

(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2014-127302
(P2014-127302A)

(43) 公開日 平成26年7月7日(2014.7.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/02 (2006.01)	H05B 33/02	3K107
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12 C	
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/22 A	
	H05B 33/22 C	
審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2012-282161 (P2012-282161)	(71) 出願人	599048638
(22) 出願日	平成24年12月26日 (2012.12.26)		CBC株式会社
			東京都中央区月島二丁目15番13号
		(74) 代理人	100147913
			弁理士 岡田 義敬
		(74) 代理人	100091605
			弁理士 岡田 敬
		(72) 発明者	米田 清
			岐阜県瑞穂市古橋1495番6
		Fターム(参考)	3K107 AA01 BB02 CC05 CC09 DD18 DD51 EE21 EE28 FF13 FF15

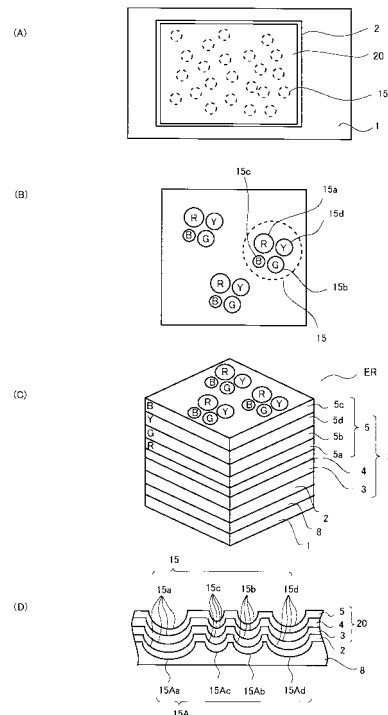
(54) 【発明の名称】 有機発光素子およびこれを用いた照明装置

(57) 【要約】

【課題】 従来の有機発光素子では、外部に取りだす全光束に限界があり、高い表面輝度を必要とする一般照明用光源としての適用には限界があった。

【解決手段】 基板1と、基板1上に設けられた中間層8と、中間層8上に設けられた第1電極2と、第1電極2上に積層された正孔注入層3、正孔輸送層4、発光層5および電子輸送層6と、電子輸送層6上に設けられた第2電極7とを具備し、記発光層5にそれぞれ異なる曲率半径の湾曲面を有する複数の湾曲部を1組とした湾曲部群15を複数設け、外部量子効率を高めるための有機発光素子およびこれを用いた照明装置を提供する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
 該基板上に設けられた中間層と、
 該中間層上に設けられた第 1 電極と、
 該第 1 電極上に積層された正孔注入層、正孔輸送層、発光層および電子輸送層と、
 該電子輸送層上に設けられた第 2 電極と、を具備し、
 前記発光層に、それぞれ異なる曲率半径の湾曲面を有する複数の湾曲部を 1 組とした湾曲部群が複数設けられることを特徴とする有機発光素子。

【請求項 2】

前記基板からの放出光が白色光であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 3】

前記発光層は、それぞれ異なる波長の光を発光する複数の有機薄膜を積層してなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の有機発光素子。

【請求項 4】

1 つの前記湾曲部群を構成する前記湾曲面はそれぞれ前波長に対応した曲率半径を有することを特徴とする請求項 3 に記載の有機発光素子。

【請求項 5】

前記発光層は、第 1 波長の色を発光する第 1 有機薄膜、第 2 波長の色を発光する第 2 有機薄膜および第 3 波長の色を発光する第 3 有機薄膜を含み、

1 つの前記湾曲部群は、前記第 1 波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有する第 1 湾曲部、前記第 2 波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有する第 2 湾曲部および前記第 3 波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有する第 3 湾曲部を含み、

複数の前記湾曲部群が前記中間層にランダムに配置されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の有機発光素子。

【請求項 6】

前記発光層は、第 4 波長の色を発光する第 4 有機薄膜を含み、前記 1 つの湾曲部群は、前記第 4 波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有する第 4 湾曲部を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の有機発光素子。

【請求項 7】

前記基板と前記第 1 電極の間に中間層が設けられ、該中間層の主面に複数の他の湾曲部群が配置され、前記複数の湾曲部群は前記中間層の他の湾曲部群に沿って設けられることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の有機発光素子。

【請求項 8】

前記中間層は透明樹脂層であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の有機発光素子。

【請求項 9】

前記発光層と前記基板の間に光散乱粒子層が設けられることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の有機発光素子。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の有機発光素子を用いた照明装置。

【請求項 11】

前記有機発光素子を複数配置し、前記第 1 電極および前記第 2 電極をそれぞれ互いに電氣的に接続したことを特徴とする請求項 10 に記載の照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は有機発光素子およびこれを用いた照明装置に係り、特に演色性の高い白色光を高い外部量子効率で放出可能な有機発光素子およびこれを用いた照明装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

有機発光素子（有機エレクトロルミネッセンス（Organic Electro-Luminescence）素子）は、適当な直流電流を流すと有機材料が発光するデバイスであり、LCDに変わる次世代ディスプレイとして、あるいは蛍光灯に変わる面発光光源として適用が期待されている。

【0003】

特に有機発光素子を面発光光源として利用する照明の分野に於いては、環境に配慮した次世代光源として注目されており、電球に匹敵する高い演色性と、蛍光灯および発光ダイオード（Light Emitting Diode：LED）に匹敵する電力効率とを得るべく開発が進められている。

10

【0004】

図7は従来の有機発光素子100の構造（主に発光領域）の一例を示す断面図である。有機発光素子100は、ガラス基板101上にITO（Indium Tin Oxide）膜を所望の形状にパターンニングして第1電極102を設け、その上に、EL層108の各有機薄膜、すなわち正孔注入層（Hole Injection Layer：以下、HIL）103、正孔輸送層（Hole Transfer Layer：以下、HTL）104、発光層（Emitting Material Layer：以下EML）105、電子輸送層（Electron Transport Layer：以下ETL）106を真空蒸着法などで積層し、その上に第2電極（例えばアルミニウム（Al）層）107を真空蒸着法などで積層した構造を有する。EL層108を構成する各有機薄膜が第1電極102と第2電極107とで挟まれた発光領域（図示の領域）においては、各有機薄膜の主面はいずれも略平坦面となっている（例えば特許文献1参照。）。

20

【0005】

有機発光素子100をディスプレイに利用する場合、その明るさとして要求される表面輝度は $300\text{cd}/\text{cm}^2 \sim 500\text{cd}/\text{cm}^2$ 程度である。

【0006】

これに対し、有機発光素子100を照明に用いる場合、特に蛍光灯と同じ一般照明として利用するには、 $9000\text{cd}/\text{cm}^2$ を超える表面輝度が必要になる。つまり、照明用途ではディスプレイ用途に比べると高い表面輝度が要求される。

【0007】

有機発光素子100で明るさを確保する場合、これを駆動する電流密度を高めることが考えられる。しかし、有機発光素子100の寿命はほぼ電流密度の1.5乗に反比例するので、電流密度を極端に高めると劣化が早まる問題がある。

30

【0008】

近年では、有機発光素子100に用いる有機材料（有機薄膜）の進歩が目覚ましく、従来用いられていた蛍光材料に代わり燐光材料が効率・寿命の面で飛躍的な進歩があり、内部量子効率100%を達成できる燐光材料も開発されている。燐光材料は、有機発光素子100をディスプレイとして用いる場合、コスト面を除けば、要求性能の実現も問題ないレベルに達しており、実用化が加速されつつある。

【0009】

つまり、有機発光素子100を照明用途として実用化する場合も燐光材料を使用することで、内部量子効率としては十分な性能が見込まれる。

40

【0010】

図7を参照して、矢印の如くEML105で発光した光は、直接ガラス基板101を透過して外部に放出される光と、Al層からなる第2電極107で反射してガラス基板101を介して外部に放出される光の2つの成分に分けられる。そして、内部で発光したこれらの光を効率よくガラス基板101の外部に取り出すことができれば、すなわち外部量子効率を高めれば、電流密度を高めることなく、表面輝度を向上させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 1 1 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 3 6 1 2 8 号 公 報

【 発 明 の 概 要 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 1 2 】

図 8 は、図 7 に示す従来構造の有機発光素子 1 0 0 における外部量子効率を説明するための断面概要図ある。

【 0 0 1 3 】

一般に、有機発光素子 1 0 0 では外部量子効率を高める目的で E L 層 1 0 8 においてそれぞれの有機薄膜の膜厚を最適化して光学調整が行われている。しかし E L 層 1 0 8 内で発生した光は第 1 電極 1 0 2 およびガラス基板 1 0 1 を透過するので、外部に放出されるまでの間にその光の一部は損失する。

10

【 0 0 1 4 】

一例として、E L 層 1 0 8 のトータルの屈折率 $n_o = 1.7$ 、第 1 電極 (I T O 膜) 1 0 2 の屈折率 $n_T = 1.9 \sim 2.0$ 、ガラス基板 1 0 1 の屈折率 $n_G = 1.5$ とすると、それぞれの主面が平坦な場合、有機薄膜 1 0 8 中で発光した全光束の 4 7 % は有機薄膜 1 0 8 内で損失し、側面方向に出射される。また、ガラス基板 1 0 1 中では 3 4 % の光が損失し、ガラス基板 1 0 1 表面から外部に取り出せる光束は、全光束の高々 1 9 % 程度に留まる。

【 0 0 1 5 】

20

従って、E L 層 1 0 8 の各有機薄膜の膜厚を光学調整し、また E L 層 1 0 8 に燐光材料を採用して内部量子効率 1 0 0 % を得た場合であっても、従来構造では外部に取り出せる割合 (外部量子効率) は 1 9 % 以下ということになる。有機薄膜 1 0 8 が蛍光材料の場合には、最大の内部量子効率が 2 5 % で有るので、外部量子効率は 5 % 程度と更に低くなる。

【 0 0 1 6 】

つまりこのような構造では、外部に取り出す全光束には限界があり、すなわち外部量子効率の向上には限界があった。このため高い表面輝度を必要とする一般照明用光源としての有機発光素子の実用化は困難であった。

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

30

【 0 0 1 7 】

本発明はかかる課題に鑑みてなされ、基板と、該基板上に設けられた中間層と、該中間層上に設けられた第 1 電極と、該第 1 電極上に積層された正孔注入層、正孔輸送層、発光層および電子輸送層と、該電子輸送層上に設けられた第 2 電極と、を具備し、前記発光層に、それぞれ異なる曲率半径の湾曲面を有する複数の湾曲部を 1 組とした湾曲部群を複数設けることにより解決するものであり、外部量子効率を高めることができるので、一般照明に要求される表面輝度・寿命が確保できる有機発光素子およびそれを用いた照明装置を提供するものである。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 1 8 】

40

本発明によれば、蛍光灯・L E D に匹敵する電力効率が得られる有機発光素子を実現でき、水銀の廃棄処理の環境問題を抱える蛍光灯の代替となる面光源としての実用化が可能となる。

【 0 0 1 9 】

具体的には、発光層に、それぞれ異なる曲率半径の湾曲面を有する複数の湾曲部を 1 組とした湾曲部群を複数設ける。発光層の湾曲部群は、他の湾曲部群を設けた中間層上に発光層を積層することで実現する。つまり、中間層の他の湾曲部群に沿って、発光層を含む E L 層や第 1 電極、第 2 電極の主面も湾曲する。これにより発光層を構成する各有機薄膜から出射された光が基板に到達するまでの間でランダムに配置された湾曲部群で反射・散乱される。その結果、光の進行方向がランダムな方向で基板に入射するため、基板から外

50

部の空気中へ出射される光束は増加する。

【0020】

また、EL層で発光した光はEL層と第1電極およびEL層と第2電極の間で反射し収束または散乱して基板から外部に放出される。

【0021】

これにより従来構造の有機発光素子に比べて、取り出せる光の光束、すなわち外部量子効率を高めることができるので、表面輝度が高められる。

【0022】

一例として、本発明の有機発光素子は外部量子効率は従来構造と比較して約40%まで高めることが可能であり、表面輝度は従来構造と比較して約2倍程度まで向上できる。

10

【0023】

また、中間層にインプリントやエッチング(フォトリソグラフィ)などで湾曲部群を形成するのみでよいので、コストの高騰を抑えてデバイスの高性能化を実現できる。

【0024】

さらに、発光層と基板の間に光散乱粒子層を設けることにより、基板から放射される光の散乱効果を高めることができる。

【0025】

このように本発明では、有機発光素子内にランダムに配置した湾曲部群がレンズあるいはミラーとして機能し、これにより外部量子効率を高めることができる。レンズを用いた外部量子効率の改善は、ディスプレイで使用される有機発光素子と比較して照明に使用される有機発光素子において大きな利点となりうる。例えばディスプレイで使用する有機発光素子内にランダムにレンズが配置されると像を歪める原因となるが、照明に使用する有機発光素子では像の歪みは問題とならず、好適である。

20

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の第1の実施形態の有機発光素子の構造を説明するための(A)平面図、(B)断面図、(C)断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の有機発光素子の構造を説明するための(A)平面図、(B)平面図、(C)斜視図、(D)断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態の有機発光素子の構造を説明するための断面図である。

30

【図4】本発明の第2の実施形態の有機発光素子の構造を説明するための断面図である。

【図5】本発明の第3の実施形態の有機発光素子の構造を説明するための断面図である。

【図6】本発明の実施形態の照明装置を説明するための平面図である。

【図7】従来技術を説明する断面図である。

【図8】従来技術を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図1から図6を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。まず、図1から図3を参照して本発明の第1の実施形態の有機発光素子10について説明する。

【0028】

40

図1は第1の実施形態の有機発光素子(有機エレクトロルミネッセンス(Organic Electro-Luminescence)素子)10の構造を説明する図であり、図1(A)が平面図、図1(B)が図1(A)のa-a線断面図、図1(C)が図1(A)のb-b線断面図である。

【0029】

有機発光素子10は、基板1と、中間層8と、第1電極2と、正孔注入層(Hole Injection Layer:以下、HIL)3と、正孔輸送層(Hole Transfer Layer:以下、HTL)4と、発光層(Emissive Layer:以下EML)5と、電子輸送層(Electron Transport Layer:以下ETL)6と、第2電極7とを有する。

【0030】

50

図1(A)を参照して、基板1は平面視において矩形状のガラスまたはプラスチックなどの絶縁性の透明基板である。

【0031】

基板1の第1主面S1にはほぼ中央に発光領域ERが設けられる。発光領域ERは、基板1上に中間層8、第1電極2、HIL3、HTL4、EML5、HTL6、第2電極7がこの順で積層された領域である。

【0032】

発光領域ERの周囲には破線の如くシール材21が設けられる。発光領域ER(シール材)の外側の基板1の周辺部には、第1引き出し配線11および第2引き出し配線12が設けられる。第1引き出し配線11は第1電極2と接続してこれを外部電源(不図示)に接続するための配線であり、第2引き出し配線12は第2電極7と接続してこれを外部電源(不図示)に接続するための配線である。第1引き出し配線11および第2引き出し配線12は基板1表面に例えば真空蒸着などにより形成された金属層(例えばアルミニウム(A1)/モリブデン(Mo)層)を所望の形状にパターンニングして設けられる。

【0033】

図1(B)(C)を参照して、基板1の周辺部に設けられた第1引き出し配線11および第2引き出し配線12はシール材21の外側まで延在する。

【0034】

基板1上には中間層8が設けられる。尚、以下の説明では、図1(図2以降も同様)の断面図で紙面の上端方向を上(方)、下端方向を下(方)として説明する。中間層8は、例えばアクリル樹脂またはポリイミドなどの透明樹脂層である。

【0035】

第1電極2は、中間層8上に設けられ有機発光素子10の陽極となる透明電極(例えばインジウム-スズ酸化物(Indium Tin Oxide:ITO)膜)である。ITO膜は例えば100nmの膜厚に設けられ、所望の形状にパターンニングされる。第1電極2は一部が第1引き出し配線11と重畳してこれと電氣的にコンタクトする。

【0036】

第1電極2上にはEL層20を構成する複数の有機薄膜が積層される。有機薄膜は、第1電極2側から、HIL3、HTL4、EML5、ETL6である。

【0037】

HIL3は、例えばCuPc(copper phthalocyanine)、m-MTDATA(4,4',4''-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenylamino)triphenylamine)、DPPD(N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン(DPPD))などからなり膜厚は10nm程度である。

【0038】

HTL4は、NPB(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)、TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)などからなり、膜厚は70nm程度である。

【0039】

EML5は、NPB(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)などの正孔輸送材またはAlq3(tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum)などの電子輸送材をホスト材とし、これに所望の色の発光ドーパントを組み合わせたものである。EML5は、詳細は後述するが膜厚はそれぞれ30nm程度の複数の有機薄膜の積層体からなる。

【0040】

ETL6はEML5上に設けられ例えば、Alq3、オキシジアゾール(OXD)(2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxiazole(PBD))、トリアゾール(TAZ)、フェナンスレン誘導体(BCP,2-Benzylthio-5-phenyl-3,4-disubstituted Thiophenes(BPhene))などからなり膜厚は30nm程度である。

【0041】

有機発光素子10では外部への光取り出し効率(外部量子効率)向上のためHTL4、

10

20

30

40

50

E T L 6 の膜厚が最適化され、光学調整されている。ここで、例えば H T L 4 の膜厚を 70 nm で最適化するとは、70 nm の膜厚を基準として光取り出し効率が最も高くなるように数 nm を増減することをいう。

【 0 0 4 2 】

E L 層 2 0 (E T L 6) の上には第 2 電極 8 が設けられる。第 2 電極 8 は有機発光素子 1 0 の陰極となり、例えば膜厚 150 nm の A 1 層あるいは銀 (A g) - マグネシウム (M g) 合金層である。第 2 電極 8 は、周辺部の第 2 引き出し電極 1 2 と電氣的に接続する。

【 0 0 4 3 】

第 2 電極 7 の上方には基板 1 に対向する対向基板 9 が設けられる。基板 1 と対向基板 9 とはシール材 2 1 にて固着され、これにより発光領域 E R が封止される。尚、図示は省略するが、対向基板 9 の E M L 5 側には吸湿材 (乾燥剤) が設けられてもよい。

【 0 0 4 4 】

E L 層 2 0 は、第 1 電極 2 から注入されたホールと、第 2 電極 7 から注入された電子とが E M L 5 の内部で再結合し、E M L 5 を形成する有機分子を励起して励起子が生じる。この励起子が放射失活する過程で E M L 5 から光が放たれ、この光が矢印の如く透明な第 1 電極 2 から基板 1 を介して外部へ放出されて発光する。本実施形態では一例として、矢印で示す基板 1 からの放出光は白色である。

【 0 0 4 5 】

図 2 は、有機発光素子 1 0 をさらに詳細に説明する図であり、図 2 (A) は図 1 (A) の平面図において E L 層 2 0 を露出させた状態の平面図であり、図 2 (B) は図 2 (A) の一部を拡大した平面図である。また図 2 (C) が E L 層 2 0 を示す斜視図であり、図 2 (D) が E L 層 2 0 の断面概要図である。

【 0 0 4 6 】

図 2 (A) を参照して、発光領域 E R では、第 1 電極 2 および E L 層 2 0 の各層の主面に複数の湾曲部群 1 5 がランダムに配置されている。

【 0 0 4 7 】

図 2 (B) を参照して 1 つの湾曲部群 1 5 (破線) は、それぞれ異なる曲率半径の湾曲面を有し近接する 4 つの湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d を 1 組として構成される。そして複数の湾曲部群 1 5 が E L 層 2 0 にランダムに配置される。尚、ここでは複数の湾曲部群 1 5 の間において 4 つの湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d は同じパターン (並び、離間距離) で配置される場合を示しているが、複数の湾曲部群 1 5 間において 4 つの湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d が異なるパターンで配置 (すなわち例えば隣り合う湾曲部群 1 5 を比べたとき湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d のパターンが異なるように配置) されていてもよい。また、本実施形態では湾曲部群 1 5 がランダムに配置されていればよく、1 つの湾曲部群 1 5 内で、湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d の離間距離が均等に配置されていたり、湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d が行列状または直線状に規則的に配置されていてもよい。

【 0 0 4 8 】

図 2 (C) を参照して、発光領域 E R では基板 1 上に、中間層 8、第 1 電極 2 および E L 層 2 0 が積層される。E L 層 2 0 は下層から H I L 3、H T L 4、E M L 5 の積層構造である。

【 0 0 4 9 】

そして本実施形態の E M L 5 は、それぞれ異なる波長の光を発光する複数の有機薄膜を積層してなる。具体的には、第 1 電極 2 側から、第 1 波長 (例えば 570 nm ~ 590 nm 程度、ピーク波長 : 例えば 580 nm) の赤色 (R) 光を発光する第 1 有機薄膜 5 a、第 2 波長 (例えば 495 nm ~ 540 nm 程度、ピーク波長 : 例えば 530 nm) の緑色 (G) 光を発光する第 2 有機薄膜 5 b、第 4 波長 (例えば 550 nm ~ 570 nm 程度、ピーク波長 : 例えば 550 nm) の黄色 (Y) 光を発光する第 4 有機薄膜 5 d および第 3 波長 (例えば 450 nm ~ 470 nm 程度、ピーク波長 : 例えば 450 nm) の青色 (B) 光を発光する第 3 有機薄膜 5 c である。

10

20

30

40

50

【0050】

これらの積層順は、第1電極2側から1有機薄膜5a(R)、第2有機薄膜5b(G)、第4有機薄膜5d(Y)、第3有機薄膜5c(B)とすると高い外部量子効率を得られ、好適である。

【0051】

EML5を構成するそれぞれの有機薄膜5a~5dはホストの有機材料にR、G、B、Yのそれぞれの発光ドーパントが含まれ、膜厚が30nm程度に形成される。

【0052】

第1有機薄膜5a~第4有機薄膜5dを基板1の主面に対して縦方向に積層してEML5を形成することにより、各有機薄膜で発光した赤(R)、緑(G)、青(B)、黄(Y)の幅のある波長の光を分布させることができる。すなわち、基板1からの放出光としては可視領域にまんべんなく分布したスペクトルを持つ演色性の高い白色光が得られる。

10

【0053】

そしてEML5(第1有機薄膜5a~第4有機薄膜5d)の主面にも湾曲部群15がランダムに配置される。

【0054】

図2(D)を参照して、EL層20の各層の主面の湾曲部群15は、中間層8によって形成される。すなわちEL層20の成膜より先の工程で形成される中間層8の主面に予め複数の他の湾曲部群15A(湾曲部15Aa、15Ab、15Ac、15Ad)をランダムに形成しておく。尚図2(D)では湾曲面の状態を示すために湾曲部群15(湾曲部15a、15b、15c、15d)および他の湾曲部群15A(湾曲部15Aa、15Ab、15Ac、15Ad)を一行の横並びに示している。

20

【0055】

中間層8は薄膜でも絶縁耐量の高い透明樹脂が好適である。例えばアクリル樹脂などの紫外線硬化樹脂、ポリイミド、フッ素樹脂(例えばポリテトラフルオロエチレン(polytetrafluoroethylene: PTFE)、ポリパラキシレン樹脂などである。

【0056】

また、中間層8は、基板1の屈折率より大きく、第1電極2(ITO膜)屈折率(1.8~2.0)より小さい屈折率を有すると好適である。ここでは中間層8の屈折率を例えば1.7~1.8とする。

30

【0057】

この層にフォトリソグラフィ工程によるエッチングやインプリントを行うなどして他の湾曲部群15Aを形成する。

【0058】

そして中間層8の上に第1電極2が積層される。第2電極2はスパッタにより形成されたITO膜であり、その主面は中間層8の他の湾曲部群15Aの形状を反映し、これらに沿った湾曲面が形成される。

【0059】

そして、第2電極2上に積層されるEL層20の各層もそれぞれ中間層8の他の湾曲部群15Aの形状を反映し、これらに沿った湾曲面が形成される。

40

【0060】

また第2電極2上に設けられるEL層20も、各有機薄膜の主面はそれぞれ、中間層8の他の湾曲部群15Aの形状を反映し、これらに沿った湾曲面が形成される。

【0061】

つまり、図2(B)(C)で示した湾曲部群15は、それらの湾曲面を積層方向に重ねるようにして(同じ配置で)第1電極2、HIL3、HTL4、EML5および不図示のETL6のそれぞれの主面に形成されている(図2(D))。

【0062】

そして、EML5に形成された第1湾曲部15a~第4湾曲部15dの湾曲面(ハッチングで示す)はそれぞれ、第1有機薄膜5a~第4有機薄膜5dから発光する光の波長に

50

対応した曲率半径を有する。すなわち、EML5の第1湾曲部15aは、第1波長（例えばピーク波長：580nm（R））の整数倍の曲率半径を有する半球状であり、第2湾曲部15bは、第2波長（例えばピーク波長：530nm（G））の整数倍の曲率半径を有する半球状であり、第3湾曲部15cは第3波長（例えばピーク波長：450nm（B））の整数倍の曲率半径を有する半球状であり、第4湾曲部15dは第4波長（例えばピーク波長：550nm（Y））の整数倍の曲率半径を有する半球状である。尚、ここでは各湾曲部が半球状の場合を例に説明したので、それらの深さも対応する波長の整数倍である。ここで整数倍とは具体的には2倍以上とし、好適には5倍から20倍程度とする。また、各湾曲部の形状は半球状でなくてもよく、波長の整数倍の曲率半径の半球の一部を湾曲面に含む形状であってもよい。

10

【0063】

また、各波長の整数倍とは、各波長のピーク波長の整数倍に限らず、所定の波長帯域（バンド幅）を有する第1波長、第2波長、第3波長および第4波長の整数倍を意味する。従って、第1湾曲部15a～第4湾曲部15dの曲率半径もそれぞれの波長帯域（の整数倍）の範囲に対応した所定の範囲を持った値となる。

【0064】

つまり、EML5に設けられる第1湾曲部15a～第4湾曲部15dが、それぞれ赤（R）、緑（G）、青（B）、黄（Y）の波長の整数倍の曲率半径を有する湾曲面を形成するように、各層の成膜厚みを考慮して、中間層8の他の湾曲部群15Aを形成する。

20

【0065】

これらのことから、中間層8の他の湾曲部群15Aを構成する湾曲部15Aa～15Adの曲率半径は、一例として2 μ m～10 μ m程度の範囲で適宜選択される。また当然ながら中間層8の厚みは、形成される他の湾曲部群15Aの曲率半径を考慮して選択される。

【0066】

ただし、他の湾曲部群15Aの形状は半球状でなく半球の一部を含む湾曲面であってもよく、その場合は、中間層8の膜厚は、半球の曲率半径より小さい膜厚であってもよい。

【0067】

有機発光素子10を構成するEL層20の有機材料（EML5の有機材料）は有機溶剤や水に溶解する。従って、EML5を蒸着で成膜した後、蒸着装置から大気（空気）中に取り出して、湾曲部群15を形成するなどの工程を行うことは出来ない。

30

【0068】

従って、EML5に湾曲部群15を形成するには、予め第1電極2の形成までに所望の形状を有する下地を形成し、その上に有機材料を積層する必要がある。本実施形態ではこの下地となるものが所望の形状（他の湾曲部群15A）を形成した中間層8である。中間層8の樹脂材料はいわばフォトレジストのように空気中に取り出して、エッチング等の加工工程を行うことができ、これを用いることでEML5に所望の湾曲面を形成できる。

【0069】

図3は、有機発光素子10断面図である。尚図3においても湾曲部群15、15Aは一列に横並びに配置した状態で示すが、実際には図2（B）（C）の如く一列の横並びとは限らない。また、この図において各層の厚みは実際の厚みの比を示すものではない。

40

【0070】

既述の如く、湾曲部群15は、EML5と中間層8の間のHTL4、HIL3および第1電極2の主面にもランダムに配置される。更に、ETL6の主面も湾曲部群15が形成されるので、この上に設けられた第2電極7もETL6の影響でEL層20側が湾曲面となる。

【0071】

有機発光素子10は、基板1から外部に放出光が白色であるので、光取り出し効率（外部量子効率）を高めるために、白色光を生成する赤（R）、緑（G）、青（B）、黄（Y）の各波長に対応した適切な形状の第1湾曲部15a～第4湾曲部15dが設けられる。

50

具体的には E L M 5 の第 1 湾曲部 1 5 a ~ 第 4 湾曲部 1 5 d はそれぞれ、R, G, B, Y の各波長の整数倍の曲率半径の曲面を有する。E L M 5 以外の層にも相応の湾曲面が形成される。そして各層において近接し異なる曲率半径の 4 つ第 1 湾曲部 1 5 a ~ 第 4 湾曲部 1 5 d を 1 組として、湾曲部群 1 5 を構成し、(1 組の中のパターンは同じ) 湾曲部群 1 5 をランダムに配置する。

【 0 0 7 2 】

一例として 1 つの湾曲部群 1 5 (図 2 (A) (B) の破線の領域) のサイズを例えば $10 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 程度の面積とし、1 つの有機発光素子 1 0 の面積を $10 \text{mm} \times 20 \text{mm}$ とすると、発光領域 E R 内の湾曲部群 1 5 の数は平均して 1 0 0 0 個程度配置される。

【 0 0 7 3 】

赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) , 黄 (Y) の波長の整数倍からなる曲率半径の異なる第 1 湾曲部 1 5 a ~ 第 4 湾曲部 1 5 d を 1 つの湾曲部群 1 5 (1 セット) として、当該湾曲部群 1 5 が有機発光素子 1 0 の各有機薄膜および電極の主面にランダムに配置されてあると、E M L 5 の各有機薄膜 5 a ~ 5 d で発光した光は散乱・反射され、指向性の低い幅広い方向性を持つ光となる。このような光が基板 1 を介して外部に放出されることで、有機発光素子 1 0 のを高めることができる。

【 0 0 7 4 】

加えて湾曲部群 1 5 は第 1 電極 2 ではレンズ (凹レンズまたは凸レンズ) と同様に、また第 2 電極 7 ではミラー (凹面鏡または凸面鏡) と同様に作用する。

【 0 0 7 5 】

つまり、凹レンズ、凸レンズにより効果は異なるが、E M L 5 で発光した光の内、直接第 1 電極 2 (I T O 膜) を透過するものは、第 1 電極 2 の形状がレンズ状になっているため、発光した光は収束するか、発散する。

【 0 0 7 6 】

また、第 2 電極 7 (A 1 層) に向かう光はミラー状の第 2 電極 7 により反射される。その時凸面鏡、凹面鏡かによって反射した光の方向は異なるが、平行光線または、収束した光のいずれかとなる。

【 0 0 7 7 】

つまり、E M L 5 で発光した光は第 1 電極 2 と第 2 電極 7 間間で多重反射し、収束した平行光線 (定在波に近い光) または散乱光として第 1 電極 2 から基板 1 を介して外部に放出される。

【 0 0 7 8 】

放出光が収束した平行光線か散乱光のいずれかになるかは、湾曲部群 1 5 を構成する各湾曲部 1 5 a ~ 1 5 d の曲率半径と、それらの E M L 5 、第 1 電極 2 および第 2 電極 7 上における配置によって変化するが、いずれの場合も従来構造の有機発光素子 1 0 0 に比べて、取り出せる光の光束、つまり表面輝度が高められる。

【 0 0 7 9 】

湾曲部群 1 5 の湾曲面の曲率半径が各発光色の波長の整数倍でなく、例えば波長の 2 分の 1 の場合、湾曲面によって光は損失してしまう。従って、E M L 5 の湾曲部群 1 5 の湾曲面は第 1 有機薄膜 5 a ~ 第 4 有機薄膜 5 d のそれぞれの波長の整数倍の曲率半径を有し、且つ積層される各層においても光を減衰させない範囲を適宜選択して、中間層 8 の他の湾曲部群 1 5 A を形成する。

【 0 0 8 0 】

本実施形態の E M L 5 は、第 1 有機薄膜 5 a ~ 第 4 有機薄膜 5 d の積層構造であるので、これらの膜厚を考慮すると、E M L 5 内においても各層ごとに発光する波長の整数倍の曲率半径の湾曲面 (湾曲部群 1 5) をそれぞれ厳密に選択すること (全てを R, G, Y, B の各波長の整数倍にすること) は困難である。また、E M L 5 の各層で湾曲部群 1 5 (4 つの湾曲部) の湾曲面を厳密に波長の整数倍に選択できても、E M L 5 の上下の層 (E T L 6 、第 1 電極 2 および第 2 電極 7) では厳密には波長の整数倍になるとは限らない。

【 0 0 8 1 】

10

20

30

40

50

しかし、有機発光素子 10 内の各層に設けられた全ての湾曲部（第 1 湾曲部 15 a ~ 第 4 湾曲部 15 d）で光が（損失せずに）反射・散乱する必要はない。本実施形態では、EML5 内のいずれかの湾曲部で R, G, B, Y の光が効率よく散乱・反射すれば、外部量子効率を高めることができる。

【0082】

これに加えて、EML5 内の湾曲部と第 1 電極 2 との間で凹（凸）レンズが形成されるかあるいは EML5 内の湾曲部と第 2 電極 7 との間で凹（凸）面鏡が形成されることで同じく効率よく収束・散乱が起これば、外部量子効率をより高めることができる。

【0083】

また、EML5 の湾曲部群 15 の湾曲面の曲率半径を各波長の 10 倍 ~ 20 倍とすることで、すなわちその形状となるように中間層 8 の他の湾曲部群 15 A の湾曲面を例えば 2 μm ~ 15 μm 程度（好適には 5 μm ~ 10 μm 程度）の範囲で選択することで、中間層 8 の上に積層される各層の膜厚（EL 層 20 のトータルとしても 350 nm 程度）は誤差範囲といえることができ、反射・散乱の効果に対する影響はほとんどないといえる。

10

【0084】

HTL4 および ETL6 の膜厚を最適化して（上記の膜厚とする）光学調整し、更には有機発光素子 10 内に湾曲部群 15 をランダムに配置することにより、赤（R）、緑（G）、青（B）、黄（Y）の単色波長をもつ本実施形態の有機発光素子 10 では、EL 層の主面が平坦な従来構造（図 7、図 8）と比較して、表面輝度を高めることができる。具体的には実験用に作成した有機発光素子 10 では表面輝度は約 2 倍程度まで向上でき、外部量子効率は約 40% まで高めることが可能であった。

20

【0085】

また、EL 層 20 に設けられた湾曲部群 15 は、従来の EL 層が平坦な有機発光素子 100 と比較して、発光面の面積を増加させる。従ってその分、表面輝度の向上が図れ、それと同時に電力効率（lm/W）も高くなる。

【0086】

このように、有機発光素子 10 の内部の層に湾曲面を形成し、レンズやミラーと同様に作用させることで外部量子効率の改善を達成できる。特にこのような手法は、ディスプレイで使用される有機発光素子と比較して照明で使用される有機発光素子 10 において大きな利点がありうる。例えばディスプレイで使用する有機発光素子内にランダムにレンズが配置されると像を歪める原因となるが、照明に使用する有機発光素子では像の歪みは問題とならず、好適である。

30

【0087】

図 4 を参照して、本発明の第 2 の実施形態の有機発光素子 10 a について説明する。図 4 は有機発光素子 10 a の構造を示す断面図である。

【0088】

有機発光素子 10 a は、EML5 と基板 1 の間に、光散乱粒子層 17 が設けられてもよい。

【0089】

光散乱粒子層 17 は、ポリイミド等の透明樹脂材の樹脂層に光散乱粒子（例えば酸化チタン（Ti）など）17 p を含有（点在）させた層である。

40

【0090】

EML5 と基板 1 の間に、光散乱粒子層 17 を設けることで光取り出し効果は更に大きくなる。すなわち、EL 層 20 から出射された光が、光散乱粒子層 17 を通過するときに予め埋め込まれた散乱粒子に反射・散乱される。この結果、光の方向が指向性の低い、幅広い方向性を持って、すなわちランダムな方向を持って基板 1 に入射される。基板 1 の主面に入射する光が散乱し、ランバート反射するため、外部の空气中へ出射される光による表面の輝度は、視点の角度によらず略一定になる。つまり、観察者から見た基板 1 の放出面の明るさが、観察者の視点の角度にかかわらず略一定になり、また光束を増加させることができる。

50

【0091】

このように光散乱粒子層17による効果を利用し、光取り出し効率を向上させることは、有機発光素子を照明装置に用いる場合に効果が大きい。これにより例えば、一般照明用途にも適用できる表面輝度 $9000\text{cd}/\text{cm}^2$ を確保し、寿命2万時間の性能を実現することも可能となる。

【0092】

尚、他の湾曲部群15Aを有する中間層8に光散乱粒子17pを点在または密集させて中間層8を光散乱粒子層17としてもよい。

【0093】

更に、図示は省略するが、基板1の光の放出面にマイクロフィルムを貼り付けることにより、基板1での損失(従来構造では34%)を更に小さくすることが出来、表面輝度の向上を図ることができる。

10

【0094】

図5を参照して本発明の第3の実施形態の有機発光素子10bについて説明する。図5は有機発光素子10bの構造を示す断面図である。

【0095】

第1および第2の実施形態の第1湾曲部15a~第4湾曲部15dの形状は例えば凹状であったが、これに限らない。すなわち図5の如く、第1湾曲部15a~第4湾曲部15dの形状はこれを逆にした凸状であってもよく、同様の効果が得られる。

【0096】

図6を参照して、本発明の第4の実施形態として上記の有機発光素子を用いた照明装置50について説明する。

20

【0097】

照明装置50は、図1に示す有機発光素子10を複数配列してなる。図1(A)は1つの(要素単位の)有機発光素子10を示している。この要素単位をセルと称する場合もある。1つの有機発光素子(セル)10の面積は例えば $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 程度であるが、これを複数個(例えば行列状)に配置し、シール材の外側まで延在するそれぞれの第1引き出し配線11同士、および第2引き出し配線12同士を互いに電氣的に接続し、外部電源(不図示)と接続することにより、広い(例えば室内の天井と同程度の)面積で面発光する照明装置50が構成される。

30

【0098】

大型の白色照明装置50(パネル)を得るには、光源、すなわち有機発光素子10の(発光領域ERの)面積を広げる必要が有る。有機発光素子10では第1電極2であるITO膜の抵抗成分があるため、第1電極2の面積、すなわち発光領域ERの面積を広げすぎると発光領域ER内の輝度が不均一になる。つまり1つの有機発光素子10は、発光領域ERの輝度の均一性が維持できる限界の面積があり、これが1つの有機発光素子10(セルのサイズとなる。本実施形態ではこれが例えば $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 程度であるので、有機発光素子10を、複数直列または並列に電氣的に接続することで、大型の照明装置50を実現できる。

【0099】

再び図1および図3を参照して第1の実施形態の有機発光素子10の製造方法を説明する。

40

【0100】

図3を参照して、 0.5mm 程度の厚みのガラスあるいはプラスチックの基板1を準備し、その基板1上に、透明な中間層8を形成する。中間層8は例えば例えばアクリル樹脂などの紫外線硬化樹脂、ポリイミド、フッ素樹脂(例えばポリテトラフルオロエチレン(polytetrafluoroethylene: PTFE)、ポリパラキシレン樹脂などであり、一例として数 μm ~十数 μm 程度の膜厚に塗布する。中間層8の上記樹脂をスピンコートで形成する場合は、その厚みは $2\mu\text{m}$ ~ $3\mu\text{m}$ 程度とする。他の湾曲部群15Aの湾曲面が半球状でない(半球の一部を湾曲面に含む)場合は、湾曲部の曲率半径より小さい膜厚に形成され

50

てもよい。

【0101】

その後、フォトリソグラフィ工程によって中間層8をエッチングして発光領域ERに複数の他の湾曲部群15A(第1湾曲部15Aa~第4湾曲部15Ad)を形成する。第1湾曲部15a~第4湾曲部15dはあるいは金型に刻み込んだ凹凸を中間層8の主面に押し付けて形状を転写する技術(インプリント)を用いて形成してもよい。

【0102】

他の湾曲部群15Aの各湾曲部の形状は、後に形成されるEMLの主面に反映される湾曲面がEMLで発光されるR,G,B,Yの各波長の整数倍の曲率半径となるように適宜選択される。

【0103】

そして、それぞれ異なる曲率半径の湾曲面を有して近接する4つの湾曲部15Aa~15Adを1組として他の湾曲部群15Aを構成し、複数の湾曲部群15Aがランダムに発光領域ER内に配置されるようなパターンで中間層8の主面を加工する。

【0104】

その後、基板1の主面に膜厚300nmのAl/Moの積層金属膜を例えばスパッタ等により形成する。その後、フォトリソグラフィ工程によって積層金属膜を第1引き出し配線11および第2引き出し配線12の形状にパターンニングする(図1)。

【0105】

また、中間層8の上に例えばITO膜をスパッタにより100nmの膜厚に形成し、フォトリソグラフィ工程によって所望の形状(1セルの面積分)にパターンニングし、第1電極2を形成する。この時のサイズは、ITO膜の抵抗成分を考慮して発光領域ER内の輝度の均一性が維持できるサイズとする(図1参照)。

【0106】

他の湾曲部群15Aがランダムに配列された中間層8の上にスパッタによって形成されたITO膜主面は下地の他の湾曲部群15Aの形状を反映した形状を有する。

【0107】

その上に、膜厚10nmのHIL3、膜厚70nmのHTL4をそれぞれ真空蒸着して形成する。引き続き赤(R)、緑(G)、黄(Y)、青(B)の発光ドーパントをそれぞれ含む第1有機薄膜5a、第2有機薄膜5b、第4有機薄膜5d、第3有機薄膜5cをそれぞれの膜厚が30nmとなるように真空蒸着により順次成膜してEML5を形成し(図2(C)参照)、さらに膜厚30nmのETL6を真空蒸着してEML5上に積層してEL層20を形成する。

【0108】

HTL4とETL6は外部への光取り出し量を向上させるため膜厚が最適化され、光学調整されている。

【0109】

EL層20の各層の主面は、中間層8の他の湾曲部群15Aに沿った湾曲面が形成される。特に、EML5では、第1湾曲部15aはたとえば赤(R)の波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有し、第2湾曲部15bはたとえば緑(G)の波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有し、第3湾曲部15cはたとえば青(B)の波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有し、第4湾曲部15dはたとえば黄(Y)の波長の整数倍の曲率半径の湾曲面を有する。

【0110】

その後、膜厚150nmのAl層あるいはAg-Mg合金層を蒸着およびスパッタ形成する。これにより、図1および図3に示す有機発光素子10が得られる。

【0111】

また図4に示す第2の実施形態の有機発光素子10aの場合は、基板1上に予め光散乱粒子(たとえば酸化Ti)を埋め込んだ樹脂層(光散乱樹脂層)17を形成し、その上に既述の方法で中間層8を形成する。

10

20

30

40

50

【0112】

あるいは光散乱粒子を埋め込んだ中間層8を形成し、その主面に湾曲部群15をパターンニングしてもよい。

【0113】

更に、図示は省略するが、基板1の光の放出面にマイクロフィルムを貼り付けてもよい。これにより、基板1での損失を更に小さくすることが出来、表面輝度の向上を図ることができる。

【0114】

尚、上記の実施形態では赤(R)、緑(G)、青(B)、黄(Y)の各色を発光する有機薄膜を積層したEML5の場合を例に示したが、他の発光色の組合せによって基板1からの放出光が白色光となる場合、またEML5が白色発光する場合であっても同様に実施でき、同様に表面輝度の向上が見込める。

10

【0115】

また、EML5において第4有機薄膜5d(Y)を配置しなくてもよく、その場合は湾曲部群15は、赤(R)の波長の整数倍の曲率を有する第1湾曲部15a、緑(G)の波長の整数倍の曲率を有する第2湾曲部15bおよび青(B)の波長の整数倍の曲率を有する第3湾曲部15cを1組として構成する。但し第4有機薄膜5d(Y)を配置することで有機発光素子10からの放出光がより演色性の高い白色光となり、好適である。

【符号の説明】

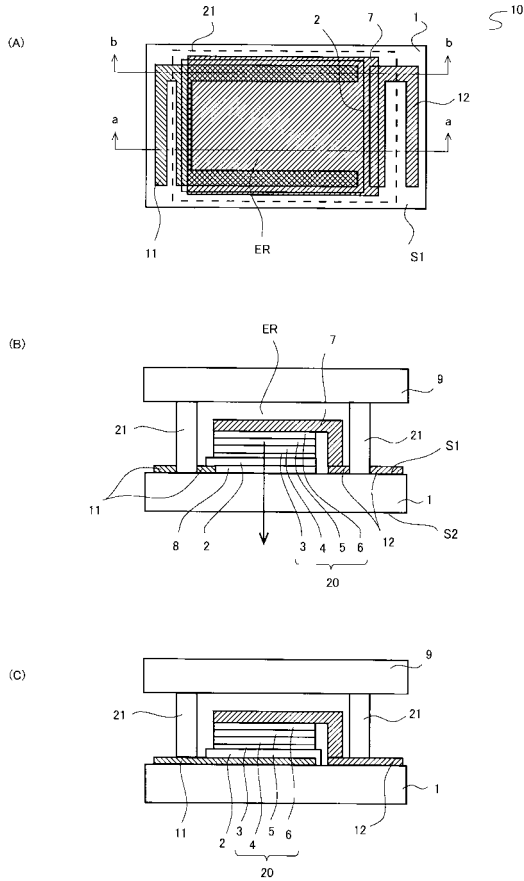
【0116】

20

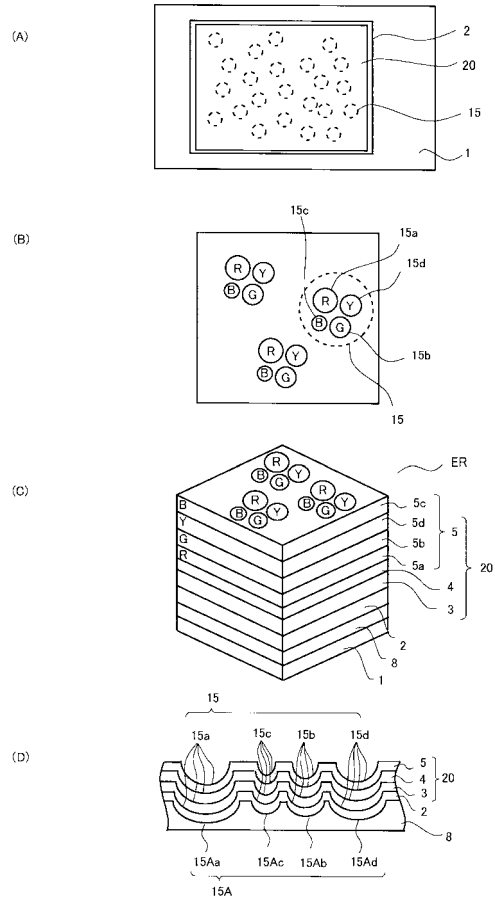
- 1 基板
- 2 第1電極
- 3 正孔注入層(HIL)
- 4 正孔輸送層(HTL)
- 5 発光層(EML)
- 5 a 第1有機薄膜
- 5 b 第2有機薄膜
- 5 c 第3有機薄膜
- 5 d 第4有機薄膜
- 6 電子輸送層(ETL)
- 7 第2電極
- 8 中間層
- 9 対向基板
- 10 有機発光素子
- 15、15 A 湾曲部群
- 15 a 第1湾曲部
- 15 b 第2湾曲部
- 15 c 第3湾曲部
- 15 d 第4湾曲部

30

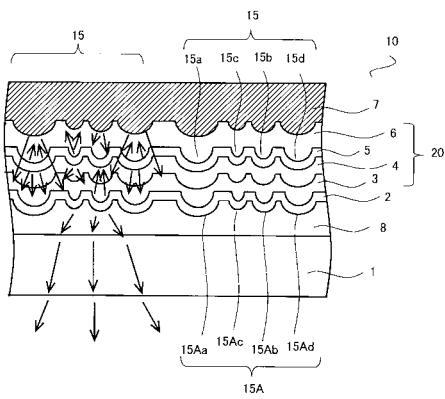
【 図 1 】



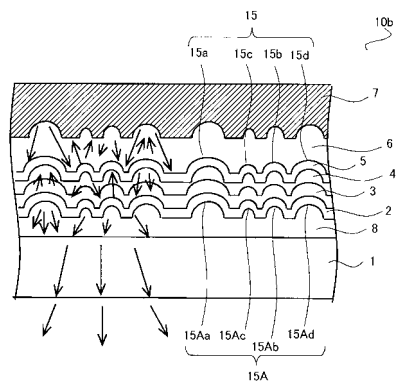
【 図 2 】



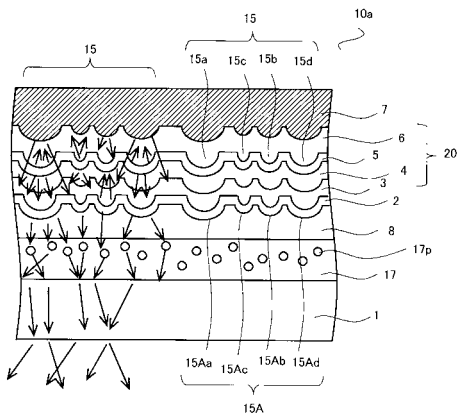
【 図 3 】



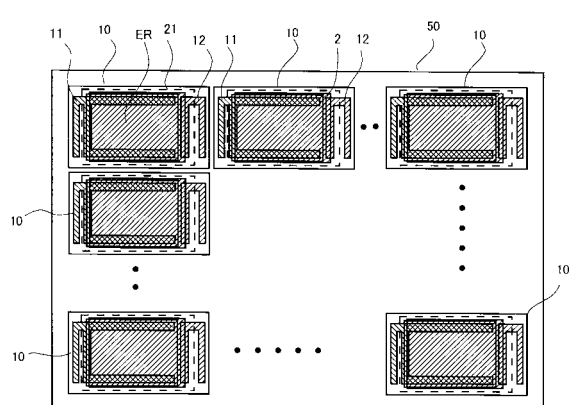
【 図 5 】



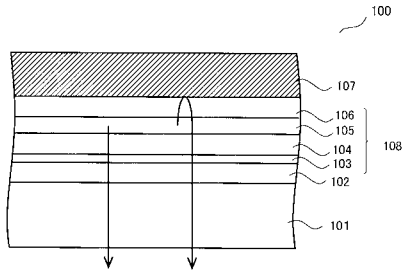
【 図 4 】



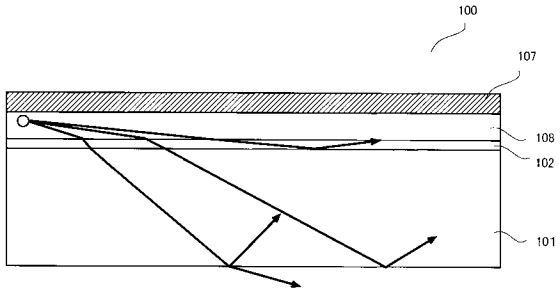
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 5 B 33/26

Z

テーマコード(参考)