

(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2018-55937

(P2018-55937A)

(43) 公開日 平成30年4月5日(2018.4.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H05B 33/24 (2006.01)</b>	H05B 33/24	3K107
<b>H01L 51/50 (2006.01)</b>	H05B 33/14 A	
<b>H05B 33/10 (2006.01)</b>	H05B 33/10	
<b>H05B 33/26 (2006.01)</b>	H05B 33/22 A	
	H05B 33/26 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-190031 (P2016-190031)  
 (22) 出願日 平成28年9月28日 (2016.9.28)

(71) 出願人 514188173  
 株式会社 J O L E D  
 東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 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 白波瀬 英幸  
 東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地  
 株式会社 J O L E D 内  
 (72) 発明者 安喰 博之  
 東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地  
 株式会社 J O L E D 内  
 (72) 発明者 橋本 潤  
 東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地  
 株式会社 J O L E D 内

最終頁に続く

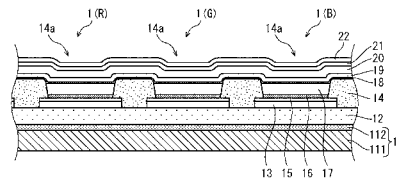
(54) 【発明の名称】 有機 E L 表示素子および有機 E L 表示素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】共振器構造を有する有機 E L 素子において、共振器構造による光取り出し効率を向上させるとともに、消費電力を低下させる。

【解決手段】発光層 1 7、機能層 1 9、透光性導電層 2 0、陰極 2 1 が互いに接して、かつ、この順に陽極 1 3 の上方に積層されてなる有機 E L 発光素子 1 であって、機能層 1 9 の膜厚は 1 5 n m 以上 3 5 n m 以下であり、陽極 1 3 の発光層 1 7 側の面と、陰極 2 1 と透光性導電層 2 0 との界面とは、1 5 0 n m 以上離間している。

【選択図】 図 1



- 【特許請求の範囲】
- 【請求項 1】  
陽極と、  
陽極の上方に配された発光層と、  
前記発光層上に前記発光層に接して配され、第 1 金属を含む機能層と、  
前記機能層上に前記機能層に接して配され、金属酸化物からなる透光性導電層と、  
前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して配され、金属からなる陰極とを備え、  
前記機能層の膜厚は 15 nm 以上 35 nm 以下であり、  
前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とは、150 nm 以上離間している  
有機 EL 素子。 10
- 【請求項 2】  
陽極と、  
陽極の上方に配された発光層と、  
前記発光層上に配され、第 1 金属を含む機能層と、  
前記発光層と前記機能層との間に、前記発光層と前記機能層とに接して配され、アルカリ金属またはアルカリ土類金属である第 2 金属のフッ化物を含む中間層と、  
前記機能層上に前記機能層に接して配され、金属酸化物からなる透光性導電層と、  
前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して配され、金属からなる陰極とを備え、  
前記機能層の膜厚は 15 nm 以上 35 nm 以下であり、  
前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とは、150 nm 以上離間している  
有機 EL 素子。 20
- 【請求項 3】  
前記第 2 金属は、ナトリウムである  
請求項 2 に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 4】  
前記機能層は、電子輸送性の有機材料で形成され、前記第 1 金属がドーブされている  
請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 5】 30  
前記第 1 金属材料は、アルカリ金属およびアルカリ土類金属から選択される  
請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 6】  
前記機能層における前記第 1 金属の濃度は、5 wt % 以上 40 wt % 以下である  
請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 7】  
前記機能層の前記金属材料は、バリウムまたはリチウムである  
請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 8】 40  
前記透光性導電層は、ITO または IZO である  
請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 9】  
前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とで、共振器構造が形成されている  
請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。
- 【請求項 10】 50  
陽極を形成し、  
陽極の上方に発光層を形成し、  
前記発光層上に前記発光層に接して、金属材料を含む機能層を形成し、  
前記機能層上に前記機能層に接して、金属酸化物からなる透光性導電層を形成し、

前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して、金属からなる陰極を形成し、  
 前記機能層を形成する際に、前記機能層の膜厚を15nm以上35nm以下とし、  
 前記透光性導電層を形成する際に、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透  
 光性導電層との界面とを、150nm以上離間させる  
 有機EL素子の製造方法。

【請求項11】

陽極を形成し、  
 陽極の上方に発光層を形成し、  
 前記発光層上に前記発光層に接して、中間層を形成し、  
 前記中間層上に前記中間層に接して、金属材料を含む機能層を形成し、  
 前記機能層上に前記機能層に接して、金属酸化物からなる透光性導電層を形成し、  
 前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して、金属からなる陰極を形成し、  
 前記中間層を形成する際に、アルカリ金属またはアルカリ土類金属である第2金属のフ  
 ッ化物を前記中間層に含ませ、  
 前記機能層を形成する際に、前記機能層の膜厚を15nm以上35nm以下とし、  
 前記透光性導電層を形成する際に、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透  
 光性導電層との界面とを、150nm以上離間させる  
 有機EL素子の製造方法。

10

【請求項12】

前記中間層の前記第2金属材料は、ナトリウムである  
 請求項11に記載の有機EL素子の製造方法。

20

【請求項13】

前記機能層を形成する際に、電子輸送性の有機材料に前記金属材料をドーブする  
 請求項10から12のいずれか1項に記載の有機EL素子の製造方法。

【請求項14】

前記機能層の前記金属材料は、アルカリ金属およびアルカリ土類金属から選択される  
 請求項10から13のいずれか1項に記載の有機EL素子の製造方法。

【請求項15】

前記機能層を形成する際に、前記有機材料に前記金属材料をドーブする濃度は、5wt  
 %以上40wt%以下である  
 請求項10から14のいずれか1項に記載の有機EL素子の製造方法。

30

【請求項16】

前記機能層の前記金属材料は、バリウムまたはリチウムである  
 請求項10から15のいずれか1項に記載の有機EL素子の製造方法。

【請求項17】

ITOまたはIZOからなる前記透光性導電層を形成する、  
 請求項10から16のいずれか1項に記載の有機EL素子の製造方法。

【請求項18】

前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とで、共振器構  
 造を形成する  
 請求項10から17のいずれか1項に記載の有機EL素子の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機EL表示素子および有機EL表示素子の製造方法に関し、特に、共振器  
 構造を有する有機EL素子に関する。

【背景技術】

【0002】

有機EL素子は、自己発光を行うため視認性が高く、さらに完全固体素子であるため耐  
 衝撃性に優れるなどの特徴を有し、近年、表示装置に有機EL素子を利用したものが普及

50

しつつある。

有機EL素子は、一对の電極（陽極および陰極）間に、少なくとも発光層が挟まれた構成を有している。そして、有機EL素子は、多くの場合、発光層の他に、発光層に電子を供給するための機能層（電子輸送層、電子注入層）や、正孔注入層、正孔輸送層等が発光層と陰極との間にさらに挟まれた構成を有している。

【0003】

有機EL素子において、消費電力の低減や長寿命化の観点から、各色発光素子から光取り出し効率を向上させることも望まれている。この光取り出し効率を向上させるために、例えば特許文献1に示されるように、各色の有機EL素子において、共振器構造を採用する技術も知られている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2012/020452号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、共振器構造において1次光干渉を利用して光を取り出す場合、発光層と透光性電極との距離を150nm以上設ける必要がある。一方で、発光層の膜厚を大きくすると駆動電圧の上昇を招き、有機EL素子の消費電力が増加する。また、透光性電極が陰極である場合、電子輸送層、電子注入層の膜厚を大きくすると、電子注入性を向上させるための金属による光吸収により光取り出し効率の低下が引き起こされることとなる。

20

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、光取り出し効率が高く、消費電力が小さい有機EL素子および有機EL素子の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の位置態様に係る有機EL素子は、陽極と、陽極の上方に配された発光層と、前記発光層上に前記発光層に接して配され、金属材料を含む機能層と、前記機能層上に前記機能層に接して配され、金属酸化物からなる透光性導電層と、前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して配され、金属からなる陰極とを備え、前記機能層の膜厚は15nm以上35nm以下であり、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とは、150nm以上離間している。

30

【発明の効果】

【0008】

上記態様の有機EL素子においては、発光層と陰極との間に機能層と透光性導電層が介在している。そのため、発光層と機能層の膜厚を最適化し、消費電力を低減させることができる。また、機能層の膜厚を必要以上に大きくせずに透光性導電層の膜厚を大きくすることで、発光層と陰極との間の光の減衰を抑止することができるとともに、発光層と陰極との間の距離を、1次光干渉を利用して光を取り出すために十分な距離とすることができる。すなわち、発光層と機能層の膜厚を過大とせずとも1次光干渉を利用できるため、駆動電圧を低くし、かつ、光取り出し効率を高くすることが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態に係る有機EL素子1の構成を模式的に示す断面図である。

【図2】有機EL素子に形成された光共振器構造における光の干渉について説明する図である。

【図3】有機EL素子から取り出される光の輝度値/Yの値と陰極側機能層との膜厚との関係を示すグラフである。

【図4】電子注入輸送層19の膜厚と有機EL素子1の消費電力との関係を示すグラフで

50

あり、(a)は赤色有機EL素子、(b)は緑色有機EL素子、(c)は青色有機EL素子に関する。

【図5】実施の形態に係る有機EL素子の製造過程の一部を模式的に示す部分断面図であって、(a)は、基板上にTFT層が形成された状態、(b)は、基板上に層間絶縁層が形成された状態、(c)は、層間絶縁層上に画素電極材料が形成された状態、(d)は、画素電極材料上に正孔注入層材料が形成された状態、(e)は、画素電極層と正孔注入層が形成された状態を示す。

【図6】実施の形態に係る有機EL素子の製造過程の一部を模式的に示す部分断面図であって、(a)は、層間絶縁層および画素電極、正孔注入層上に隔壁材料層が形成された状態、(b)は、隔壁層が形成された状態、(c)は、正孔注入層上に正孔輸送層が形成された状態、(d)は、正孔注入層上に発光層が形成された状態を示す。

【図7】実施の形態に係る有機EL素子の製造過程の一部を模式的に示す部分断面図であって、(a)は、発光層および隔壁層上に中間層が形成された状態、(b)は中間層上に電子注入輸送層が形成された状態、(c)は、電子注入輸送層上に透光性導電層が形成された状態、(d)は、透光性導電層上に対向電極および封止層が形成された状態を示す。

【図8】実施の形態に係る有機EL素子の製造過程を示すフローチャートである。

【図9】実施の形態に係る有機EL素子を備えた有機EL表示装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

<発明に至った経緯>

光共振器構造を採用した有機EL素子において、0次光干渉を利用して光取り出し効率を向上させようとした場合、透光性電極と発光層との距離をおよそ20nmに設計する必要がある。一方で、機能層の膜厚が十分でないときキャリア(電子または正孔)の注入が十分に行われず、有機EL素子の消費電力の増加の原因となる。そこで、発明者は、1次光干渉を利用して光取り出し効率を向上させるとともに、機能層の膜厚を十分に確保することを検討した。

【0011】

しかしながら、上述したように、0次光干渉の次に光取り出し効率の高い1次光干渉を利用して光取り出し効率を向上させようとした場合、透光性電極と発光層との距離をおよそ150nm以上に設計する必要があるが生じる。一方で、発光層や機能層が適正な膜厚範囲を超えて過度に厚膜化すると、有機EL素子の駆動電圧の上昇や光取り出し効率の低下を招き、消費電力の増加の原因となる。例えば、発光層を厚膜化した場合、抵抗値が上昇し消費電力の上昇を招くこととなる。また、透光性電極が陰極の場合には、発光層と透光性電極との間に電子注入層や電子輸送層が介在することとなるが、これらの厚膜化は光取り出し効率の低下を招くこととなる。一般に、これらの機能層では、電子注入性を向上させるために金属がドーパされることが多く、特に、仕事関数が小さいことから、アルカリ金属やアルカリ土類金属が用いられる。一方で、アルカリ金属やアルカリ土類金属は可視光を吸収する性質があるため、電子注入性を有する機能層を厚膜化すると、光透過性が低下し、光取り出し効率が低下することとなる。

【0012】

そこで、発明者は、発光層と機能層の膜厚を適正に保ったまま光共振器構造を採用する方法について検討し、機能層と透光性電極との間に、透光性導電層を設けるという着想に至った。

<開示の態様>

本開示の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、陽極の上方に配された発光層と、前記発光層上に前記発光層に接して配され、第1金属を含む機能層と、前記機能層上に前記機能層に接して配され、金属酸化物からなる透光性導電層と、前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して配され、金属からなる陰極とを備え、前記機能層の膜厚は15nm以上35nm以下であり、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層と

10

20

30

40

50

の界面とは、150nm以上離間している。

【0013】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、陽極の上方に配された発光層と、前記発光層上に配され、第1金属を含む機能層と、前記発光層と前記機能層との間に、前記発光層と前記機能層とに接して配され、アルカリ金属またはアルカリ土類金属である第2金属のフッ化物を含む中間層と、前記機能層上に前記機能層に接して配され、金属酸化物からなる透光性導電層と、前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して配され、金属からなる陰極とを備え、前記機能層の膜厚は15nm以上35nm以下であり、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とは、150nm以上離間している。

10

【0014】

上記態様の有機EL素子においては、発光層と陰極との間に機能層と必要に応じて中間層（以下、機能層と中間層とをまとめて「機能層等」と呼ぶ）と透光性導電層が介在している。そのため、発光層と機能層等の膜厚を最適化し、消費電力を低減させることができる。また、機能層等の膜厚を必要以上に大きくせずに透光性導電層の膜厚を大きくすることで、発光層と陰極との間の光の減衰を抑止することができるとともに、発光層と陰極との間の距離を、1次光干渉を利用して光を取り出すために十分な距離とすることができる。すなわち、発光層と機能層等の膜厚を過大とせずとも1次光干渉を利用できるため、駆動電圧を低くし、かつ、光取り出し効率を高くすることが可能となる。

20

【0015】

また、本開示の一態様に係る有機EL素子の製造方法は、陽極を形成し、陽極の上方に発光層を形成し、前記発光層上に前記発光層に接して、金属材料を含む機能層を形成し、前記機能層上に前記機能層に接して、金属酸化物からなる透光性導電層を形成し、前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して、金属からなる陰極を形成し、前記機能層を形成する際に、前記機能層の膜厚を20nm以上30nm以下とし、前記透光性導電層を形成する際に、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とを、150nm以上離間させる。

【0016】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子の製造方法は、陽極を形成し、陽極の上方に発光層を形成し、前記発光層上に前記発光層に接して、中間層を形成し、前記中間層上に前記中間層に接して、金属材料を含む機能層を形成し、前記機能層上に前記機能層に接して、金属酸化物からなる透光性導電層を形成し、前記透光性導電層上に前記透光性導電層に接して、金属からなる陰極を形成し、前記中間層を形成する際に、アルカリ金属またはアルカリ土類金属である第2金属のフッ化物を前記中間層に含ませ、前記機能層を形成する際に、前記機能層の膜厚を15nm以上35nm以下とし、前記透光性導電層を形成する際に、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とを、150nm以上離間させる。

30

【0017】

この製造方法によって形成した有機EL素子においても上記と同様の効果が得られる。

上記態様の有機EL素子、および製造方法にして、以下のようにしてもよい。

40

前記機能層は、電子輸送性の有機材料で形成され、前記第1金属がドーブされている。これにより、機能層が電子注入性と高い電子輸送性を有するため、機能層から発光層への電子供給性が良好となり、駆動電圧の低減による消費電力の低減に寄与する。

【0018】

前記第1金属は、アルカリ金属およびアルカリ土類金属から選択される、としてもよい。

また、前記機能層における前記第1金属の濃度は、5wt%以上40wt%以下である、としてもよい。

また、前記第1金属は、バリウムまたはリチウムである、としてもよい。

【0019】

50

これにより、機能層の仕事関数が小さく電子注入性がさらに向上するため、駆動電圧の低減による消費電力の低減に寄与する。

また、前記第2金属は、ナトリウムである、としてもよい。

これにより、中間層による発光層への電子注入層がさらに向上するため、駆動電圧の低減による消費電力の低減に寄与する。

#### 【0020】

また、前記透光性導電層は、ITOまたはIZOである、としてもよい。

これにより、透光性導電層の導電率と光透過性が良好であるため、消費電力の増加を抑制するとともに、光共振構造の光取り出し効率を高めるのに適している。

また、前記陽極の前記発光層側の面と、前記陰極と前記透光性導電層との界面とで、共振器構造が形成されている、としてもよい。

#### 【0021】

これにより、共振器構造の1次光干渉を利用することができ、光取り出し効率を向上させることができる。

<実施の形態>

以下、実施の形態に係る有機EL素子について説明する。なお、以下の説明は、本発明の一態様に係る構成及び作用・効果を説明するための例示であって、本発明の本質的部分以外は以下の形態に限定されない。

#### 【0022】

##### 1. 有機EL素子の構成

図1は、実施の形態1に係る有機EL表示パネル100（図9参照）の部分断面図である。有機EL表示パネル100は、3つの色（赤色、緑色、青色）を発行する有機EL素子1（R）、1（G）、1（B）で構成される画素を複数備えている。図1では、その1つの画素の断面を示している。

#### 【0023】

有機EL表示パネル100において、各有機EL素子1は、前方（図1における紙面上方）に光を出射するいわゆるトップエミッション型である。

有機EL素子1（R）と、有機EL素子1（G）と、有機EL素子1（B）は、ほぼ同様の構成を有するので、区別しないときは、有機EL素子1として説明する。

図1に示すように、有機EL素子1は、基板11、層間絶縁層12、画素電極13、隔壁層14、正孔注入層15、正孔輸送層16、発光層17、中間層18、電子注入輸送層19、透光性導電層20、対向電極21、および、封止層22を備える。電子注入輸送層19は、本発明の機能層に相当する。また、中間層18は、本発明の中間層に相当する。なお、基板11、層間絶縁層12、中間層18、電子注入輸送層19、透光性導電層20、対向電極21、および、封止層22は、画素ごとに形成されているのではなく、有機EL表示パネル100が備える複数の有機EL素子1に共通して形成されている。

#### 【0024】

<基板>

基板11は、絶縁材料である基材111と、TFT（Thin Film Transistor）層112とを含む。TFT層112には、画素ごとに駆動回路が形成されている。基材111は、例えば、ガラス基板、石英基板、シリコン基板、硫化モリブデン、銅、亜鉛、アルミニウム、ステンレス、マグネシウム、鉄、ニッケル、金、銀などの金属基板、ガリウム砒素基などの半導体基板、プラスチック基板等を採用することができる。プラスチック材料としては、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂いずれの樹脂を用いてもよい。例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリイミド（PI）ポリカーボネート、アクリル系樹脂、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリブチレンテレフタレート、ポリアセタール、その他フッ素系樹脂、スチレン系、ポリオレフィン系、ポリ塩化ビニル系、ポリウレタン系、フッ素ゴム系、塩素化ポリエチレン系等の各種熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル、シリコーン樹脂、ポリウレタン等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等が挙げられ、これらのう

10

20

30

40

50

ち1種、または2種以上を積層した積層体を用いることができる。

【0025】

<層間絶縁層>

層間絶縁層12は、基板11上に形成されている。層間絶縁層12は、樹脂材料からなり、TFT層112の上面の段差を平坦化するためのものである。樹脂材料としては、例えば、ポジ型の感光性材料が挙げられる。また、このような感光性材料として、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、シロキサン系樹脂、フェノール系樹脂が挙げられる。また、図1の断面図には示されていないが、層間絶縁層12には、画素ごとにコンタクトホールが形成されている。

【0026】

<画素電極>

画素電極13は、光反射性の金属材料からなる金属層を含み、層間絶縁層12上に形成されている。画素電極13は、画素ごとに設けられ、コンタクトホールを通じてTFT層112と電氣的に接続されている。

本実施形態においては、画素電極13は、陽極として機能する。

【0027】

光反射性を具備する金属材料の具体例としては、Ag(銀)、Al(アルミニウム)、アルミニウム合金、Mo(モリブデン)、APC(銀、パラジウム、銅の合金)、ARA(銀、ルビジウム、金の合金)、MoCr(モリブデンとクロムの合金)、MoW(モリブデンとタングステンの合金)、NiCr(ニッケルとクロムの合金)などが挙げられる。

【0028】

画素電極13は、金属層単独で構成してもよいが、金属層の上に、ITO(酸化インジウム錫)やIZO(酸化インジウム亜鉛)のような金属酸化物からなる層を積層した積層構造としてもよい。

<隔壁層>

隔壁層14は、画素電極13と正孔注入層15の上面の一部の領域を露出させ、その周辺の領域を被覆した状態で正孔注入層15上に形成されている。正孔注入層15上面において隔壁層14で被覆されていない領域(以下、「開口部」という)は、サブピクセルに対応している。すなわち、隔壁層14は、サブピクセルごとに設けられた開口部14aを有する。

【0029】

本実施の形態においては、隔壁層14は、画素電極13が形成されていない部分においては、層間絶縁層12上に形成されている。すなわち、画素電極13が形成されていない部分においては、隔壁層14の底面は層間絶縁層12の上面と接している。

隔壁層14は、例えば、絶縁性の有機材料(例えば、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、ノボラック樹脂、フェノール樹脂等)からなる。隔壁層14は、発光層17を塗布法で形成する場合には塗布されたインクがあふれ出ないようにするための構造物として機能し、発光層17を蒸着法で形成する場合には蒸着マスクを載置するための構造物として機能する。本実施の形態では、隔壁層14は、樹脂材料からなり、隔壁層14の材料としては、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、シロキサン系樹脂、フェノール系樹脂が挙げられる。本実施の形態においては、フェノール系樹脂が用いられている。

【0030】

<正孔注入層>

正孔注入層15は、画素電極13から発光層17への正孔(ホール)の注入を促進させる目的で、画素電極13上に設けられている。正孔注入層15は、例えば、Ag(銀)、Mo(モリブデン)、Cr(クロム)、V(バナジウム)、W(タングステン)、Ni(ニッケル)、Ir(イリジウム)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である。上記のうち、酸化金属からなる正孔注入層15は、正孔を安定的に、または、正孔の生成を

10

20

30

40

50

補助して、発光層 17 に対し正孔を注入する機能を有し、大きな仕事関数を有する。本実施の形態では、正孔注入層 15 は、酸化タングステンからなる。正孔注入層 15 を遷移金属の酸化物で形成すると、複数の酸化数を取るため、複数の準位を取ることができ、その結果、正孔注入が容易になり、駆動電圧の低減に寄与する。

#### 【0031】

##### < 正孔輸送層 >

正孔輸送層 16 は、親水基を備えない高分子化合物を用い開口部 14 a 内に形成されている。例えば、ポリフルオレンやその誘導体、あるいは、ポリアリールアミンやその誘導体などの高分子化合物であって、親水基を備えないものなどを用いることができる。

正孔輸送層 16 は、正孔注入層 15 から注入された正孔を発光層 17 へ輸送する機能を有する。

10

#### 【0032】

##### < 発光層 >

発光層 17 は、開口部 14 a 内に形成されている。発光層 17 は、正孔と電子の再結合により、R、G、Bの各色の光を出射する機能を有する。発光層 17 の材料としては、公知の材料を利用することができる。

具体的には、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、チオキサテン化合物、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 - ピピリジン化合物の金属錯体、シッフ塩と I I I 族金属との錯体、オキシ金属錯体、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

30

#### 【0033】

##### < 中間層 >

中間層 18 は、発光層 17 上に形成されており、電子注入性を有する金属材料のフッ化物を含む。金属材料としては、アルカリ金属、または、アルカリ土類金属から選択される。アルカリ金属は、具体的には、Li（リチウム）、Na（ナトリウム）、K（カリウム）、Rb（ルビジウム）、Cs（セシウム）、Fr（フランシウム）である。また、アルカリ土類金属は、具体的には、Ca（カルシウム）、Sr（ストロンチウム）、Ba（バリウム）、Ra（ラジウム）である。本実施の形態では、Na が選択される。

#### 【0034】

##### < 電子注入輸送層 >

電子注入輸送層 19 は、中間層 18 上に形成されており、電子輸送性を有する有機材料に、電子注入性を向上させる金属材料がドーブされてなる。金属材料としては、アルカリ金属、または、アルカリ土類金属から選択されることが好ましく、Ba または Li がより好ましい。本実施の形態では、Ba が選択される。また、電子注入輸送層 19 における金属材料のドーブ量は 5 ~ 40 wt % が好ましい。本実施の形態では、20 wt % である。

40

#### 【0035】

電子輸送性を有する有機材料としては、例えば、オキサジアゾール誘導体（OXD）、トリアゾール誘導体（TAZ）、フェナンスロリン誘導体（BCP、Bphen）などの電子系低分子有機材料が挙げられる。

##### < 透光性導電層 >

50

透光性導電層 20 は、電子注入輸送層 19 上に形成されている。透光性導電層 20 は、発光層 17 より出射された光の透過率が、電子注入輸送層 19 より高いことが好ましい。透光性導電層 20 の材料としては、例えば、ITO や IZO などを用いることができる。本実施の形態では、ITO が用いられている。

#### 【0036】

なお、対向電極 21 の透光性導電層 20 との界面は共振器構造を形成している。したがって、透光性導電層 20 の屈折率は電子注入輸送層 19 の屈折率と近いことが好ましく、また、対向電極 21 の屈折率とは異なっていることが好ましい。

#### < 対向電極 >

対向電極 21 は、透光性の導電性材料からなり、透光性導電層 20 上に形成されている。本実施の形態においては、対向電極 21 は、陰極として機能する。

10

#### 【0037】

対向電極 21 の透光性導電層 20 との界面は、画素電極 13 の正孔注入層 15 との界面と対となって共振器構造を形成する。したがって、発光層 17 から出射された光が、透光性導電層 20 から対向電極 21 へと入射する際にその一部が透光性導電層 20 へと反射される必要がある。したがって、対向電極 21 と透光性導電層 20 との間で、屈折率が異なっていることが好ましい。したがって、対向電極 21 は、金属薄膜が好ましい。

#### 【0038】

対向電極 21 の材料としては、例えば、Ag (銀)、Al (アルミニウム)、銀合金、アルミニウム合金の薄膜などが挙げられる。銀合金としては、マグネシウム - 銀合金、インジウム - 銀合金が挙げられる。また、アルミニウム合金としては、マグネシウム - アルミニウム合金、リチウム - アルミニウム合金が挙げられる。

20

#### < 封止層 >

封止層 22 は、発光層 17、中間層 18、電子注入輸送層 19 などの有機層が水分に晒されたり、空気に晒されたりすることを抑制する機能を有し、例えば、窒化シリコン (SiN)、酸窒化シリコン (SiON) などの透光性材料を用い形成される。また、窒化シリコン (SiN)、酸窒化シリコン (SiON) などの材料を用い形成された層の上に、アクリル樹脂、シリコーン樹脂などの樹脂材料からなる封止樹脂層を設けてもよい。

#### 【0039】

本実施の形態においては、有機 EL 表示パネル 100 がトップエミッション型であるため、封止層 22 は光透過性の材料で形成されることが必要となる。

30

#### < その他 >

なお図 1 には示されないが、封止層 22 の上に、封止樹脂を介してカラーフィルタや上部基板を貼り合せてもよい。上部基板を貼り合わせることによって、正孔輸送層 16、発光層 17、中間層 18、電子注入輸送層 19 を水分および空気などから保護できる。

#### 【0040】

#### 2. 光共振器構造

図 2 は、本実施の形態に係る有機 EL 素子 1 の光共振器構造における光の干渉を説明する図である。光共振器構造は、画素電極 13 の正孔注入層 15 との界面と、対向電極 21 の透光性導電層 20 との界面との間に構成される。発光層 17 は、共振器構造の内側に存在することとなる。

40

#### 【0041】

図 2 には、発光層 17 から出射される光の主な経路を示している。経路 C1 は、発光層 17 から対向電極 21 側に出射された光が、反射されることなく対向電極 21 を透過する経路である。経路 C2 は、発光層 17 から画素電極 13 側に出射された光が、画素電極 13 で反射され、発光層 17 と対向電極 21 を透過する経路である。経路 C3 は、発光層 17 から対向電極 21 側に出射された光が、対向電極 21 で反射され、さらに画素電極 13 で反射され、発光層 17 と対向電極 21 を透過する経路である。そして、これら経路 C1 ~ C3 のそれぞれの経路により出射された光の間で干渉が生じる。

#### 【0042】

50

経路 C 1 と経路 C 2 の光学距離の差は、図 2 に示す光学膜厚 L 1 に対応する。光学膜厚 L 1 は、発光層 1 7 から画素電極 1 3 の正孔注入層 1 5 との界面までの、正孔輸送層 1 6、正孔注入層 1 5 の合計の光学距離（各膜における膜厚と屈折率との積の合計値）である。

また、経路 C 2 と経路 C 3 との光学距離の差は、図 2 に示す光学膜厚 L 2 に対応する。光学膜厚 L 2 は、発光層 1 7 から対向電極 2 1 の透光性導電層 2 0 との界面までの、中間層 1 8、電子注入輸送層 1 9 と透光性導電層 2 0 の光学距離（各膜における膜厚と屈折率との積の合計値）である。

#### 【 0 0 4 3 】

また、経路 C 1 と経路 C 3 の光学距離の差は、図 2 に示す光学膜厚 L 3 に対応する。光学膜厚 L 3 は、光学膜厚 L 1 と光学膜厚 L 2 との合計である。

光共振器構造では、経路 C 1、経路 C 2、経路 C 3 のそれぞれの経路により出射された光が強め合うように、光学膜厚 L 1、L 2、L 3 のそれぞれを設定する。このとき、各光学膜厚 L 1、L 2、L 3 において、光取り出し効率が極大となる光学膜厚は、図 3 のグラフに示すように、0 次干渉ピークだけでなく 1 次干渉ピークも存在する。図 3 は、光学膜厚と、取り出される光の輝度 / y 値の特性を示したものであり、輝度 / y 値とは、有機 EL 素子から取り出される光の輝度と、x y 色度の y 値との比である。本実施の形態では、光学膜厚 L 2 を、1 次光干渉ピークとなる距離、または、その近傍に設定する。これは、光取り出し効率が極大となる光学膜厚において、取り出される光の色度が必ずしも所望の色度とはならない場合があり、カラーフィルタによる補正が必要となった結果、カラーフィルタ通過後の光取り出し効率が低下することがあるからである。したがって、本実施の形態では、対向電極 2 1 と発光層 1 7 との距離は、およそ 1 5 0 nm 以上となる。なお、光共振器構造全体の大きさ、すなわち、対向電極 2 1 の透光性導電層 2 0 との界面と、画素電極 1 3 の正孔注入層 1 5 との界面との距離は、当然に 1 5 0 nm 以上となる。

#### 【 0 0 4 4 】

##### 3 . 電子注入輸送層の膜厚

図 4 は、電子注入輸送層 1 9 の膜厚と有機 EL 素子 1 の消費電力との関係を示すグラフである。ここで、電子注入輸送層 1 9 にドーピングされている金属は Ba（バリウム）であり、ドーピング濃度は 2 0 w t % である。なお、図 4（a）は有機 EL 素子 1（R）、図 4（b）は有機 EL 素子 1（G）、図 4（c）は有機 EL 素子 1（B）、のそれぞれの場合を示している。

#### 【 0 0 4 5 】

いずれの場合においても、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が約 3 5 nm 以上の場合、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が大きくなるほど消費電力が増加している。これは、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が大きくなることで、ドーピングされているバリウムによる光吸収が強くなった結果、光取り出し効率が低下するためである。

一方で、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が 1 5 nm 以下の場合、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が小さくなるほど消費電力が増加している。これは、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が小さくなるほどバリウムの量が減少し、電子注入性が低下して有機 EL 素子 1 の駆動電圧が上昇するためである。

#### 【 0 0 4 6 】

したがって、電子注入輸送層 1 9 の膜厚が、有機 EL 素子 1（R）では 1 5 nm ~ 3 5 nm の範囲で、有機 EL 素子 1（G）では 1 5 nm ~ 4 0 nm の範囲で、有機 EL 素子 1（B）では 1 0 nm ~ 6 0 nm の範囲で、発光効率が好適となる。

なお、上述したように、電子注入輸送層 1 9 は、画素ごとに形成されているのではなく、有機 EL 表示パネル 1 0 0 が備える複数の有機 EL 素子 1 に共通して形成されている。したがって、有機 EL 素子 1 に共通して形成される電子注入輸送層 1 9 の膜厚は、1 5 nm ~ 3 5 nm が好適な範囲となる。

#### 【 0 0 4 7 】

##### 4 . 中間層、透光性導電層の膜厚

10

20

30

40

50

中間層 18 の膜厚は、電子注入性の向上と有機 EL 素子 1 の駆動電圧の低下の両立が図れることが好ましく、1 nm ~ 10 nm が好適である。中間層 18 の膜厚が 1 nm より小さい場合、発光層 17 への電子注入性が十分に向上しない。一方で、中間層 18 の膜厚が 10 nm より大きい場合、電子注入性が発揮されず駆動電圧が上昇する。

#### 【0048】

透光性導電層 20 の膜厚は、中間層 18、電子注入輸送層 19、透光性導電層 20 の光学距離が、設定された光学膜厚 L2 となるように設計される。すなわち、中間層 18 の膜厚を  $t_1$ 、屈折率を  $n_1$ 、電子注入輸送層 19 の膜厚を  $t_2$ 、屈折率を  $n_2$ 、透光性導電層 20 の膜厚を  $t_3$ 、屈折率を  $n_3$  としたとき、 $n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3$  が設計膜厚 L2 となるように、透光性導電層 20 の膜厚  $t_3$  が定められる。したがって、透光性導電層 20 の膜厚は、約 100 nm 以上となる。

10

#### 【0049】

##### 5. 有機 EL 素子の製造方法

有機 EL 素子 1 の製造方法について、図面を用い説明する。図 5 (a) から (f)、図 6 (a) ~ (d)、図 7 (a) ~ (d) は、有機 EL 素子 1 の製造における各工程での状態を示す模式断面図である。

##### (1) 基板 11 の形成

まず、図 5 (a) に示すように、基材 111 上に TFT 層 112 を成膜して基板 11 を形成し、(図 8 のステップ S1)。TFT 層 112 は、公知の TFT の製造方法により成膜することができる。

20

#### 【0050】

次に、図 5 (b) に示すように、基板 11 上に層間絶縁層 12 を形成する(図 8 のステップ S2)。層間絶縁層 12 は、例えば、プラズマ CVD 法、スパッタリング法などを用いて積層形成することができる。

次に、層間絶縁層 12 における、TFT 層のソース電極上の個所にドライエッチング法を行い、コンタクトホールを形成する。コンタクトホールは、その底部にソース電極の表面が露出するように形成される。

#### 【0051】

次に、コンタクトホールの内壁に沿って接続電極層を形成する。接続電極層の上部は、その一部が層間絶縁層 12 上に配される。接続電極層の形成は、例えば、スパッタリング法を用いることができ、金属膜を成膜した後、フォトリソグラフィ法およびウェットエッチング法を用いパターニングすることがなされる。

30

##### (2) 画素電極 13、正孔注入層 15 の形成

次に、図 5 (c) に示すように、層間絶縁層 12 上に画素電極材料層 130 を形成する(図 8 のステップ S3)。画素電極材料層 130 は、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法などを用いて形成することができる。

#### 【0052】

次に、図 5 (d) に示すように、画素電極材料層 130 上に正孔注入材料層 150 を形成する(図 8 のステップ S4)。正孔注入材料層 150 は、例えば、反応性スパッタ法などを用いて形成することができる。

40

そして、図 5 (e) に示すように、画素電極材料層 130 と正孔注入材料層 150 とをエッチングによりパターニングして、サブピクセルごとに区画された複数の画素電極 13 と正孔注入層 15 とを形成する(図 8 のステップ S5)。

#### 【0053】

なお、画素電極 13、正孔注入層 15 の形成方法は上述の方法に限られず、例えば、画素電極材料層 130 をパターニングして画素電極 13 を形成してから、正孔注入層 15 を形成してもよい。

##### (3) 隔壁層 14 の形成

次に、図 6 (a) に示すように、正孔注入層 15 および層間絶縁層 12 上に、隔壁層 14 の材料である隔壁層用樹脂を塗布し、隔壁材料層 140 を形成する。隔壁材料層 140

50

は、隔壁層用樹脂であるフェノール樹脂を溶媒（例えば、乳酸エチルとG B Lの混合溶媒）に溶解させた溶液を正孔注入層15上および層間絶縁層12上にスピンコート法などを用いて一様に塗布することにより形成される。そして、隔壁材料層140にパターン露光と現像を行うことで隔壁層14を形成し（図6（b）、図8のステップS6）、隔壁層14を焼成する（図8のステップS7）。これにより、発光層17の形成領域となる開口部14aが規定される。隔壁層14の焼成は、例えば、150以上210以下の温度で60分間行う。

#### 【0054】

また、隔壁層14の形成工程においては、さらに、隔壁層14の表面を所定のアルカリ性溶液や水、有機溶媒等によって表面処理するか、プラズマ処理を施すこととしてもよい。これは、開口部14aに塗布するインク（溶液）に対する隔壁層14の接触角を調節する目的で、もしくは、表面に撥水性を付与する目的で行われる。

10

#### （4）正孔輸送層16の形成

次に、図6（c）に示すように、隔壁層14が規定する開口部14aに対し、正孔輸送層16の構成材料を含むインクを、インクジェットヘッド401のノズル4030から吐出して開口部14a内の正孔注入層15上に塗布し、焼成（乾燥）を行って、正孔輸送層16を形成する（図8のステップS8）。

#### 【0055】

#### （5）発光層17の形成

次に、図6（d）に示すように、発光層17の構成材料を含むインクを、インクジェットヘッド401のノズル4030から吐出して開口部14a内の正孔輸送層16上に塗布し、焼成（乾燥）を行って発光層17を形成する（図8のステップS9）。

20

#### （6）中間層18の形成

次に、図7（a）に示すように、発光層17および隔壁層14上に、中間層18を形成する（図8のステップS10）。中間層18は、例えば、アルカリ金属のフッ化物であるNaFを真空蒸着法により各サブピクセルに共通して成膜することにより形成される。

#### 【0056】

#### （7）電子注入輸送層19の形成

次に、図7（b）に示すように、中間層18上に、電子注入輸送層19を形成する（図8のステップS11）。電子注入輸送層19は、例えば、電子輸送性の有機材料とドープ金属とを共蒸着法により各サブピクセルに共通して成膜することにより形成される。

30

#### （8）透光性導電層20の形成

次に、図7（c）に示すように、電子注入輸送層19上に、透光性導電層20を形成する（図8のステップS12）。透光性導電層20は、ITOまたはIZOを、スパッタリング法、真空蒸着法により成膜することにより形成される。

#### 【0057】

#### （9）対向電極21の形成

次に、図7（d）に示すように、透光性導電層20上に、対向電極21を形成する（図8のステップS13）。対向電極21は、金属材料を、スパッタリング法、真空蒸着上により成膜することにより形成される。

40

#### （10）封止層22の形成

次に、図7（d）に示すように、対向電極21上に、封止層22を形成する（図8のステップS14）。封止層22は、スパッタリング法、CVD法などにより形成することができる。

#### 【0058】

なお、封止層22の上にカラーフィルタや上部基板を載置し、接合してもよい。

#### 6．有機EL表示装置の全体構成

図9は、有機EL表示パネル100を備えた有機EL表示装置1000の構成を示す模式ブロック図である。図9に示すように、有機EL表示装置1000は、有機EL表示パネル100と、これに接続された駆動制御部200とを含む構成である。駆動制御部20

50

0 は、4つの駆動回路210～240と、制御回路250とから構成されている。

【0059】

なお、実際の有機EL表示装置1000では、有機EL表示パネル100に対する駆動制御部200の配置については、これに限られない。

5. 変形例

上記実施の形態においては、本開示に係る発光パネルの一例として有機EL表示装置に適用された場合について説明したが、これに限られない。本開示に係る発光パネルは、無機の発光材料を用いた発光パネルでもよい。

【0060】

また、上記実施の形態においては、陰極が対向電極であり、かつ、トップエミッション型の有機EL表示装置であるとした。しかしながら、例えば、陽極が対向電極であり、かつ、ボトムエミッション型の有機EL表示装置に本発明を適用してもよい。この場合、陰極である画素電極上に、透光性導電層、電子注入輸送層、発光層、の順に積層すればよい。また、例えば、陽極が対向電極であり、トップエミッション型の有機EL表示装置、または、陰極が対向電極であり、ボトムエミッション型の有機EL表示装置において、1次光干渉を利用するために図2における光学膜厚L1を設計する際に、本発明を適用してもよい。

10

【0061】

また、上記実施の形態においては、中間層18や正孔注入層15、正孔輸送層16を必須構成であるとしたが、これに限られない。例えば、中間層18を有しない有機EL素子や、正孔輸送層16を有しない有機EL素子であってもよい。また、例えば、正孔注入層15と正孔輸送層16とに替えて、単一層の正孔注入輸送層を有していてもよい。

20

また、表示装置に限られず、有機EL照明装置のようなパネル型の照明装置であってもよい。

【0062】

以上、本開示に係る有機発光パネルおよび表示装置について、実施の形態および変形例に基づいて説明したが、本発明は、上記の実施の形態および変形例に限定されるものではない。上記実施の形態および変形例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実施の形態および変形例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。

30

【産業上の利用可能性】

【0063】

本発明は、光共振器構造を備えた発光素子において、光取り出し効率の向上が高く消費電力が小さい発光素子を製造するのに有用である。

【符号の説明】

【0064】

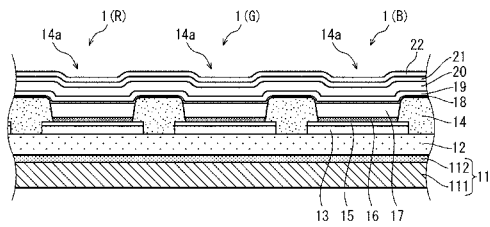
- 11 基板
- 12 層間絶縁層
- 13 画素電極（陽極）
- 14 隔壁層
- 14 a 開口部
- 15 正孔注入層
- 16 正孔輸送層
- 17 発光層
- 18 中間層
- 19 電子注入輸送層（機能層）
- 20 透光性導電層
- 21 対向電極（陰極）
- 22 封止層
- 100 有機EL表示パネル

40

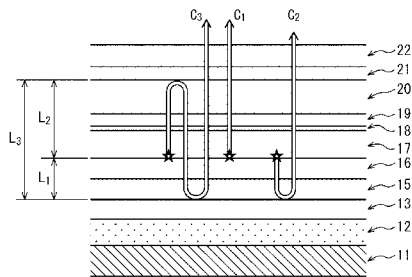
50

1000 有機EL表示装置

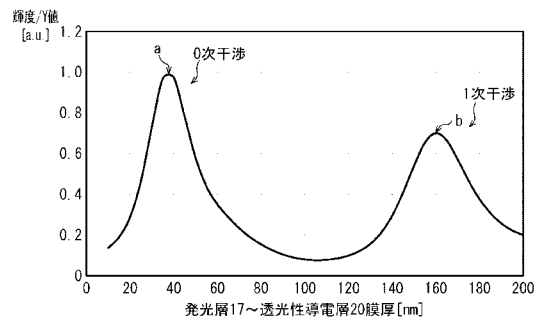
【图 1】



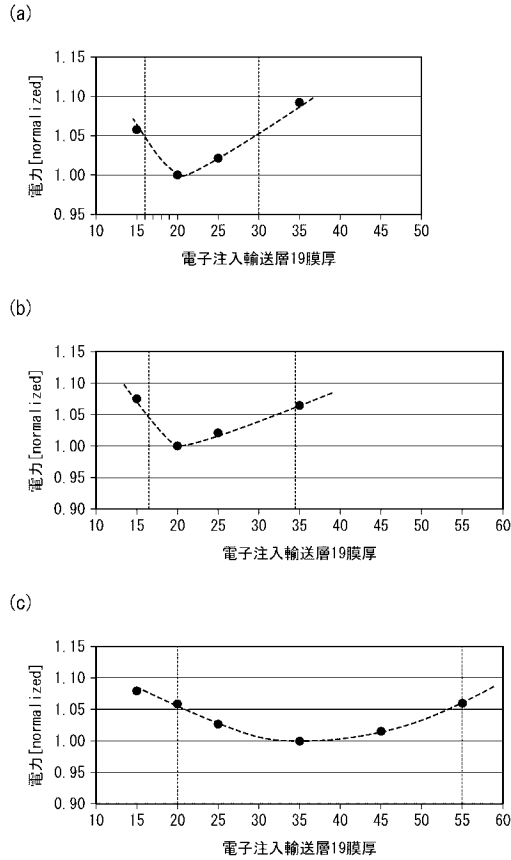
【图 2】



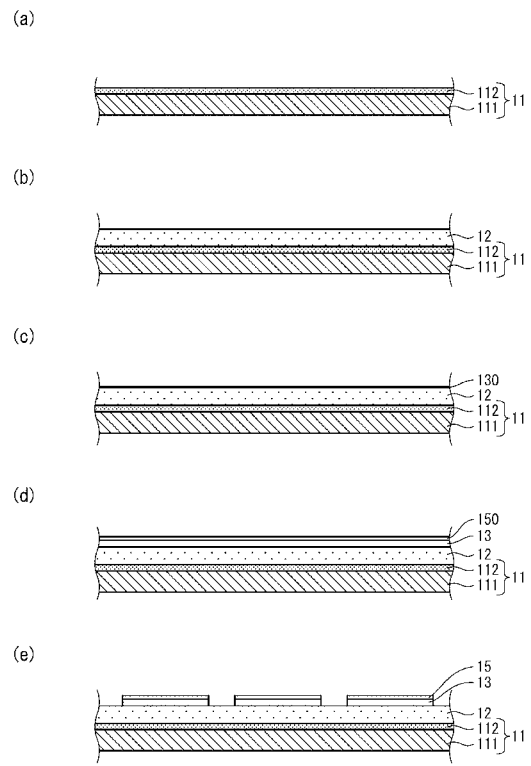
【图 3】



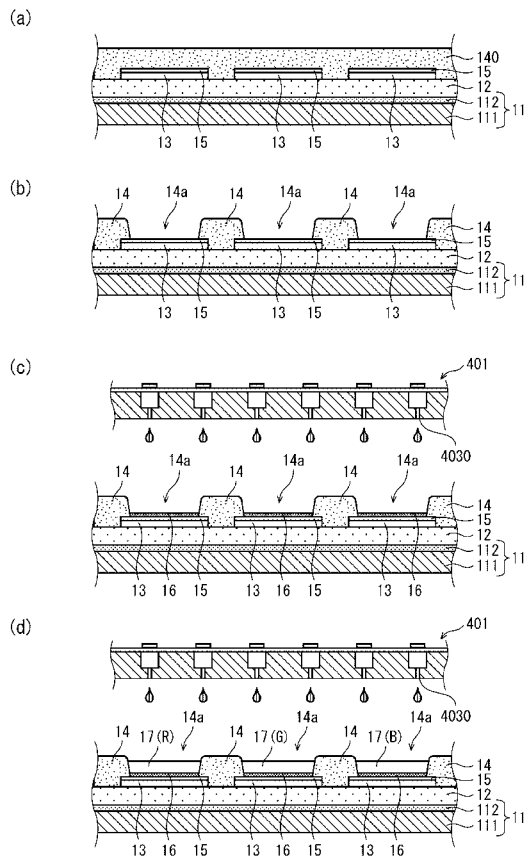
【 図 4 】



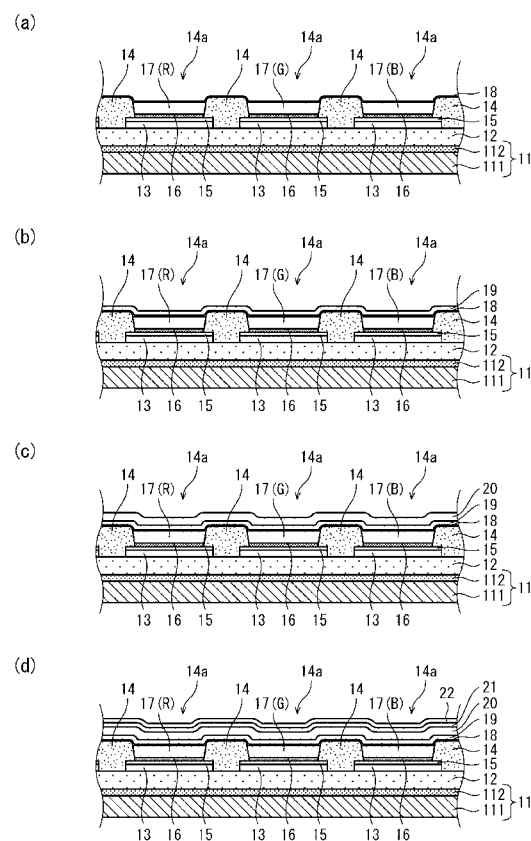
【 図 5 】



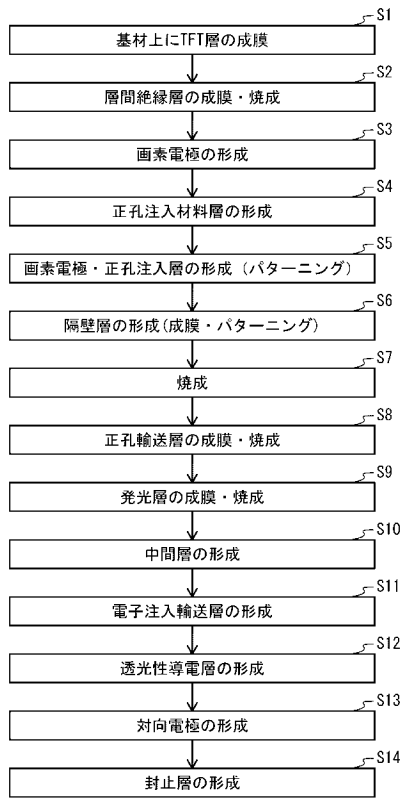
【 図 6 】



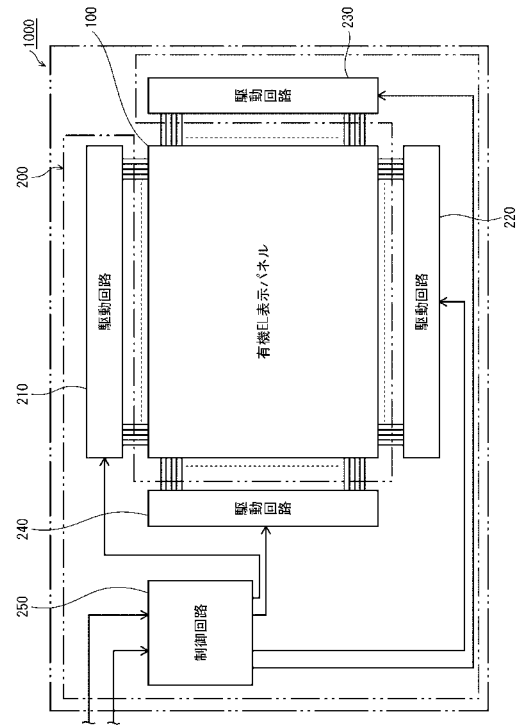
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 西村 征起

東京都千代田区神田錦町三丁目2番地 株式会社J O L E D内

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC05 CC12 CC14 DD10 DD27 DD29 DD46Y DD75  
DD76 DD78 DD84 FF14 FF15

专利名称(译)	有机EL显示装置和有机EL显示装置的制造方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2018055937A</a>	公开(公告)日	2018-04-05
申请号	JP2016190031	申请日	2016-09-28
[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	白波瀬英幸 安喰博之 橋本潤 西村征起		
发明人	白波瀬 英幸 安喰 博之 橋本 潤 西村 征起		
IPC分类号	H05B33/24 H01L51/50 H05B33/10 H05B33/26		
CPC分类号	H01L27/3211 H01L27/3244 H01L51/5092 H01L51/5234 H01L51/5265 H01L2251/5315 H01L51/5008 H01L51/5012 H01L51/5076 H01L51/5218 H01L51/56 H01L2251/301 H01L2251/308 H01L2251/558		
FI分类号	H05B33/24 H05B33/14.A H05B33/10 H05B33/22.A H05B33/26.Z		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC05 3K107/CC12 3K107/CC14 3K107/DD10 3K107/DD27 3K107/DD29 3K107/DD46Y 3K107/DD75 3K107/DD76 3K107/DD78 3K107/DD84 3K107/FF14 3K107/FF15		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

在具有谐振器结构的有机EL元件中，谐振器结构的光提取效率提高并且功耗降低。本发明提供一种有机电致发光发光元件（1），其具有发光层（17），功能层（19），透光导电层（20）和阴极（21）彼此接触并依次堆叠在阳极（13）上方的功能层19不小于15nm并且不大于35nm，以及阳极13的发光层17侧表面和阴极21与透光导电层20之间的界面分开150nm或更多。

