホール注入層側の表面では、少なくとも一部においてニッケル又はコバルトが前記ホール注入層と接している
請求項 4 に記載の有機 EL パネル。

【請求項 6】

前記ニッケル又はコバルト又はそれらが構成する酸化物は、キャリアとしてのホールを注入するホール注入性を備える
請求項 5 に記載の有機 EL パネル。

【請求項 7】

前記陽極層は、基板の上にアルミニウム、及びアルミニウムニッケル合金、又はアルミニウムコバルト合金をスパッタリングにより堆積したのち焼成して形成されている
請求項 1 に記載の有機 EL パネル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、有機材料の電界発光現象を利用した有機 EL (Electro Luminescence) パネルに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルテレビ等の表示装置に用いられる表示パネルとして、基板上に有機発光素子をマトリックス状に複数配列した有機 EL 素子を利用したパネル（以後、「有機 EL パネル」と略称する）が実用化されている。

各有機 EL 素子は電流駆動型の発光素子であって、陽極と陰極の一对の電極対の間に有機発光材料を含む発光層が配設された基本構造を有する。陽極と有機発光層との間、並びに陰極と有機発光層との間には、必要に応じて電荷注入層、電荷輸送層などが介設されている。駆動時には、一对の電極対間に電圧を印加し、陽極から有機発光層に注入されるホ

10

20

30

40

50

ールと、陰極から有機発光層に注入される電子との再結合に伴って発光する。陽極と有機発光層の間には、ホールを効率よく有機発光層に注入するためのホール注入層が形成される。

【0003】

有機ELパネルの一般的な製造工程では、TFT層を形成した基板上に樹脂材料からなる絶縁層を形成し、その上に陽極材料として、たとえばアルミニウムまたはアルミニウム合金を含む金属材料層を成膜し、この金属材料層を焼成して陽極を形成する。そして、その上に、例えば遷移金属酸化物膜からなるホール注入層を形成し、さらに、湿式成膜法により樹脂を含むインクと塗布してホール輸送層、有機発光層、陰極を形成する（例えば、特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開番号 WO2012/001727号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、従来の有機ELパネルでは、パネルが多くの層を積層して形成されているために、何れかの層において形成不良が生じた場合には当該部分において発光特性が低下し、有機ELパネルの光出射効率が低下する。本開示は、上記課題に鑑み、光出射効率を向上する有機ELパネルを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本開示の一態様における有機ELパネルは、基板と、アルミニウムを含む陽極層と、樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層と、有機発光層と、陰極層とを、当該順に積層された状態で備え、前記陽極層は、前記ホール輸送層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さRaが0.83nm以下、又は最大高さRzが13.8nm以下の少なくとも何れかであり、前記ホール輸送層は、前記陽極層と重なる範囲のうち面積比95%以上において厚みが6nm以上15nm未満であることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0007】

本開示の一態様に係る有機ELパネルでは、上記した構成により、ホール輸送層の層断裂領域又は薄膜化領域の発生を抑制できる。そのため、層断裂領域又は薄膜化領域とその近傍において有機発光層から適切な光量の発光が得られない電氣的劣化要因に基づく光出射効率低下を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施の形態に係る有機ELパネル100の構成を示す模式的な断面図である。

【図2】実施の形態の有機EL素子の製造工程の一部を示すフロー図である。

40

【図3】有機ELパネル100の製造工程の一部を示す模式断面図である。

【図4】有機ELパネル100の製造工程の一部を示す模式断面図である。

【図5】有機ELパネル100における絶縁層、ホール注入層、ホール輸送層及び陽極層の構成を示す模式的な断面図である。

【図6】有機ELパネル100の性能評価試験における各サンプルの仕様及び製造条件を示す図である。

【図7】有機ELパネル100及び比較例の断面観察に用いた試片の形状寸法を示す模式図である。

【図8】(a)は、有機ELパネル100における絶縁層、陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、TEM用保護層の断面を示す写真であり(b)はA部を拡大した写真である。

50

【図 9】(a) は、比較例における絶縁層、陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、T E M 用保護層の断面を示す写真であり、(b) は C 部を拡大した写真、(c) は D 部を拡大した写真である。

【図 10】(a) ~ (c) は、有機 E L パネル 100 における陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層の 2 値化した断面画像である。

【図 11】(a) ~ (c) は、比較例における陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層の 2 値化した断面画像である。

【図 12】有機 E L パネル 100 及び比較例におけるホール輸送層の厚み分布の測定結果を示す図である。

【図 13】有機 E L パネル 100 及び比較例における陽極層のホール注入層側表面の表面粗さの測定結果を示す図であり、(a) は算術平均粗さ R a、(b) は最大高さ R z を示す。

10

【図 14】有機 E L パネル 100 及び比較例におけるホール注入層のホール注入層側表面粗さと光出射効率との関係を示す図であり、(a) は算術平均粗さとの関係、(b) は最大高さ R z との関係を示す。

【図 15】有機 E L パネル 100 及び比較例における光の波長と反射率との関係を示す実験結果を示す図である。

【図 16】従来の有機 E L パネル 100 X を構成する有機 E L 素子 10 X の構成を示す模式断面図である。

【図 17】従来の有機 E L パネル 100 X における陽極層の厚みと光出射効率との関係を示す実験結果及び光学シミュレーション結果を示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0009】

発明を実施するための形態に至った経緯について

図 16 は、特許文献 1 に記載された従来の有機 E L パネル 100 X を構成する 1 つの有機 E L 素子 10 X の構成を示す模式断面図である。図 16 に示すように、有機 E L 素子 10 X では、基板 101 の Z 軸方向上側の表面に、T F T 層 1010 およびパッシベーション膜 102 が順に積層形成され、さらにその上に絶縁層 103 が積層形成されている。基板 101 は、例えば、無アルカリガラス、ソーダガラス、無蛍光ガラス、磷酸系ガラス、硼酸系ガラス、石英、又はアルミニウムナ等の絶縁性材料をベースとして形成されている。絶縁層 103 は、例えば、アクリル、ポリイミド、ゾルゲルなどの有機絶縁材料や、S i N や S i O_x などの無機絶縁材料などから形成されている。T F T 層 1010 は、ゲート電極 1011、ドレイン電極 1012、ソース電極 1013 と、チャネル層 1014 およびゲート絶縁膜 1015 とから構成されており、陽極層 105 に対してコンタクトホール（不図示）で接続されている。

30

【0010】

有機 E L 素子 10 X においては、X - Y 平面において、画素部 10 a と非画素部 10 b とが含まれている。画素部 10 a においては、絶縁層 103 上に陽極層 105 が形成されている。非画素部 10 b においては、絶縁層 103 上に補助電極 106 が形成されている。陽極層 105 および補助電極 106 は、ニッケル (N i) を含み、アルミニウムを主成分とする合金材料から構成されている。

40

【0011】

隣接する陽極層 105 同士の間、および隣接する陽極層 105 と補助電極 106 との間には、各々バンク 107 が立設されている。画素部 10 a においては、陽極層 105 上に、ホール注入層 105 X、ホール輸送層 108、有機発光層 109、電子輸送層 110、および陰極層 111 が順に積層形成されている。このうち、電子輸送層 110 と陰極層 111 とは、非画素部 10 b にも連続して形成され、陰極層 111 と補助電極 106 とは、間に電子輸送層 110 が介在した状態で電氣的に接続されている。陰極層 111 の上面は、封止層 112 により覆われている。

【0012】

50

次に、有機ELパネル100Xの製造工程では、TFT層101およびパッシベーション膜102が順に積層形成され基板上に絶縁層103、陽極層105及び補助電極106を構成する金属材料層を順次形成し、その上に、その後に焼成工程を実施する。成膜した金属材料層を焼成して、陽極層105及び補助電極106の膜密度を向上（焼き締め）して低抵抗化するためである。

【0013】

その後、陽極層105は、それぞれフォトリソグラフィー法に基づき、エッチングしてパターンニングして形成する。その後、隣接する陽極層105同士の間、および隣接する陽極層105と補助電極106との間に、フォトリソグラフィー法に基づき、各々バンク107を形成した後、陽極層105上及びホール注入層105X上に塗布法によりホール輸送層108を形成する。その後、ホール輸送層108の上に、塗布法により有機発光層109、電子輸送層110、および陰極層111を積層形成して有機ELパネル100Xを完成する。

10

【0014】

発明者らは、上記した従来の有機ELパネル100Xを用いて光出射効率低下の要因を検討するために実験を行った。図17は、従来の有機ELパネル100Xにおける陽極層105の厚みと光出射効率との関係を示す実験結果及び光学シミュレーション結果を示す図である。実験では、有機ELパネル100Xに10 (mA/cm²) の電流を流し青色光（波長380nmから495nm）を発光させたときの光度 (Cd) を測定し、これを電流で除して光出射効率を算出した。図17に示すように、光学シミュレーションでは陽極層厚みが200nmから400nmの範囲において、光出射効率は約±2% (5.3~5.5 (Cd/A)) の範囲内で変動する。これに対し、有機ELパネル100Xによる実験値では、陽極層105厚みが200nmから400nmに変化したとき、光出射効率は約15% (5.3~4.5 (Cd/A)) 単調減少すると。また、光学シミュレーションと実験結果との比較では、陽極層厚みが200nmにおいて光出射効率を示す実験結果及び光学シミュレーション結果が一致するが、陽極層厚みが200nmよりも大きく400nm以下では、実験結果が光学シミュレーション結果を下回り、陽極層厚の増加に伴いその差は拡大する。

20

【0015】

一般に、トップエミッション型の有機ELパネル100Xでは、陽極層105厚みが増加したとき陽極層105の表面粗さの増加に伴う陽極層反射率の低下が生じることが知られている（例えば、特開2012-104553号公報参照）。その場合、青色光においては陽極層105厚みが約2倍に増加したとき陽極層105の反射率が約1%低下し、これに伴い発光した光の取だし効率が低下するために有機ELパネルの光出射効率も低下する。これに対し、上述のとおり有機ELパネル100Xでは、陽極層105厚みが約2倍に増加したとき約15%光出射効率低下が生じた。

30

【0016】

そこで、発明者らは、陽極層105の表面粗さの増加に伴う陽極層反射率の低下という光学的要因以外に、陽極層105厚みの増加に伴う光出射効率低下の要因が存在すると考え、陽極層105厚み増加に伴う光出射効率低下の要因について検討を行った。

40

その結果、陽極層105上及びホール注入層105X上に塗布法によりホール輸送層108を形成する工程において、主に陽極層105厚み増加に伴う表面粗さ増加に起因して、陽極層105又はホール注入層105Xと有機発光層109とが部分的に接合しホール輸送層108が層内部で断裂した層断裂領域、又はホール輸送層108が所定厚み未満の範囲に薄化した薄膜化領域が面内でスポット状に発生していることを見出した。この層断裂領域又は薄膜化領域（以後、「層断裂又は薄膜化領域」とする）とその近傍では、陽極層105から有機発光層109に十分なキャリア移動がなされないために有機発光層109において適切な光量の発光が得られず、層断裂又は薄膜化領域の増加が光出射効率低下の主要因であると考えられる。

【0017】

50

そこで、ホール輸送層 108 を形成する工程において層断裂又は薄膜化領域の発生を抑制することが可能な有機 EL 素子のデバイス構造について検討を行い、実施の形態に係る有機 EL 素子に想到したものである。

発明を実施するための形態の概要

本実施の形態に係る有機 EL パネルは、基板と、アルミニウムを含む陽極層と、樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層と、有機発光層と、陰極層とを、当該順に積層された状態で備え、前記陽極層は、前記ホール輸送層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ $R_a 0.83 \text{ nm}$ 以下、又は最大高さ $R_z 13.8 \text{ nm}$ 以下の少なくとも何れかであり、前記ホール輸送層は、前記陽極層と重なる範囲のうち面積比 95% 以上において厚みが 6 nm 以上 15 nm 未満であることを特徴とする。

10

【0018】

また、別の態様では、前記ホール輸送層は、前記有機発光層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ $R_a 0.6 \text{ nm}$ 以下、又は最大高さ $R_z 7 \text{ nm}$ 以下の少なくとも何れかである構成であってもよい。

また、別の態様では、前記陽極層は、厚みは 50 nm 以上 200 nm 未満である構成であってもよい。

【0019】

また、別の態様では、さらに、前記陽極層と前記ホール輸送層との間に遷移金属酸化物からなるホール注入層を備えた構成であってもよい。

また、別の態様では、前記陽極層は、ニッケル又はコバルトを含むアルミニウム合金を含み、前記陽極層の前記ホール注入層側の表面では、少なくとも一部においてニッケル又はコバルトが前記ホール注入層と接している構成であってもよい。

20

【0020】

また、別の態様では、前記ニッケル又はコバルト又はそれらが構成する酸化物は、キャリアとしてのホールを注入するホール注入性を備える構成であってもよい。

また、別の態様では、前記陽極層は、基板の上にアルミニウム、及びアルミニウムニッケル合金、又はアルミニウムコバルト合金をスパッタリングにより堆積したのち焼成して形成されている構成であってもよい。

【0021】

実施の形態

30

1. 構成について

実施の形態に係る有機 EL パネル 100 の構成について、図 1 を用い説明する。図 1 は、本開示の有機 EL パネルの一態様として、実施の形態に係る有機 EL パネル 100 の構成を模式的に示す断面図である。有機 EL パネル 100 は、これに接続された駆動制御部（不図示）とで表示装置を構成することができる。

【0022】

有機 EL パネル 100 では、画素（ピクセル）が基板 1 の上面に沿ってマトリクス状に配列されている。各画素は隣接する RGB 3 色のサブ画素の有機 EL 素子を 1 組として構成される。有機 EL 素子 20a、20b、20c は、基板 1 上に配列されたトップエミッション型であって、有機 EL 素子 20a は青色のサブ画素、有機 EL 素子 20b は緑色のサブ画素、有機 EL 素子 20c は赤色のサブ画素にそれぞれ相当する。

40

【0023】

基板 1 は、基板本体（不図示）の上面に、有機 EL パネル 100 全体の有機 EL 素子 20a ~ 20c をアクティブマトリクス方式で駆動するための TFT 層（不図示）が形成されてなり、その上を絶縁層 2 で被覆されて構成されている。

基板本体は、有機 EL パネル 100 のベース部分となる基板であって、無アルカリガラス、ソーダガラス、無蛍光ガラス、磷酸系ガラス、硼酸系ガラス、石英、アクリル系樹脂、スチレン系樹脂、又はアルミニウムナ等の無機絶縁性材料で形成されている。

【0024】

絶縁層 2 は、基板 1 の表面を平坦にし、且つ TFT を外部より絶縁するために設ける樹

50

脂膜であって、絶縁性に優れる有機材料、例えばポリイミド、ポリアミド、アクリル系樹脂材料等の有機絶縁性材料で形成されている。また、絶縁層 2 は、膜厚によっては、基板 1 の表面を平坦化する機能を有する平坦化層であってもよい。

次に、有機 EL 素子 20a ~ 20c の素子の構成について説明する。絶縁層 2 上には、陽極層 3、透明電極 4、ホール注入層 5、有機発光層 8、電子注入層 9、陰極層 10、封止層 11 が順次積層形成されている。

【0025】

陽極層 3 は、ここではアルミニウム又はアルミニウム合金を含む電気抵抗の低い材料で構成され、厚み（膜厚）は好ましくは 50 nm 以上 200 nm 未満、より好ましくは 75 nm 以上 150 nm 以下の反射陽極層として形成されている。アルミニウムやアルミニウム合金は、高光反射性を有する高導電性金属材料であり好適である。アルミニウム合金の例としては、アルミニウムコバルト合金（例えば、 Al_9Co_2 ）、又は、アルミニウムニッケル合金（例えば、 $AlNi_3$ ）を用いることが好ましい。アルミニウムコバルト合金、又は、アルミニウムニッケル合金に加えて、例えば、アルミニウム・コバルト・ゲルマニウム・ランタン（ $Al-Co-Ge-La$ ）合金、アルミニウム・カーボン・マグネシウム（ $Al-C-Mg$ ）合金や、アルミニウムネオジウム（ $Al-Nd$ ）合金、アルミニウムジルコニウム（ $Al-Zr$ ）合金、アルミニウム銅（ $Al-Cu$ ）合金、アルミニウムシリコン（ $Al-Si$ ）合金、アルミニウムシリコン・銅（ $Al-Si-Cu$ ）合金などを用いてもよい。

【0026】

透明電極 4 は、インジウムを含む導電性材料、例えば IZO（酸化インジウム亜鉛）等の透明電極材料で構成される。厚みが約 16 nm 程度の膜であり、陽極層 3 の上面を被覆している。なお陽極層 3 と透明電極 4 とを併せて陽極層とすることもある。

陽極層 3 及び透明電極 4 は、各サブ画素を構成する有機 EL 素子 20a、20b、20c ごとに分離してパターニングされている。

【0027】

ホール注入層 5 は、有機発光層 8 に対して陽極層 3 側からホールを効率よく注入するための層であり、例えば、酸化モリブデン（ MoO_x ）や酸化タングステン（ WO_x ）の遷移金属酸化物膜で形成されている（ x は正数）。その他、例えば、銀（ Ag ）、クロム（ Cr ）、バナジウム（ V ）、ニッケル（ Ni ）、イリジウム（ Ir ）などの酸化物、あるいは、PEDOT（ポリチオフェンとポリスチレンスルホン酸との混合物）などの導電性ポリマー材料からなる層を用いてもよい。ホール注入層 5 の厚みは、0.1 ~ 20 nm 程度の範囲内が好ましい。なお、ホール注入層 5 は、有機 EL 素子 20a、20b、20c ごとに分離してパターニングされている。

【0028】

ホール注入層 5 を遷移金属の酸化物から構成する場合には、複数の酸化数をとるためこれにより複数の準位をとることができ、その結果、ホール注入が容易になり駆動電圧を低減することができる。特に、酸化タングステン（ WO_x ）を用いることが、ホールを安定的に注入し、且つ、ホールの生成を補助するという機能を有するという観点から望ましい。本実施の形態では、酸化タングステン（ WO_x ）（ WO_x ：約 10 [nm]）を採用している。ただし、層厚はこれに限定されるものではなく、例えば、酸化タングステン（ WO_x ）の層厚は、5 [nm] ~ 30 [nm] の範囲とすることができる。

【0029】

ホール注入層 5 上には、少なくとも隣り合うサブピクセル同士の間を仕切るように、絶縁材料からなるバンク 6 が設けられている。バンク 6 は、個々の有機 EL 素子 20a、20b、20c の有機発光層 8 を個別に区画するいわゆるピクセルバンク構造としてもよいし、同発光色の有機 EL 素子 20a、20b、20c の有機発光層 8 を一群ずつストライプ状に区画する、ラインバンク構造としてもよい。

【0030】

バンク 6 は、絶縁性を有する樹脂等の有機材料で形成され、形成工程においてエッチン

10

20

30

40

50

グ処理、ベーク処理などが施される。有機材料の例としてはアクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、ノボラック型フェノール樹脂等が挙げられる。

バンク 6 で仕切られた領域内には、ホール輸送層 7、有機発光層 8 が積層形成されている。

【 0 0 3 1 】

ホール輸送層 7 は、陽極層 3 側からホールを輸送し、有機発光層 8 に注入する役目を持つ。その材料の具体例としては、4、4'-ビス[N-(ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ピフェニル(α -NPB または α -NPD)、N、N'-ビス(3-メチルフェニル)-(1、1'-ピフェニル)-4、4'-ジアミン(TPD)などのトリアリールアミン系化合物を挙げることができる。これらの材料を含む溶液を用いた湿式成膜法(ウェットプロセス)で作製できる。

10

【 0 0 3 2 】

有機発光層 8 は、ホールと電子とが注入されて再結合されることにより励起状態が生成され、これにより発光する機能を有する。有機発光層 8 もウェット法で形成できる。その材料は、例えば特許公開公報(特開平 5-163488 号公報)に記載のオキシノイド化合物、ペリレン化合物、クマリン化合物、アザクマリン化合物、オキサゾール化合物、オキサジアゾール化合物、ペリノン化合物、ピロロピロール化合物、ナフタレン化合物、アントラセン化合物、フルオレン化合物、フルオランテン化合物、テトラセン化合物、ピレン化合物、コロネン化合物、キノロン化合物及びアザキノロン化合物、ピラゾリン誘導体及びピラゾロン誘導体、ローダミン化合物、クリセン化合物、フェナントレン化合物、シクロペンタジエン化合物、スチルベン化合物、ジフェニルキノン化合物、スチリル化合物、ブタジエン化合物、ジシアノメチレンピラン化合物、ジシアノメチレンチオピラン化合物、フルオレセイン化合物、ピリリウム化合物、チアピリリウム化合物、セレナピリリウム化合物、テルロピリリウム化合物、芳香族アルダジエン化合物、オリゴフェニレン化合物、チオキサンテン化合物、アンスラセン化合物、シアニン化合物、アクリジン化合物、8-ヒドロキシキノリン化合物の金属錯体、2-ビビリジン化合物の金属錯体、シッフ塩と III 族金属との錯体、オキシニル錯体、希土類錯体などの蛍光物質で形成されることが好ましい。

20

【 0 0 3 3 】

有機発光層 8 の上には、電子注入層 9、陰極層 10 および封止層 11 が、バンク 6 の上部を超えてパネル全体の有機 EL 素子 20a、20b、20c にわたり連続して形成されている。

30

電子注入層 9 は、陰極層 10 側から注入される電子を有機発光層 8 へ輸送する機能を有する。例えば、バリウム、フタロシアニン、フッ化リチウム、あるいはこれらを組み合わせた材料で構成される。

【 0 0 3 4 】

陰極層 10 は、例えば ITO、IZO(酸化インジウム亜鉛)などの光透過性の材料で形成される。この他に、例えばアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらのハロゲン化合物を含む層と銀を含む層とをこの順で積層した構造とすることもできる。

封止層 11 は、有機発光層 8 などが水分や空気に曝されるのを抑制する機能を有し、例えば、SiN(窒化シリコン)、SiON(酸窒化シリコン)などの光透過性の材料で形成することが好ましい。

40

【 0 0 3 5 】

2. 製造方法

有機 EL パネル 100 の製造方法について図 2、図 3 及び図 4 を用いて説明する。図 2 は、実施の形態の有機 EL 素子の製造工程の一部を示すフロー図である。図 3 及び図 4 は、有機 EL パネル 100 の製造工程の一部を示す模式断面図である。

先ず、基板本体を準備する。反応性スパッタ法に基づき、前記基板本体の表面に TFT 層を形成し、基板 1 とする(S1)。

【 0 0 3 6 】

50

次に、TFT層を覆うように、厚み約4 μ mの絶縁層2を形成する(S2、図3(a))。この絶縁層2は、公知の感光性有機材料(例えばシロキサン共重合型感光性ポリイミド)をスピンコートおよびスリットコートして形成できる。また、絶縁層2は、本形態のように、厚みが4 μ m程度あれば、基板1の表面を平坦化する平坦化層としても機能する。

【0037】

次に、絶縁層2の上(基板1の上)に、アルミニウムまたはアルミニウム合金等の金属材料を用い、スパッタリング法により金属材料層3Xを薄膜成形する(S3、図3(b))。陽極層3は、ホール輸送層7側の表面の表面粗さが、算術平均粗さRaが0.83nm以下(JIS B0601(2001)参照)又は最大高さRzが13.8nm以下(JIS B0601(2001)参照)の少なくとも何れかを満たすように構成されている。スパッタリング法により金属材料層3Xを薄膜成形するよきのスパッタリング条件(スパッタリング電力、スパッタリング雰囲気圧力等)及び膜厚を、成膜される金属材料層3Xの表面粗さを測定して調整することにより、上記範囲に入るよう陽極層3の表面粗さを制御することができる。

10

【0038】

次に、金属材料層3Xの表面上に、IZO等の透明電極材料からなる透明導電膜4Xを真空成膜法に基づき成膜する(S4、図3(c))。

次に、遷移金属化合物(モリブデンやタングステン等)の金属材料を真空成膜法又は反応性スパッタ法で成膜することによって金属酸化物膜5Xを形成する(S5、図3(d))。

20

【0039】

次に、金属材料層3X、透明導電膜4X、金属酸化物膜5Xの各成膜の後、金属材料層3Xの焼成工程を行う(S6、図3(e))。これは、金属材料層3X中のニッケル又はコバルトをホール注入層5側の表面に析出させて、陽極層3のホール注入層5側の表面で、少なくとも一部においてアルミニウムとニッケル又はコバルトの結晶をホール注入層5と接触させるためである。その結果、陽極層3のホール注入層5側の表面全体が絶縁体であるアルミニウムの酸化物で覆われ陽極層3とホール注入層5間の電流が遮断されることを防止し、陽極層3とホール注入層5とがアルミニウムとニッケル又はコバルトの結晶を介して接触する構成を採ることができる。そして、陽極層3とホール注入層5とは電氣的に接続される。

30

【0040】

陽極層(金属材料層3X)の焼成工程は、金属材料層成膜、透明導電膜成膜、金属酸化物膜成膜を全て行った時点で実施する構成としている。焼成温度は、当該焼成工程以前の各工程よりも高い温度(一例として200以上、好ましくは230以上)とし、15分以上、好ましくは45分以上の時間で焼成する。この焼成工程の実施により膜密度を向上させ、且つ電気抵抗を低減した金属材料層3Xが得られる。また、この焼成工程で透明導電膜4Xの膜密度も向上し、電気抵抗を低減できる。このように金属材料層3Xと透明導電膜4Xをまとめて焼成することで、製造工程を容易化することができる。

40

【0041】

なお、陽極層(金属材料層3X)の焼成工程は、金属材料層成膜後、透明導電膜成膜、金属酸化物膜成膜前に実施する構成としてもよい。

次に、フォトリソ法に基づいて金属酸化物膜の上に感光性レジストRを塗布し金属酸化物膜5Xのパターニングを実施する(S7)。まず金属酸化物膜5Xの上面に感光性レジスト膜Rを配設し、パターンマスクの上から露光を行う(図3(f))。感光性レジスト膜Rにポジ型感光性レジストを用いる場合、パターンマスクは陽極層3を形成すべき部分を遮光し、それ以外の部分を露光するように開口部を形成する。その後、アルカリ水溶液からなる現像液(レジスト現像液)を用いてレジスト現像を行う(図4(a))。

【0042】

次に、ドライエッチングに基づいて金属酸化物膜5Xのパターニングを行いホール注入

50

層 5 を形成する (S 8 、 図 4 (b)) 。

次に、金属材料層 3 X および透明導電膜 4 X とをウエットエッチングすることにより、透明電極 4 、陽極層 3 を形成する (S 9 、 図 4 (c)) 同じエッチング液を用いて一括エッチングする。エッチング液としては、例えばフッ硝酸系の混酸を用いることができる。

【 0 0 4 3 】

その後、不要になったレジストを剥離する (S 1 0 、 図 4 (d)) 。以上で陽極層、透明電極、ホール注入層のパターニング形成が終了する。なお、上記陽極層 3 、透明電極 4 、ホール注入層 5 はドライエッチング、ウエットエッチングのいずれを用いて形成してもよい。また、これらは個別にエッチングするか、またはいずれかと組み合わせて一括エッチングするようにしてもよい。

10

【 0 0 4 4 】

次に、バンク材料として、感光性のレジスト材料、もしくはフッ素系やアクリル系材料を含有するレジスト材料を用意する。この材料をスピンコート法およびスリットコートで前記ホール注入層 5 上に塗布し、フォトリソ法に基づいてパターニングする。その後、熱キュアすることによってバンク 6 を形成する (S 1 1) 。

次に、例えばインクジェット法等、バンク 6 間の領域内にインクを充填する湿式成膜法に基づきホール輸送層材料を含むインクを滴下する。このインクを乾燥させることでホール輸送層 7 を形成する。ホール輸送層 7 はホール輸送層材料を含むインクを滴下して乾燥する湿式成膜法により成膜される。そのため、インクの粘性を下地の影響を受けにくい範囲に制御することにより、塗布後のインク表面をインクの表面張力により平滑にすることができる。また、塗布したインクを乾燥するときの温度及び乾燥時間を制御することにより、成膜後のホール輸送層 7 の表面粗さを所定の範囲内に収めることができる。具体的には、ホール輸送層 7 は、有機発光層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a が 0.6 nm 以下又は最大高さ R_z が 7 nm 以下の少なくとも何れかを満たすよう形成される。

20

【 0 0 4 5 】

さらに、上述した陽極層 3 の表面粗さの状態において、インクの塗布量を制御することにより、ホール輸送層 7 は陽極層 3 と重なる範囲の面積比 95% 以上の範囲において厚みが 6 nm 以上 15 nm 未満とすることができる。

さらに、ホール輸送層 7 の上面に、有機 EL 材料を含むインクを滴下し、そのインクを乾燥させて有機発光層 8 を形成する。なお、各インクの塗布方法としては、インクジェット法以外に湿式成膜法として、ディスペンサー法、ノズルコート法、スピンコート法、スリットコート、凹版印刷、凸版印刷等のいずれでも良い。インクの乾燥は、例えば真空乾燥で実施するのが望ましい。インク乾燥後、窒素雰囲気中においてベークを行う。有機発光層 8 の平均厚みは、例えば 70 nm とする。

30

【 0 0 4 6 】

次に、有機発光層 8 およびバンク 6 を覆うように、真空蒸着法に基づき、バリウムからなる薄膜を成膜する。次に共蒸着法に基づき、バリウムを混合した化合物 $A1q$ の膜を、所定の厚み (例えば 20 nm) で成膜し、電子注入層 9 とする。

次に、電子注入層 9 の上に、例えばプラズマコーティング法に基づき、例えば 100 nm の厚みで IZO の薄膜を成膜し、陰極層 10 とする。

40

【 0 0 4 7 】

次に、陰極層 10 の上に SiN、SiON 等の材料を用い、真空蒸着法等に基づき、封止層 11 を成膜する。

以上で有機 EL パネル 100 が完成する。

3. 有機 EL パネル 100 の要部構成

次に、有機 EL パネル 100 の要部の構成について説明する。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、有機 EL パネル 100 における絶縁層 2、陽極層 3、透明電極 4、ホール注入層 5、ホール輸送層 7、及び有機発光層 8 の構成を示す模式的な断面図である。上述のとおり、有機 EL パネル 100 では、無機材料を主成分とする基板 1 の上面に、樹脂を主成

50

分とする絶縁層である絶縁層 2 を備え、絶縁層 2 の上面に、アルミニウムを含む陽極層 3 と、遷移金属酸化物からなるホール注入層 5 と、透明電極 4 と、樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層 7 と、陽極層 3 から注入されたキャリアを受け取る有機発光層 8 と、陰極層 10 とを当該順に積層された状態で備えている。

【0049】

上記構成において、有機 EL パネル 100 は、陽極層 3 は、ホール輸送層 7 側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a が 0.83 nm 以下又は最大高さ R_z 13.8 nm 以下の少なくとも何れかを満たす構成を採る。また、ホール輸送層 7 は、陽極層 3 と重なる範囲の面積比 95% 以上の範囲において厚みが 6 nm 以上 15 nm 未満である構成を採る。

これにより、ホール注入層 5 上に湿式成膜法によりホール輸送層 7 を形成する工程において、陽極層 3 厚み増加に伴う表面粗さの増加に起因して陽極層 3 と有機発光層 8 とが部分的に接合することを防止し、ホール輸送層 7 における層断裂領域又はホール輸送層 7 の厚みが 0 nm より大きく 6 nm 未満の範囲に薄化した薄膜化領域の発生頻度を削減することができる。そのため、ホール輸送層 7 中の層断裂又は薄膜化領域の増加に伴い、層断裂又は薄膜化領域とその近傍において陽極層 3 から有機発光層 8 に十分なキャリア移動がなされず有機発光層 8 において適切な光量の発光が得られない電氣的劣化要因に基づく光射出効率低下を抑制することができる。

【0050】

以下、実施の形態に係る有機 EL パネル 100 における、光射出効率向上の効果について、実験結果に基づいて説明する。

4. 効果確認実験

4.1 供試サンプル

実施の形態に係る有機 EL パネル 100 の陽極層 3 表面粗さとホール輸送層 7 の層断裂又は薄膜化領域との関係、及び陽極層 3 表面粗さと光射出効率との関係を調査するための実験を行った。実験は、実施の形態に係る有機 EL パネル 100 と、有機 EL パネル 100 と同様の構成において陽極層 3 の厚み及びスパッタリング条件が異なる比較例とを用いて行った。

【0051】

図 6 は、有機 EL パネル 100 の性能評価試験における各サンプルの仕様及び製造条件を示す図である。図 6 に示すように、有機 EL パネル 100 には、スパッタリング電力 $24 \sim 29 \text{ (kW)}$ 、スパッタリング圧力 0.3 (Pa) とし（以後「標準スパッタリング条件」とする）、スパッタリング時間 17 (sec) とし陽極層厚みを 100 nm に形成したサンプル S01 及び、スパッタリング電力 $30 \sim 36.3 \text{ (kW)}$ 、スパッタリング圧力 0.18 (Pa) とし（以後「高電力・低圧スパッタリング条件」とする）、スパッタリング時間 27 (sec) とし陽極層厚みを 200 nm に形成したサンプル S02 を用いた。比較例には、標準スパッタリング条件にて、スパッタリング時間を、 34 (sec) から 68 (sec) まで異ならせて、陽極層厚みを 200 nm 、 300 nm 、 350 nm 、 400 nm に形成した、サンプル S03、S04、S05、S06 を用いた。サンプル S03 は、図 17 において光射出効率の実測値と光学シミュレーション結果とが一致した陽極層膜厚 200 nm での実験結果を取得したサンプルと、陽極層の膜厚及び成膜条件が同じである。

【0052】

なお、各サンプルには、絶縁層 2 の表面に、タングステン (W) からなる厚み 40 nm からなる接続層（図 7 を参照）を備え、接続層上に陽極層 3 を積層した構成を用いた。接続層は、絶縁層 2 の表面にタングステンをスパッタリング法により成膜し、さらにその上に成膜した陽極層 3 を形成するための金属材料層 3X と共にフォトリソグラフィによりパターンニングシドライエッチングにて形成した。

【0053】

4.2 各層の断面状態

先ず、図 6 に示す有機 EL パネル 100 及び比較例を用いて断面観察を行った。図 7 は

10

20

30

40

50

、有機 E L パネル 1 0 0 及び比較例の断面観察に用いた試片の形状寸法を示す模式図である。試片は横方向に 3 0 0 n m、厚み 1 0 0 n m 程度のスライス状であり、試片は透過型電子顕微鏡 (T E M : T r a n s m i s s i o n E l e c t r o n M i c r o s c o p e) を用いて観察した。有機 E L パネル 1 0 0 及び比較例の断面を観察した。

【 0 0 5 4 】

図 8 (a) は、有機 E L パネル 1 0 0 における絶縁層、陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層に代えて実験で使用した T E M 用保護層の断面を示す写真であり (b) は A 部を拡大した写真である。図 9 (a) は、比較例における絶縁層、陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層に代えて実験で使用した T E M 用保護層 8 X の断面を示す写真であり、 (b) は C 部を拡大した写真、 (c) は D 部を拡大した写真、である。有機 E L パネル 1 0 0 に係る写真はサンプル S 0 2、及び比較例に係る写真はサンプル S 0 5 の断面写真を例として示した。なお、有機発光層に代えて本実験で使用した T E M 用保護層 8 X は有機 E L パネル 1 0 0 の実際のデバイスでは有機発光層となる。

10

【 0 0 5 5 】

図 9 (a)、 (b) 及び (c) に示すように、比較例では、陽極層 3 とホール注入層 5 との境界 (陽極層 3 の上面側境界) には波状の凹凸 (以後、「凹凸 1」とする) が観察された。また、ホール注入層 5 とホール輸送層 7 との境界にも、凹凸 1 と同位相で、かつ同振幅の波状の凹凸 (以後、「凹凸 2」とする) が観察された。凹凸 1 に沿ってホール注入層 5 が形成されるためである。凹凸 1 及び 2 とともに、試片の厚み方向には 1 ~ 2 周期の凹凸が透過して観察された。

20

【 0 0 5 6 】

図 9 (b)、 (c) に示すように、矢印の位置では、ホール注入層 5 の凹凸 2 のうち一部の凸部が T E M 用保護層 8 X に達していることが観察された。図 9 (a) 中の B 部及び E 部においても、同様に、凹凸 2 の一部の凸部が T E M 用保護層 8 X に達していることが観察された。これは、ホール注入層 5 の一部の凸部が T E M 用保護層 8 X まで届き、T E M 用保護層 8 X と接合していることを示し、その部分ではホール輸送層 7 が層内部で断裂した層断裂領域又は層が薄膜化した薄膜化領域が生じていることが考えられる。

【 0 0 5 7 】

これに対し、有機 E L パネル 1 0 0 では、図 8 (a) 及び (b) に示すように、陽極層 3 とホール注入層 5 との境界 (上面境界) には、比較例の凹凸 1 よりも小さい凹凸 3 が観察され、ホール注入層 5 とホール輸送層 7 との境界にも、凹凸 3 と同位相かつ同振幅であり比較例における凹凸 2 よりも小さい凹凸 4 が観察された。また、ホール注入層 5 の凹凸 4 において凸部が T E M 用保護層 8 X まで達している箇所は観察されず、ホール輸送層 7 は試片の幅 3 0 0 n m に渡って途切れることなく連続して存在することが確認された。すなわち、比較例のようにホール輸送層 7 が層内部で断裂した層断裂又は薄膜化領域が生じていることは観察されなかった。

30

【 0 0 5 8 】

図 1 0 (a) ~ (c) は、有機 E L パネル 1 0 0 における陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層の 2 値化した断面画像である。図 1 1 (a) ~ (c) は、比較例における陽極層、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層の 2 値化した断面画像である。各図の横幅は短冊状の試片の幅 3 0 0 n m に相当する。図 1 1 (a) ~ (c) に示すように、比較例では、各試片において、ホール輸送層 7 が層内部で断裂した層断裂又は薄膜化領域が生じていることが確認できた。これに対し、有機 E L パネル 1 0 0 では、図 1 1 (a) ~ (c) に示すように、ホール輸送層 7 は試片の幅 3 0 0 n m に渡って途切れることなく連続して存在することが確認された。

40

【 0 0 5 9 】

以上、ホール輸送層 7 における層断裂又は薄膜化領域の発生について、有機 E L パネル 1 0 0 に係る断面写真はサンプル S 0 2、比較例に係る断面写真はサンプル S 0 5 を例示して説明した。しかしながら、ホール輸送層 7 における層断裂又は薄膜化領域は、他の有機 E L パネル 1 0 0 に係るサンプル S 0 1 ではサンプル S 0 2 と同様に確認されず、他の

50

比較例に係るサンプル S 0 3、S 0 4、S 0 6 では、サンプル S 0 5 と同様に複数個所で観察された。

4.3 ホール輸送層厚み分布

各試片の 2 値画像から、ホール注入層 5 の厚み分布を測定した。具体的には、図 1 0 (a) ~ (c)、図 1 1 (a) ~ (c) の各試片の 2 値画像を幅 2 . 8 n m 毎に約 1 0 0 分割し、幅 2 . 8 n m 毎にホール輸送層 7 の平均厚みを算出し厚み分布を測定した。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 は、有機 E L パネル 1 0 0 及び比較例におけるホール輸送層の厚み分布の測定結果を示す図である。図 1 2 に示すように、比較例では、ホール輸送層 7 の厚みは 4 n m 以上 5 n m 未満をピークとし 0 n m 以上 1 1 n m 未満の範囲に 9 5 % 以上の構成比率で分布する。これに対し、有機 E L パネル 1 0 0 では、8 n m 以上 9 n m 未満をピークとし 6 n m 以上 1 5 n m 未満の範囲に 9 5 % 以上の構成比率で分布する。

10

【 0 0 6 1 】

両分布を比較すると、ピーク及び分布の裾野の厚みは、有機 E L パネル 1 0 0 が比較例に対し約 4 n m プラス方向にシフトしている。また、ピーク付近の構成比率は比較例が有機 E L パネルよりも約 1 0 % 小さい。また、比較例では 0 n m 以上 1 n m 未満の構成比率は約 9 % であり、有機 E L パネル 1 0 0 における 4 n m 以上 5 n m 未満の構成比率よりも約 8 % 大きな値を示している。

【 0 0 6 2 】

これより、比較例では、有機 E L パネル 1 0 0 に対して低厚み方向にシフトしていることに加え、分布の尖度が小さく、厚み 0 n m 以上 1 n m 未満の構成比率が有機 E L パネル 1 0 0 に対して増加していることがわかる。すなわち、比較例では厚みのばらつきが大きく、その結果 0 n m 以上 1 n m 未満の構成比率が有機 E L パネル 1 0 0 に対して増加していることがわかる。厚み 0 n m 以上 1 n m 未満の成比率は、ホール輸送層 7 が層内部で断裂した層断裂又は薄膜化領域の発生頻度を表すと考えられ、比較例において厚み 0 n m 以上 1 n m 未満の構成比率が大きいことは、層断裂又は薄膜化領域の発生頻度が有機 E L パネル 1 0 0 よりも大きいことを定量的に示すものといえる。

20

【 0 0 6 3 】

なお、ホール輸送層 7 厚み分布は、概ね 7 n m ~ 1 3 n m であって、突起が殆ど存在しないような形状であり、他の有機 E L パネル 1 0 0 に係るサンプル S 0 1 でもサンプル S 0 2 を上回る平坦度であった。

30

これより、有機 E L パネル 1 0 0 では、ホール輸送層 7 における層断裂又は薄膜化領域の発生がなく、ホール輸送層 7 は陽極層 3 と重なる範囲のうち面積比 9 5 % 以上において厚みが 6 n m 以上 1 5 n m 未満であることがわかる。

【 0 0 6 4 】

4.4 陽極層表面粗さ

陽極層 3 のホール注入層 5 側の表面粗さを測定した。表面粗さの測定は、絶縁層 2 の上 (基板 1 の上) に、アルミニウムまたはアルミニウム合金等の金属材料を用い、スパッタリング法により図 6 のサンプル S 0 1 ~ S 0 6 に示すスパッタリング条件で金属材料層 3 X を薄膜成形した後金属材料層 3 X の焼成工程を行い、その後に、A F M (A t o m i c F o r c e M i c r o s c o p e) を用いて各サンプルの表面粗さを測定した。

40

【 0 0 6 5 】

図 1 3 は、有機 E L パネル 1 0 0 及び比較例における陽極層のホール注入層側表面の表面粗さの測定結果を示す図であり、(a) は算術平均粗さ R a、(b) は最大高さ R z を示す。図 1 3 (a) (b) に示すように、陽極層 3 厚みの増加に伴い算術平均粗さ R a、最大高さ R z 共に増加することが確認された。また、高電力・低圧スパッタリング条件で成膜したサンプル S 0 2 が、標準スパッタリング条件で成膜したサンプル S 0 3 よりも、算術平均粗さ R a、最大高さ R z 共に小さい結果を示した。

【 0 0 6 6 】

これより、有機 E L パネル 1 0 0 に係るサンプル S 0 1 及び S 0 2 では、陽極層 3 は、

50

ホール輸送層 7 側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a が 0.83 nm 以下、又は最大高さ R_z が 13.8 nm 以下の少なくとも何れかを満たすことがわかる。

4.5 陽極層表面粗さと光射出効率との関係

実施の形態に係る有機 EL パネル 100 における光射出効率向上を確認するため、以下の光射出効率測定実験を行った。実験では、実施の形態に係る有機 EL パネル 100 において、陽極層 3 成膜時のスパッタリング条件を、図 6 のサンプル S01 ~ S06 の条件として有機 EL パネルを作成し、有機 EL パネル 100 及び比較例の光射出効率を求めた。具体的には、有機 EL パネルの陽極層 3 と陰極層 10 との間に陽極層 3 を正の電位とする電圧を印加して両極間に $10 (\text{mA} / \text{cm}^2)$ の電流を流し青色光 (波長 380 nm から 495 nm) を発光させ、封止層 11 から射出される光の光度 (カンデラ) を測定し、これを電流で除して光射出効率を算出した。

10

【0067】

図 14 は、有機 EL パネル 100 及び比較例におけるホール注入層のホール注入層側表面粗さと光射出効率との関係を示す図であり、(a) は算術平均粗さ R_a との関係、(b) は最大高さ R_z との関係を示す。図 14 (a)、(b) における光射出効率 (縦軸) は、図 17 において光射出効率の実測値と光学シミュレーション結果とが一致したサンプル S03 における光射出効率を基準に、各サンプルにおける光射出効率を無次元化した比率である。

【0068】

図 14 (a)、(b) に示すように、有機 EL パネル 100 及び比較例では、陽極層 3 表面粗さの減少に伴って光射出効率は向上する結果となった。図 14 (a)、(b) では、陽極層 3 の表面粗さがサンプル S02 ($R_a 0.83 \text{ nm}$ 、 $R_z 13.8 \text{ nm}$) 以下の範囲において、光射出効率の実測値と光学シミュレーション結果とが一致した図 17 陽極層 200 nm の実験結果を取得したサンプルと、同一の膜厚及び成膜条件で作成したサンプル S03 ($R_a 0.9 \text{ nm}$ 、 $R_z 20 \text{ nm}$) の光射出効率を上回る結果となった。

20

【0069】

上述のとおり、光学シミュレーションと実験結果とを比較したとき、図 17 では陽極層厚みが 200 nm において光射出効率の実験結果と光学シミュレーション結果が一致し、陽極層厚みが 200 nm を超えると実験結果が光学シミュレーション結果を下回り、陽極層厚の増加に伴いその差が増加する結果であった。

30

図 14 (a)、(b) 及び図 17 に示す結果により、陽極層 3 の表面粗さが、中心線表面粗さ 0.9 nm 以下、又は最大高さ $R_z 20 \text{ nm}$ 以下の範囲において、光学シミュレーション結果を下回らない光射出効率を得られるものと考えられる。

【0070】

したがって、有機 EL パネル 100 では、陽極層 3 の表面粗さが、中心線表面粗さ 0.83 nm 以下、又は最大高さ $R_z 13.8 \text{ nm}$ 以下の範囲を採ることにより、光学シミュレーション結果を下回らない光射出効率を得られる。層断裂又は薄膜化領域の発生に伴う電氣的な劣化要因が解消されたことにより、光学的要素を解析する光学シミュレーション結果を下回らない光射出効率を得られたものと考えられる。すなわち、有機 EL パネル 100 では、陽極層 3 の表面粗さが、中心線表面粗さ 0.83 nm 以下、又は最大高さ $R_z 13.8 \text{ nm}$ 以下の範囲を採ることにより、光学的要因以外の電氣的な光射出効率低下要因の影響を削減した発光特性を実現することができる。

40

【0071】

さらに、図 14 (a)、(b) に示すように、有機 EL パネル 100 では、陽極層 3 の表面粗さが、中心線表面粗さ 0.83 nm 以下、又は最大高さ $R_z 13.8 \text{ nm}$ 以下の範囲において、光学シミュレーション結果以上の光射出効率を得られている。これは、ホール注入性や電子ブロック性が良化し電氣的効率が高まり、光学シミュレーション結果以上の発光効率を得られるものと考えられる。

【0072】

4.6 陽極層表面粗さと波長ごとの反射率との関係

50

図15は、有機ELパネル100及び比較例における光の波長と反射率との関係を示す実験結果を示す図である。図15に示すように、有機ELパネル100及び比較例では、波長350nmから750nmの範囲全体において、陽極層3表面粗さの減少に伴って反射率向上に伴い光出射効率が向上する結果となった。また、有機ELパネル100に係るサンプルS01及びS02では、青色光（波長380nmから495nm）を含む波長域350nmから550nm範囲において、陽極層表面粗さの減少に伴って反射率向上に伴い光出射効率は向上効果が増加する結果となった。

【0073】

これより、有機ELパネル100では、相対的に青色光（波長380nmから495nm）波長域において、光出射効率向上効果が大きいことがわかる。

10

5．光出射効率が向上する理由

有機ELパネル100では、ホール輸送層7側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a 0.83nm以下、又は最大高さ R_z 13.8nm以下の少なくとも何れかを満たす陽極層3上に、樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層7が形成された構成を有している。

【0074】

上述のとおり、ホール輸送層7はホール輸送層材料を含むインクを滴下して乾燥する湿式成膜法により成膜されるので、インクの粘性を下地の影響を受けにくい範囲に制御することにより、塗布後のインク表面をインクの表面張力により平滑にすることができる。

そのため、ホール輸送層7は、有機発光層側の表面が、表面粗さが算術平均粗さ R_a 0.6nm以下又は最大高さ R_z 7nm以下の少なくとも何れかを満たすフラットな構成とすることができる。そして、インクの塗布量を制御することにより、ホール輸送層7は陽極層3と重なる範囲の面積比95%以上の範囲において厚みを6nm以上15nm未満とすることができる。なお、上記面積比95%以上の範囲において厚みを15nm未満とすることにより、キャピティー厚みの標準値からのずれに伴う光学的劣化要因による効率低下を防止することができる。

20

【0075】

これにより、ホール輸送層7は面内で途切れることなく連続して存在し、ホール輸送層7が層内部で断裂した層断裂又は薄膜化領域の発生を抑制できる。そのため、層断裂又は薄膜化領域の増加に伴い、層断裂又は薄膜化領域とその近傍において陽極層3から有機発光層8に十分なキャリア移動がなされず有機発光層8において適切な光量の発光が得られない電氣的劣化要因に基づく光出射効率低下を抑制できる。すなわち、光学的要因以外の電氣的な光出射効率低下要因の影響を削減し、光学シミュレーション結果を下回らない光出射効率を示す発光特性を得ることができる。

30

【0076】

以上が、有機ELパネル100において、光出射効率が向上する理由であると考えられる。

6．まとめ

以上、説明したとおり、本実施の形態に係る有機ELパネル100は、基板1と、アルミニウムを含む陽極層3と、樹脂を含み湿式成膜法により形成されたホール輸送層7と、陽極層から注入されたキャリアを受け取る有機発光層8と、陰極層10とを、当該順に積層された状態で備えた構成において、陽極層3は、ホール輸送層7側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a が0.83nm以下、又は最大高さ R_z が13.8nm以下の少なくとも何れかであり、ホール輸送層7は、陽極層3と重なる範囲のうち面積比95%以上において厚みが6nm以上15nm未満である構成を採る。

40

【0077】

これにより、ホール輸送層7が層内部で断裂した層断裂又は薄膜化領域の発生を抑制でき、層断裂又は薄膜化領域とその近傍において適切な光量の発光が得られない電氣的劣化要因に基づく光出射効率低下を抑制することができる。

また、ホール輸送層7をホール輸送層材料を含むインクを滴下して乾燥する湿式成膜法

50

により成膜する構成を採ることにより、塗布後のインク表面を表面張力により平滑にすることができ、ホール輸送層 7 は、有機発光層側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a が 0.6 nm 以下又は最大高さ R_z が 7 nm 以下の少なくとも何れかを満たすよう形成することが容易となる。さらに、インクの塗布量を適切に制御することにより、ホール輸送層 7 の厚みを、陽極層 3 と重なる範囲の面積比 95% 以上の範囲において 6 nm 以上 15 nm 未満とすることが容易となる。

【0078】

また、陽極層 3 は厚みは 50 nm 以上 200 nm 未満に構成してもよい。これにより、陽極層 3 が、ホール輸送層 7 側の表面の表面粗さが、算術平均粗さ R_a が 0.83 nm 以下又は最大高さ R_z が 13.8 nm 以下の少なくとも何れかを満たすように、陽極層 3 を形成することが容易となる。

10

変形例

実施の形態では、本発明の一態様に係る有機 EL パネル 100 を説明したが、本発明は、その本質的な特徴的構成要素を除き、以上の実施の形態に何ら限定を受けるものではない。例えば、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本発明に含まれる。以下では、そのような形態の一例として、有機 EL パネル 100 の変形例を説明する。

【0079】

上記実施の形態では、トップエミッション型の有機 EL パネルを示したが、本開示はこれに限定されず、ボトムエミッション型とすることもできる。この場合、陽極層を透明材料で構成する点に留意する。

20

上記実施の形態では、金属酸化物膜 5 X を形成した後に金属材料層 3 X の焼成工程を実施したが、これは必須ではなく、少なくとも透明導電膜 4 X の成膜後に前記焼成工程を実施すればよい。

【0080】

上記実施の形態では、透明電極 4、ホール注入層 5、電子注入層等を設ける構成を例示したが、これらの層は適宜省略することもできる。

上記実施の形態では、絶縁層 2 上に直接陽極層 3 を積層して設ける構成を例示したが、絶縁層 2 の表面に、タンゲステン (W) 等遷移金属からなる接続層 (図 7 参照) を備え、接続層上に陽極層 3 を積層した構成としてもよい。

30

【0081】

また、上記実施の形態では、有機発光層の形成方法としては、印刷法、スピンコート法、スリットコート、インクジェット法などの湿式成膜プロセスを用いる構成であったが、本発明はこれに限られない。例えば、真空蒸着法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、イオンプレーティング法、気相成長法等の乾式成膜プロセスを用いることもできる。

【0082】

また、上記実施の形態では、有機 EL パネル 100 がアクティブマトリクス型の構成であったが、本発明はこれに限られず、例えば、パッシブマトリクス型の構成であってもよい。具体的には、バンクの延伸方向と平行な線状の電極と、バンクの延伸方向と直交する線状の電極とを有機発光層を挟むようにそれぞれ複数並設すればよい。このとき、バンクの延伸方向と直交する線状の電極を下部側とすれば、各間隙では、複数の下部側の電極が、互いに間隔をあけてバンクの延伸方向に並び、本発明の一態様となる。その場合には、各構成について、適宜の変更が可能である。なお、上記実施の形態 1 では、基板 1 が TFT 層を有する構成であったが、上記パッシブマトリクス型の例などから分かるように、基板 1 は TFT 層を有する構成に限られない。

40

【産業上の利用可能性】

【0083】

本発明に係る有機 EL パネルを用いた表示装置は、テレビジョンセット、パーソナルコ

50

ンピュータ、携帯電話などの装置、又はその他表示パネルを有する様々な電子機器に広く利用することができる。

【符号の説明】

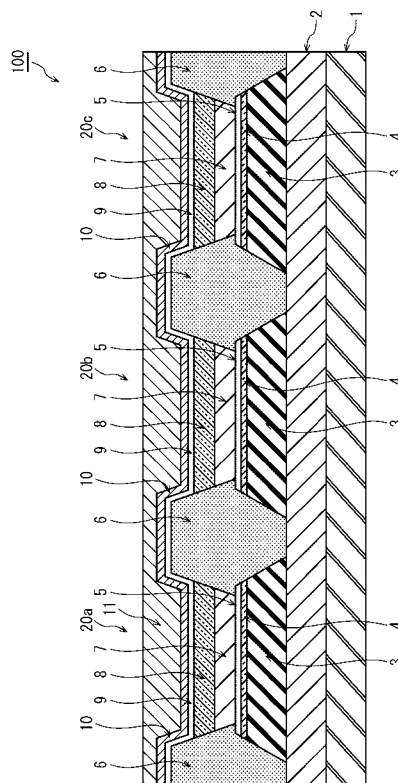
【 0 0 8 4 】

- 1 基板
- 2 絶縁層
- 3 X 金属材料層
- 3 陽極層
- 4 X 透明導電膜
- 4 透明電極
- 5 X 遷移金属酸化物膜
- 5 ホール注入層
- 6 バンク
- 7 ホール輸送層
- 8 有機発光層
- 9 電子注入層
- 10 陰極層
- 11 封止層
- 20a、20b、20c 有機EL素子
- 100 有機ELパネル

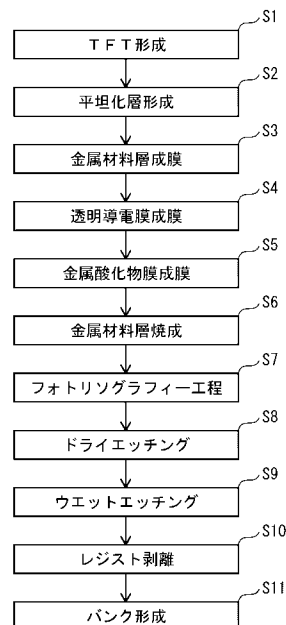
10

20

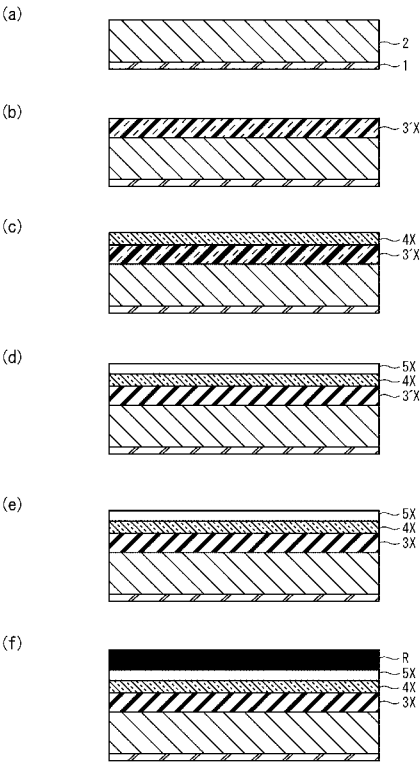
【 図 1 】



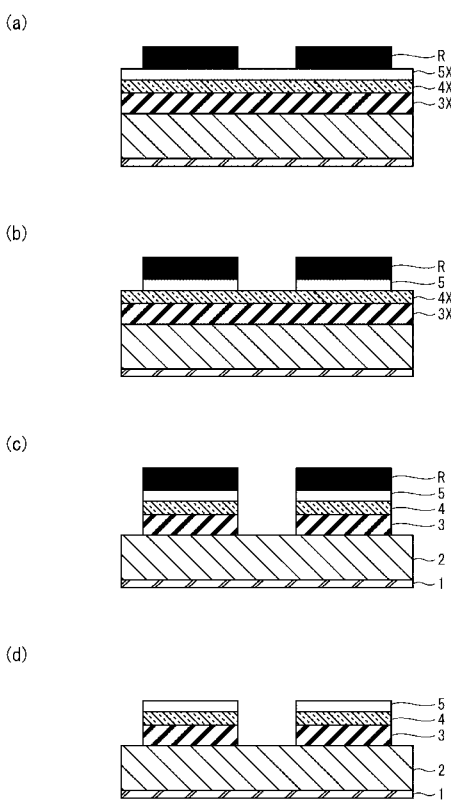
【 図 2 】



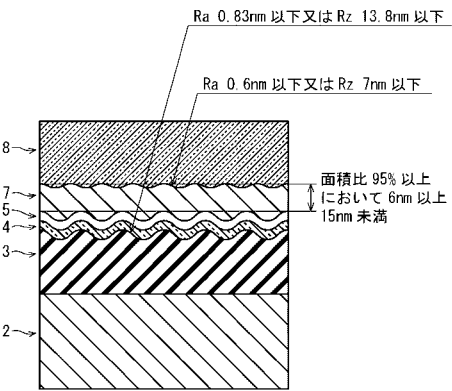
【 図 3 】



【 図 4 】



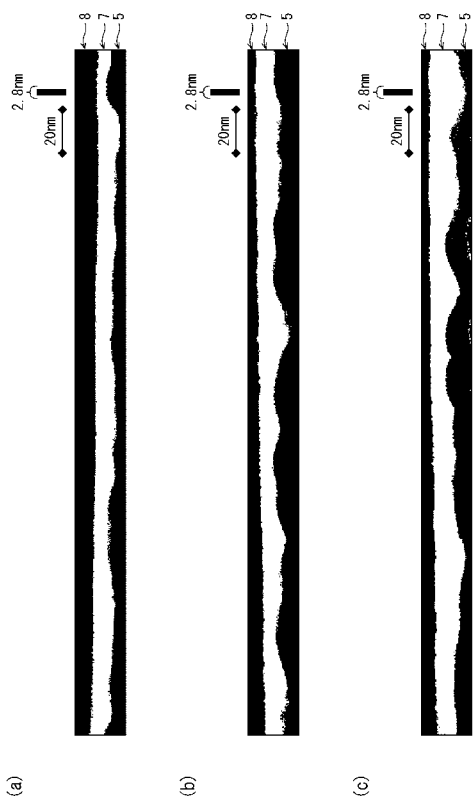
【 図 5 】



【 図 6 】

サンプル	接合層	陽極				
		厚み [nm]	スパッタリング条件			厚み [nm]
			電力 [kW]	圧力 [Pa]	時間 [sec]	
有機ELパネル 100	40	S01	24～29	0.3	17	100
		S02	30～36.3	0.18	27	200
		S03	24～29	0.3	34	200
比較例		S04	24～29	0.3	51	300
		S05	24～29	0.3	59.5	350
		S06	24～29	0.3	68	400

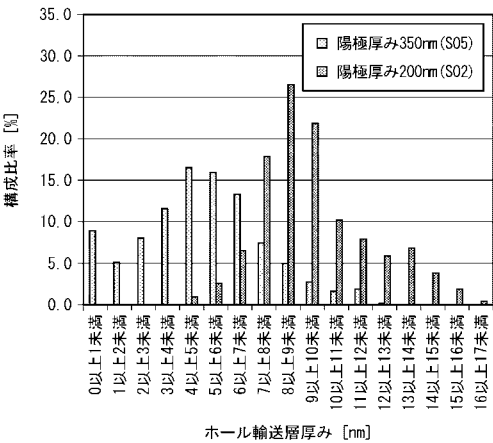
【図 1 0】



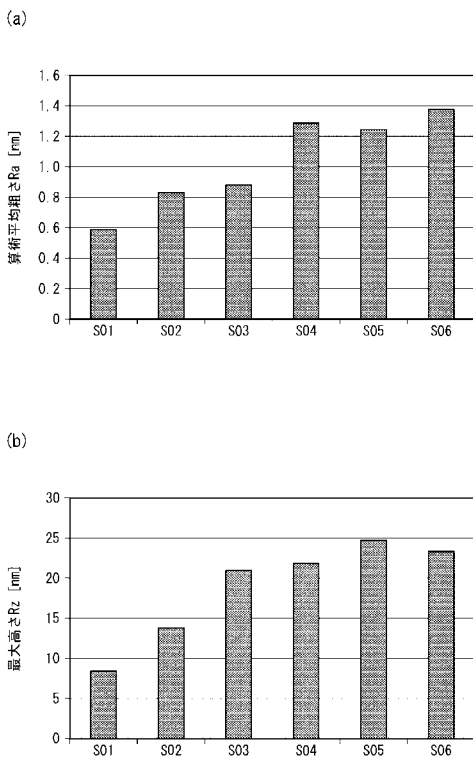
【図 1 1】



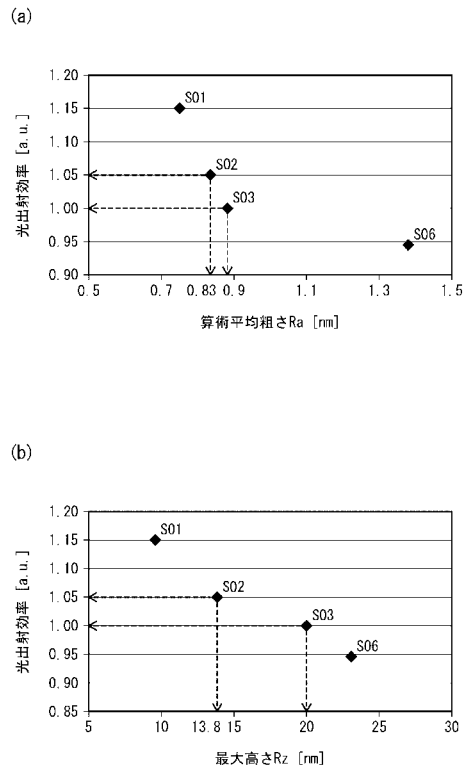
【図 1 2】



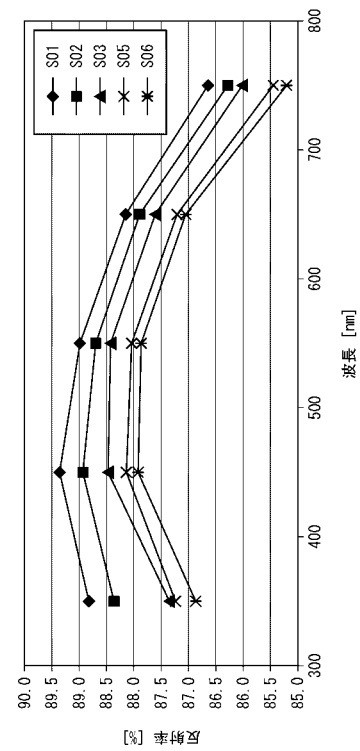
【図 1 3】



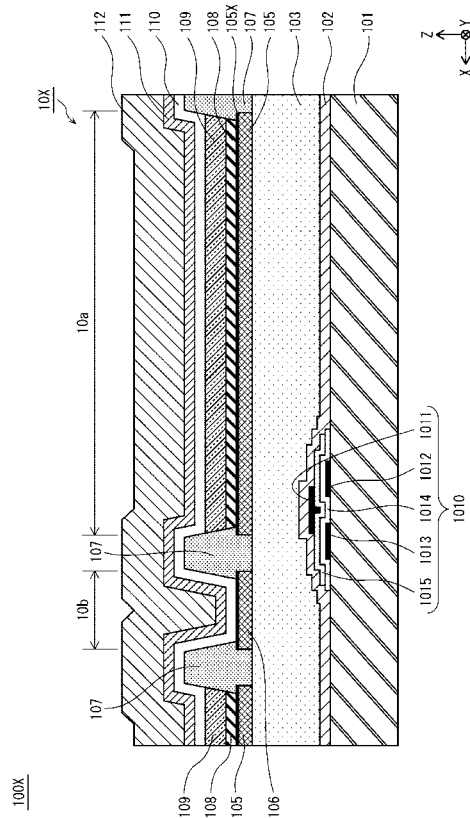
【図 14】



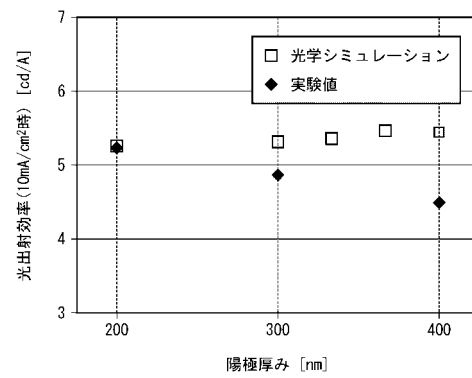
【図 15】



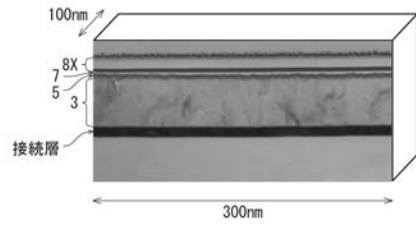
【図 16】



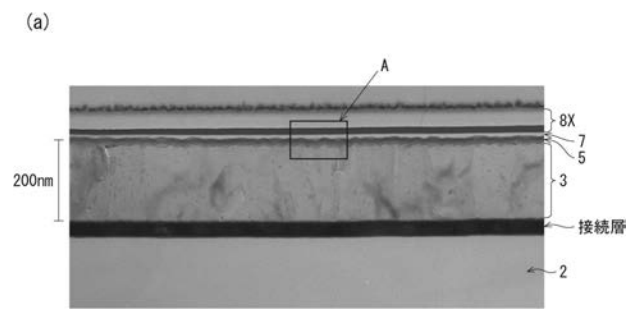
【図 17】



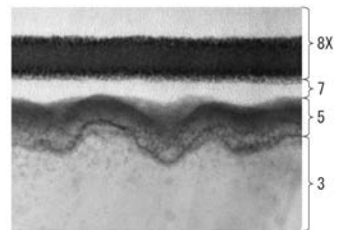
【図 7】



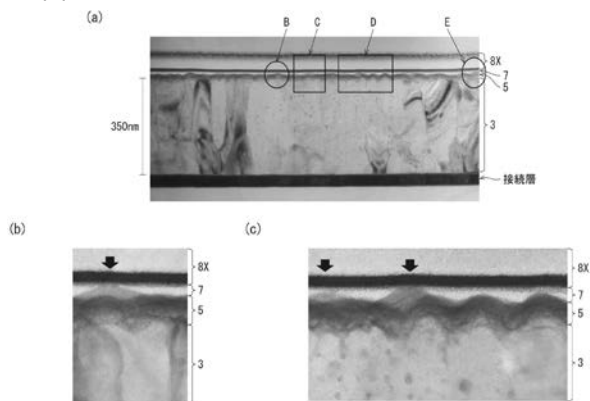
【図 8】



(b)



【図 9】



专利名称(译)	有机EL面板		
公开(公告)号	JP2016115714A	公开(公告)日	2016-06-23
申请号	JP2014251029	申请日	2014-12-11
[标]申请(专利权)人(译)	日本有机雷特显示器股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	株式会社JOLED		
[标]发明人	阿部裕樹		
发明人	阿部 裕樹		
IPC分类号	H01L51/50 H05B33/26		
FI分类号	H05B33/22.D H05B33/26.Z H05B33/14.A H05B33/22.C		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC05 3K107/CC25 3K107/DD23 3K107/DD44X 3K107/DD72 3K107/DD73 3K107/DD78 3K107/DD79 3K107/DD84 3K107/DD87 3K107/FF08 3K107/FF15 3K107/GG05 3K107/GG06		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提高有机EL面板的发光效率。 解决方案：在有机EL面板中，依次提供基板，包含铝的阳极层3，通过湿膜形成方法形成的包含树脂的空穴传输层7，有机发光层8和阴极层。以层叠状态设置阳极层3，空穴传输层7侧的表面的表面粗糙度，算术平均粗糙度Ra为0.83nm以下，或者最大高度Rz为13.8nm以下的至少之一。空穴传输层7在与阳极层3重叠的范围内的面积比为95%以上且具有6nm以上且小于15nm的厚度。[选择图]图5

