

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6484648号
(P6484648)

(45) 発行日 平成31年3月13日(2019.3.13)

(24) 登録日 平成31年2月22日(2019.2.22)

(51) Int.Cl.	F I
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/26 Z
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A
H05B 33/02 (2006.01)	H05B 33/02
H05B 33/22 (2006.01)	H05B 33/22 Z

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-567352 (P2016-567352)	(73) 特許権者	501426046
(86) (22) 出願日	平成27年5月15日 (2015.5.15)		エルジー ディスプレイ カンパニー リ
(65) 公表番号	特表2017-516265 (P2017-516265A)		ミテッド
(43) 公表日	平成29年6月15日 (2017.6.15)		大韓民国 ソウル、ヨンドゥンポグ、ヨ
(86) 国際出願番号	PCT/KR2015/004927		ウィーテロ 128
(87) 国際公開番号	W02015/174797	(74) 代理人	110002077
(87) 国際公開日	平成27年11月19日 (2015.11.19)		園田・小林特許業務法人
審査請求日	平成28年12月5日 (2016.12.5)	(72) 発明者	リー、イェオン ケウン
(31) 優先権主張番号	10-2014-0058549		大韓民国 テジョン 305-738,
(32) 優先日	平成26年5月15日 (2014.5.15)		ユソング, ムンジロ, 188,
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		エルジー ケム リサーチ パーク
前置審査		(72) 発明者	ジャン, ソンス
			大韓民国 テジョン 305-738,
			ユソング, ムンジロ, 188,
			エルジー ケム リサーチ パーク
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 以上の第 1 電極、

前記第 1 電極に対向して備えられた第 2 電極、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極との間に備えられた少なくとも 5 層の発光層を含む有機物層、および

前記第 1 電極の上面、下面または側面上に備えられて前記第 1 電極と電気的に接続された網目構造の補助電極を含み、

前記補助電極の各網目は、有機発光素子のピクセルを形成し、

前記ピクセルの各々は、前記 2 以上の第 1 電極のうちの少なくとも 1 つの第 1 電極、前記第 2 電極、及び前記少なくとも 1 つの第 1 電極と前記第 2 電極との間に備えられた前記有機物層を備え、

前記第 1 電極の面抵抗は $5,000\ \Omega/\square$ 以上であり、前記第 1 電極の面抵抗といずれか一つの前記ピクセルの面積との積は、 $3,200\ \text{V cm}^2/\text{A}$ 以下であり、前記補助電極の面抵抗と前記有機発光素子の 2 以上のピクセルで構成される全体ピクセルの面積との積が、 $960\ \text{V cm}^2/\text{A}$ 以下であり、1 つのピクセルに含まれる第 1 電極と他のピクセルに含まれる第 1 電極との間の抵抗は、 $2,000\ \Omega$ 以上 $800,000\ \Omega$ 以下である有機発光素子。

【請求項 2】

10

20

前記補助電極の面抵抗が、 $3 \Omega / \square$ 以下である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 3】

前記補助電極の開口率が、 70% 以上である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 4】

各前記ピクセルの面積が、 0.01 mm^2 以上 0.64 cm^2 以下である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 5】

各前記ピクセルが、 $1,000$ 個以上 $1,000,000$ 個以下である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 6】

前記第 1 電極が、Nb系酸化物、Ti系酸化物、Zn系酸化物および導電性高分子からなる群から選択される 1 種以上を含む請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 7】

前記補助電極と前記有機物層との間に備えられた絶縁層をさらに含み、前記絶縁層の直径は、前記補助電極の線幅よりも $10 \mu\text{m}$ 以上大きい請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 8】

いずれか一つのピクセルと他の一つのピクセルとの輝度差が、 30% 以内である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 9】

前記有機発光素子の全体発光面積での輝度差が、 10% 以内である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 10】

2 以上の第 1 電極、

前記第 1 電極に対向して備えられた第 2 電極、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極との間に備えられた少なくとも 2 層の発光層を含む有機物層、および

前記第 1 電極の上面、下面または側面上に備えられて前記第 1 電極と電氣的に接続された網目構造の補助電極を含み、

前記補助電極の各網目は、有機発光素子のピクセルを形成し、

前記ピクセルの各々は前記 2 以上の第 1 電極のうちの少なくとも 1 つの第 1 電極、前記第 2 電極、及び前記少なくとも 1 つの第 1 電極と前記第 2 電極との間に備えられた前記有機物層を備え、

前記第 1 電極の面抵抗は $5,000 \Omega / \square$ 以上であり、

前記第 1 電極の面抵抗といずれか一つの前記ピクセルの面積との積は、 $1,600 \text{ V cm}^2 / \text{A}$ 以下であり、

前記補助電極の面抵抗と前記有機発光素子の全体ピクセルの面積との積が、 $480 \text{ V cm}^2 / \text{A}$ 以下であり、

1 つのピクセルに含まれる第 1 電極と他のピクセルに含まれる第 1 電極との間の抵抗は、 $2,000 \Omega$ 以上 $800,000 \Omega$ 以下である有機発光素子。

【請求項 11】

前記の各ピクセルが、色温度 $2,000 \text{ K}$ 以上 $12,000 \text{ K}$ 以下の白色光を発光する請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 12】

前記第 1 電極の有機物層が備えられる面と対向する面に備えられた基板をさらに含み、前記基板と前記第 1 電極との間に備えられた光散乱層をさらに含み、

前記光散乱層が、平坦層を含む請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 13】

前記第 1 電極の有機物層が備えられる面と対向する面に備えられた基板をさらに含み、

前記基板の第 1 電極が備えられる面と対向する面に光散乱層をさらに含む請求項 1 に記載の有機発光素子。

10

20

30

40

50

【請求項 1 4】

前記有機発光素子が、フレキシブル (flexible) 有機発光素子である請求項 1 に記載の有機発光素子。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本明細書は、2014年5月15日付けで韓国特許庁に提出された韓国特許出願第10-2014-0058549号の出願日の利益を主張し、その内容のすべてが本明細書に含まれる。

【0002】

10

本明細書は、有機発光素子に関するものである。

【背景技術】**【0003】**

有機発光現象とは、有機物質を用いて電気エネルギーを光エネルギーに転換する現象をいう。つまり、アノードとカソードの間に適切な有機物層を位置させたとき、二つの電極間に電圧をかけると、陽極では正孔が、カソードでは電子が前記有機物層に注入される。この注入された正孔と電子がで会った時に励起子 (exciton) が形成され、この励起子が再び基底状態に落ちる時に光を生成する。

【0004】

アノードとカソードの間隔が小さいため、有機発光素子は、短絡欠陥を有するようになりやすい。ピンホール、亀裂、有機発光素子の構造での段 (step) とコーティングの表面粗さ (roughness) 等によりアノードとカソードが直接接触し得るようになったり、または有機層の厚さが、上記の欠陥エリアでは、より薄くなり得る。これらの欠陥エリアは、電流が流れるようにする低抵抗経路を提供し、有機発光素子を通じて電流がほとんど、あるいは極端な場合には全く流れないようにする。これにより、有機発光素子の発光出力が減少したり、なくなることになる。多重画素のディスプレイ装置では、短絡欠陥が光を放出しないか、または平均光強度未満の光を放出する死んだ画素を生成させ、表示品質を低下させ得る。照明や他の低解像度の用途では、短絡欠陥によって該当区域内のかなりの部分が動作しないことがあり得る。短絡欠陥に対する懸念から、有機発光素子の製造は、たいていクリーンルームで行われる。しかし、いくら清浄な環境であっても、短絡欠陥をなくすには効果的とはいえない。多くの場合には、二つの電極間の間隔を増加させて短絡欠陥の数を減らすために、有機層の厚さを、装置を動作させるのに実際に必要なものよりも多く増加させたりする。このような方法は、有機発光素子の製造コストを追加させることになり、さらに、これらの方法では、短絡欠陥を完全に除去することができない。

20

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】韓国公開特許公報第10-2006-0130729号 (2006.12.19公開)

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

40

【0006】

本発明者らは、短絡欠陥を発生させ得る要因がある場合、つまり短絡欠陥が発生した場合でも、通常の範囲で動作が可能な有機発光素子及びそ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】**

本明細書の一実施態様は、第1電極;前記第1電極に対向して備えられた第2電極;前記第1電極及び前記第2電極との間に備えられた発光層を含む1層以上の有機物層;および前記第1電極の上面、下面または側面上に設けられて前記第1電極と電氣的に接続された網目構造の補助電極を含み、

50

前記補助電極の網目は、前記有機発光素子のピクセルを形成し、

前記第1電極の面抵抗は $5000\Omega/\square$ 以上であり、前記第1電極の面抵抗といずれか一つの
前記ピクセルの面積との積は、 $3,200\text{Vcm}^2/\text{A}$ 以下である有機発光素子を提供する。

【0008】

本明細書の一実施態様は、前記有機発光素子を含むディスプレイ装置を提供する

【0009】

本明細書の一実施態様は、前記有機発光素子を含む照明装置を提供する。

【発明の効果】

【0010】

本明細書の有機発光素子は、基板自体の欠陥に因る短絡が発生した場合であっても、有機
発光素子の機能を正常に保つことができる。 10

【0011】

また、本明細書の有機発光素子は、短絡発生地点の面積の大きさが増加しても、漏れ電
流量が増加することなく、安定した動作が可能である。

【0012】

また、本明細書の有機発光素子は、短絡が発生した領域の周囲の発光強度が低くなるこ
とを防止し得る。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本明細書の一実施態様による有機発光素子において、第1電極と補助電極が備え
られた状態を示した図である。 20

【図2】金属製の補助電極で短絡発生地点までの抵抗値を計算するための過程を示した図
である。

【図3】第1電極の面抵抗による補助電極から短絡地点までの抵抗値を示したグラフであ
る。

【図4】実施例1-1に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

【図5】実施例1-1に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sw
EEPを行った結果を示したグラフである。

【図6】実施例1-2に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

【図7】実施例1-2に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sw
EEPを行った結果を示したグラフである。 30

【図8】実施例1-3に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

【図9】実施例1-3に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sw
EEPを行った結果を示したグラフである。

【図10】実施例1-4に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである

。

【図11】実施例1-4に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV
sweepを行った結果を示したグラフである。

【図12】実施例1-5に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである

。

【図13】実施例1-5に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV
sweepを行った結果を示したグラフである。 40

【図14】電圧降下が最も大きく発生する領域を導出するための過程を示した図である。

【図15】2層～5層の発光層を含む有機発光素子のそれぞれの電流密度を測定したグラフ
である。

【図16】電圧降下による有機発光素子の輝度減少率を示したグラフである。

【図17】電圧降下による有機発光素子の輝度減少率を示したグラフである。

【図18】0.2Vの電圧降下時の、有機発光素子の輝度減少率を示したグラフである。

【図19】0.1Vの電圧降下時の、有機発光素子の輝度減少率を示したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本明細書に対してさらに詳細に説明する。

【0015】

本明細書で、ある部材が他の部材「上に」位置としているという場合、これはある部材が他の部材に接している場合だけでなく、両方の部材の間に別の部材が存在する場合も含む。

【0016】

本明細書で、ある部分が何かの構成要素を「含む」という場合、これは特に否定する記載がない限り、他の構成要素を除外するのではなく、他の構成要素を含むことができることを意味する。

10

【0017】

本明細書の一実施態様は、第1電極;前記第1電極に対向して備えられた第2電極;前記第1電極及び前記第2電極との間に備えられた発光層を含む1層以上の有機物層;および前記第1電極の上面、下面または側面上に設けられて前記第1電極と電気的に接続された網目構造の補助電極を含み、

前記補助電極の網目は、前記有機発光素子のピクセルを形成し、前記第1電極の面抵抗は $5000\Omega/\square$ 以上であり、前記第1電極の面抵抗といずれか一つの前記ピクセルの面積との積が $3,200\text{Vcm}^2/\text{A}$ 以下である有機発光素子を提供する。

【0018】

本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極の面抵抗は、 $10,000\Omega/\square$ 以上であり得る。

20

【0019】

本明細書で面抵抗の単位は、 $\Omega/\square$ で表記する。ただし、面抵抗の単位で $\square$ は面抵抗を示すための表示であるだけなので、面抵抗を含む計算の過程で面抵抗の単位は Ω でのみ計算し、導出された結果から $\square$ は除外した。

【0020】

本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極は、一つの連続的な単位で備えられ得る。ここで、前記補助電極は、前記第1電極の上面または下面上に備えられ得る。

【0021】

具体的には、本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極は、面抵抗が $5000\Omega/\square$ 以上である単一層であり得る。つまり、本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極は、高抵抗を持つための追加の層が備えられないことがあり得る。

30

【0022】

図1は、本明細書の一実施態様による有機発光素子において、第1電極と補助電極が備えられた状態を示したものである。具体的には、基板上に第1電極として透明電極が具備され、透明電極上に網目構造の金属補助電極が具備され、前記金属補助電極の枠領域は、外部電源が印加される金属枠電極が備えられたことを示した図である。

【0023】

また、本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極は、互いに離隔した2以上の導電性のユニットで備えられ得る。ここで、前記補助電極は、それぞれの導電性ユニットの上面、下面または側面上に備えられ得る。具体的には、前記第1電極が互いに離隔した2以上の導電性のユニットで備えられる場合、前記補助電極は、それぞれの導電性ユニットの側面上に備えられ得る。

40

【0024】

短絡欠陥は、第2電極が直接第1電極に接触している場合に発生し得る。または、第1電極と第2電極との間に位置する有機物層の厚さの減少または変性などによって有機物層が機能を喪失して、第1電極と第2電極が接触する場合にも発生し得る。短絡欠陥が発生した場合、有機発光素子の電流に低い経路を提供し、有機発光素子が正常に動作することがないようにし得る。短絡欠陥によって、第1電極から第2電極に直接電流が流れる漏れ電流によって有機発光素子の電流は、無欠陥領域を避けて流れることができる。これは、有機発

50

光素子の発光出力を減少させ得、多くの場合に、第1電極と第2電極との間の電圧が有機物のしきい値電圧よりも低くなって有機発光素子が動作しないことがあり得る。また、広い面積の有機物に分散して流れていた電流が短絡発生地点に集中して流れるようになると、局部的に高い熱が発生するようになって、素子が割れたり、火災が発生する危険性がある。

【0025】

本明細書の一実施態様による有機発光素子は、高い面抵抗値を有する第1電極を含むので、前記有機発光素子のピクセルに短絡欠陥が発生した場合、すべての電流が短絡欠陥領域に集中して有機発光素子全体が駆動しないことを防止し得る。

【0026】

本発明者らは、短絡欠陥が発生した場合、有機発光素子が正常に動作し得るようにし得る要素を見つけるための努力した結果、第1電極の面抵抗値を高めて有機発光素子を製造する場合、短絡欠陥が発生した場合にも有機発光素子が正常に動作し得るということを発見した。

【0027】

具体的には、短絡欠陥領域の低い抵抗による漏れ電流を効果的に制御し得る第1電極の面抵抗値を導出するために、下記のように実験を行った。

【0028】

面抵抗が R_{surf-t} である第1電極上に直径 $2a$ 、抵抗 0Ω の金属補助電極が円形のピクセルを形成するように備えられており、その中央に直径 $2b$ の大きさの短絡が発生したと仮定した。また、有機物層からの電流は、短絡領域の漏れ電流に比べて極少量であるため考慮しなかった。ここで、金属補助電極から短絡発生地点までの抵抗値を計算し、それを導出するための式は下記の通りである。また、図2は、金属補助電極から短絡発生地点までの抵抗値を計算するための過程を示したものである。

【0029】

半径 r 地点から半径 $r-dr$ 地点まで電流が流れるときの抵抗は、 dr が十分に小さい場合、図2に示すように幅が $2\pi r$ であり、長さが dr である長方形の抵抗値 $R_{segment\#1}$ と同じである。したがって、それぞれのsegmentを積分すると下記のような式を導出し得る。

【0030】

$$R_{(a \rightarrow b)} = R_{segment\#1} + R_{segment\#2} + \dots + R_{segment\#?}$$

$$= \int_b^a R_{surf-t} \times \frac{dr}{2\pi r} = \frac{R_{surf-t}}{2\pi} [\ln r]_b^a$$

【0031】

前記補助電極から短絡地点までの抵抗は、短絡地点の大きさによって大きな影響を受けるということを意味し得る。また、前記式の変数の中で第1電極の面抵抗が最も重要な変数であることを確認し得る。図3は、第1電極の面抵抗による補助電極から短絡地点までの抵抗値を示したものである。具体的には、図3は図2の構成において、 a は $400\mu m$ で、 b は $1\mu m$ の場合の第1電極の面抵抗による補助電極から短絡地点までの抵抗値を示した。

【0032】

図3に示すように、第1電極の面抵抗値が短絡発生時の漏れ電流を制御し得る変数であることを確認し得る。

【0033】

本明細書の一実施態様によれば、短絡発生地点の大きさ、第1電極の面抵抗値とピクセルの面積が重要な変数であり、ピクセルの形状は、漏れ電流に大きな影響を与えない。

【0034】

前記ピクセルの形態に係る漏れ電流量に大きな違いが出ない点を確認するために下記のような実験を行った。

【 0 0 3 5 】

具体的には、補助電極に印加する電圧が8Vで、第1電極の面抵抗が $1000 \Omega / \square$ であり、円形の短絡領域の直径は $18.5 \mu\text{m}$ で、短絡発生地点は、ピクセルの中央である場合、直径 $500 \mu\text{m}$ の円形ピクセルでの漏れ電流値は 0.015A であり、一辺の長さが $500 \mu\text{m}$ の正方形ピクセルでの漏れ電流は 0.0144A であった。前記実験の結果から、ピクセルの形態による漏れ電流値は大きな違いを示さないことが分かる。

【 0 0 3 6 】

また、本発明者らは、一辺の長さが $500 \mu\text{m}$ の正方形のピクセルで、補助電極に印加する電圧を8Vとし、第1電極の面抵抗が $10,000 \Omega$ であり、直径 $18.5 \mu\text{m}$ の円形の短絡領域が発生する場合、効果的に漏れ電流が制御されることを確認した。具体的には、短絡発生地点が中央に1つある場合、漏れ電流は 0.0014A に制御され、短絡発生地点が中央に二つある場合、漏れ電流は 0.0033A に制御されており、短絡発生地点が補助電極付近にある場合、漏れ電流は 0.0027A に制御された。

【 0 0 3 7 】

有機発光素子において、輝度の不均一は、電圧降下 (IR drop) 現象によって発生し、電圧降下が最も大きく発生する領域は、通常の領域に比べて低い輝度を示し、全体の有機発光素子の効率を低下させ得る。さらに、相対的に高い輝度で発光する領域の有機物が他の領域よりも寿命が短くなるリスクも大きい。したがって、電圧降下が最も大きく発生する領域を調べ、有機発光素子の効率を低下させない範囲で電圧降下を制御することが必要である。

【 0 0 3 8 】

したがって、本発明者らは、有機発光素子全体の面積で輝度の不均一が発生する変数を探すために、下記のような実験を行った。

【 0 0 3 9 】

カソードの面抵抗は、0に十分に低く、正方形の形態の第1電極の金属棒電極でのIR dropは0であり、有機物層のIV特性は、電圧の変化に関係なく一定の電流値を有すると仮定した有機発光素子で、有機発光素子の動作電流を $A_{\text{org-act}}$ 、第1電極の補助電極の面抵抗を $R_{\text{surf-m}}$ とした場合、各4つの金属棒電極に入力する電流が、図14に示すように、それぞれの三角形領域の有機物層に電流を供給すると仮定して、電圧降下が最も大きく発生する領域を導出した。

【 0 0 4 0 】

図14は、電圧降下が最も大きく発生する領域を導出するための過程を示した図である。

【 0 0 4 1 】

図14で、各三角形に流れる電流量は、 $A_{\text{org-act}}/4$ であり、補助電極の面抵抗が $R_{\text{surf-m}}$ の場合のx地点での電圧降下を計算した。

【 0 0 4 2 】

具体的には、x地点を流れる電流量 (A_x) は、下記の通りである。

【 0 0 4 3 】

金属棒電極から出発して、第1電極の中心部に流れる電流が第1電極全体の面積に比べ移動した面積の比だけ有機物層を介して抜け出したと仮定した。

【 0 0 4 4 】

$$A_x = \left(A_{\text{org-act}} - A_{\text{org-act}} \frac{a^2 - l^2}{a^2} \right) = A_{\text{org-act}} \frac{4l^2}{a^2}$$

【 0 0 4 5 】

また、dx区間の抵抗値は、下記の通りである。

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

$$R_{dx} = \frac{R_{surf-m}}{4l} dx$$

$$l = 2\left(\frac{a}{2} - x\right) \quad ; (a:l = \frac{a}{2} : \frac{a}{2} - x)$$

【 0 0 4 7 】

さらに、金属枠電極からx地点までの電圧降下 ($V_{IR-drop}$) の値は、下記の通りである。

【 0 0 4 8 】

10

$$V_{IRdrop} = \int_0^x A_{org-act} \times \frac{l^2}{a^2} \times \frac{R_{surf-m}}{4l} dx$$

$$= \frac{A_{org-act} \times R_{surf-m}}{2a^2} \times \left[\frac{a}{2}x - \frac{1}{2}x^2 \right]_0^x$$

【 0 0 4 9 】

前記式で、電圧降下が最も大きく発生する領域は、 $x=1/2$ 地点であり、これは下記の式のとおりである。

20

【 0 0 5 0 】

$$\frac{1}{16} \times R_{surf-m} \times A_{org-act}$$

【 0 0 5 1 】

本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子の全体発光面積での輝度差は10%以内であり得る。具体的には、全体の発光面積で輝度差が10%以上の場合には、肉眼で輝度差が認識され得るので、輝度差を10%以内に管理することが重要である。

【 0 0 5 2 】

30

前記輝度差は、短絡欠陥が発生していない場合、いずれかひとつのピクセルの輝度と、もう一つのピクセルの輝度の差を意味し得る。また、前記輝度差は、短絡欠陥が発生した場合、短絡欠陥ピクセルを除くいずれか一つのピクセルの輝度と、もう一つのピクセルの輝度の差を意味し得る。

【 0 0 5 3 】

具体的には、本明細書の一実施態様によれば、前記輝度差は、輝度減少率と同じ意味であり得、輝度減少率は以下のように計算し得る。

【 0 0 5 4 】

輝度減少率 = (IR dropによる単位面積当たりの有機物層の電流 / 正常 (基準) 電圧での単位面積当たりの有機物層の電流) $\times 100\%$

40

【 0 0 5 5 】

前記輝度減少率は、有機物層での発光する光の輝度は、有機物層の電流値に比例するため、有機物での電流値で計算した。

【 0 0 5 6 】

図15は、2層～5層の発光層を含む有機発光素子それぞれの電流密度を測定したグラフである。

【 0 0 5 7 】

図15の発光層の数による電流密度の値を用いて、電圧降下による有機発光素子の輝度減少率を導出した。

【 0 0 5 8 】

50

図16及び図17は、それぞれ電圧降下による有機発光素子の輝度減少率を示した図である。具体的には、2層の発光層を含む有機発光素子の場合、0.03Vの電圧降下によって約10%の輝度低下が発生することが分かる。また、5層の発光層を含む有機発光素子の場合、0.06Vの電圧降下によって約10%の輝度低下が発生することが分かる。

【0059】

本明細書の一実施態様によれば、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で前記補助電極による全体の有機発光素子での輝度減少率を10%以下に維持するためには、電圧降下を0.06V以下に管理しなければならない。具体的には、電圧降下を0.06V以下に管理する場合の発光層は、5層以上であり得る。

【0060】

10

より具体的には、本明細書の一実施態様によれば、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で前記補助電極による全体の有機発光素子での輝度減少率を10%以下に維持するためには、電圧降下を0.03V以下に管理しなければならない。具体的には、電圧降下を0.03V以下に管理する場合の発光層は、2層以上であり得る。

【0061】

前記の条件を満足する補助電極の面抵抗の範囲は、下記の式で導出が可能である。

【0062】

$$A_{org_act}(A) = \frac{S_{act}(cm^2) \times J(mA/cm^2)}{1000(mA/A)}$$

20

【0063】

さらに、電圧降下を0.03Vに管理するための補助電極の面抵抗の範囲は、以下のように導出し得る。

【0064】

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_m}(\Omega/\square) \times A_{org_act}(A) < 0.03(V)$$

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_m}(\Omega/\square) \times \frac{S_{act}(cm^2) \times J(mA/cm^2)}{1000(mA/A)} < 0.03(V)$$

30

【0065】

これを整理すると、下記の通りである。ここで、電流密度は、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ と仮定した。

【0066】

$$R_{surf_m}(\Omega/\square) \times S_{act}(cm^2) < 480(Vcm^2/A)$$

【0067】

また、電圧降下を0.06Vに管理するための補助電極の面抵抗の範囲は、以下のように導出し得る。

【0068】

40

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_m}(\Omega/\square) \times A_{org_act}(A) < 0.06(V)$$

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_m}(\Omega/\square) \times \frac{S_{act}(cm^2) \times J(mA/cm^2)}{1000(mA/A)} < 0.06(V)$$

【0069】

これを整理すると、下記の通りである。ここで、電流密度は、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ と仮定した。

【0070】

$$R_{surf_m}(\Omega/\square) \times S_{act}(cm^2) < 960(Vcm^2 / A)$$

【 0 0 7 1 】

本明細書では、 A_{org_act} は、有機発光素子の動作電流(A)であり、 A_{org_cell} は一つのピクセルでの有機物層の動作電流(A)であり、 R_{surf_t} は、第1電極の面抵抗($\Omega/\square$)であり、 R_{surf_m} は補助電極の面抵抗($\Omega/\square$)であり、 S_{act} は、有機発光素子全体の発光面積(cm^2)であり、 S_{cell} ：一つのピクセルの面積(cm^2)であり、 J は、有機発光素子の動作電流密度(mA/cm^2)である。

【 0 0 7 2 】

10

本発明者らは、有機発光素子のピクセルの大きさが十分に小さい場合、ピクセル内に位置する第1電極での輝度不均一は、目視では確認することができないことを発見した。したがって、第1電極に求められる面抵抗の上限値では、輝度の均一性よりは効率低下の水準が重要であり得ることを発見した。

【 0 0 7 3 】

それで、本発明者らは、第1電極の面抵抗上限値を導出するために下記のようなシミュレーションを行った。

【 0 0 7 4 】

第1電極の面積を $840 \times 840 \mu m^2$ に形成して、5層の発光層を含む有機発光素子を適用した。前記有機発光素子に $1mA/cm^2$ の電流を注入したときの第1電極での位置別IR dropおよび効率低下を計算した。

20

【 0 0 7 5 】

シミュレーションの方法は、下記の通りである。前記有機発光素子の第1電極の領域を 5×5 個の仮想のピクセルに分けて、 5×5 ピクセルの外側の枠領域は、補助電極によって等電位になると仮定して、補助電極に任意の電圧値を印加した後、第1段階として、各ピクセルで形成された電圧値によって有機物層の方向に抜けていく電流を決定し、第2段階として、この電流の流れによって、第1電極の仮想の各ピクセルで発生したIR dropを第1電極の面抵抗値を用いて計算した。第1段階と第2段階の結果が互いの結果に影響を与えるため、平衡状態に達するまで、各段階を十分な回数だけ繰り返し計算した。各ピクセルで形成された電圧値(補助電極に印加した電圧-該当ピクセルのIR drop)によって有機物層方向に抜けていく電流値は、図15に示した実際に製作して測定した5stack素子のJV dataを用いて決定した。前記のシミュレーションを介して第1電極の面抵抗値の変化に応じて、同じ動作電流で素子を動作させるために必要な動作電圧と、その時の第1電極の位置別IR dropに対する結果を得、IR drop dataをもとに輝度減少率などを計算した。前記のシミュレーションで計算された仮想の 5×5 個のピクセルのIR drop値の最大値と最小値の差を、下記の表1の「第1電極内の最大電圧差」に整理した。輝度の均一性(Uniformity)は、各仮想ピクセルの最大電流値を A_{max} とし、最小電流値を A_{min} としたとき $(1 - (A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min}))$ の計算式を使用した。シミュレーションの「輝度減少率」は、 $1 - (A_{min} / A_{max})$ で計算した。

30

【 0 0 7 6 】

40

また、前述した計算式で計算した第1電極内の最大電圧差(V)を、以下の表1に整理した。

【 0 0 7 7 】

【表 1】

	シミュレーションの結果					前述した計算方式による結果
第1電極の面抵抗 ($\Omega/\square$)	動作電圧 (V)	第1電極内の最大電圧差 (V)	効率の減少	輝度の均一性 (uniformity)	輝度減少率	第1電極内の最大電圧差 (V)
10,000	13.3	0.004	0.1%	99.7%	0.6%	0.004
50,000	13.3	0.021	0.2%	98.4%	3.1%	0.022
100,000	13.4	0.041	0.3%	96.9%	6.0%	0.044
300,000	13.4	0.117	0.7%	91.2%	16.2%	0.131
500,000	13.5	0.180	1.1%	86.1%	24.4%	0.219
1,000,000	13.6	0.320	2.0%	75.4%	39.5%	0.438

10

【0078】

前記シミュレーションと計算式の結果との最も大きな違いは、電圧の変化に応じて、有機物層の電流密度の変化を反映するかどうかである。これによる誤差発生を最小限に抑えて結果を予測するためにシミュレーションを行った。前記のシミュレーションは、各ピクセルでの有機物層の電流値が異なることが適用された。前記表1は、第1電極内での電圧降下に起因する有機物の電流密度の変化も反映した結果を得ることできるが、それによって、素子の動作電圧の上昇水準を予測できる。

20

【0079】

前記シミュレーションと同様に行った結果、第1電極の面抵抗が $10\text{k}\Omega/\square$ 以下である場合には、 $10\text{k}\Omega/\square$ とほぼ同じ値が測定された。

【0080】

前記表1で、面抵抗が低い場合、第1電極に $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流を流すためには、約13.3Vの電圧が補助電極に印加されなければならないのに対し、面抵抗が $1\text{M}\Omega/\square$ である場合には、約13.6Vの電圧が補助電極に印加されなければならない。つまり、同じ電流を得るために、約2%高い電圧が必要なので、結局、第1電極の面抵抗が $1\text{M}\Omega/\square$ である場合、 $10\text{k}\Omega/\square$ のときよりも約2%のエネルギー効率の減少が発生することが分かる。これに反して、輝度減少率は、40%水準で、エネルギー効率に比べて輝度の減少による輝度均一性 (uniformity) の変化がさらに大きな幅で発生することを確認することができる。

30

【0081】

有機発光素子で輝度差が30%以上発生した場合、明るい領域と暗い領域間の寿命に有意なレベルの差が発生し、有機発光素子自体の寿命に影響を発生させる危険性が高い。

【0082】

図15での2層～5層の発光層を含む有機発光素子のそれぞれの電流密度を測定したグラフを用いて、0.1Vおよび0.2Vそれぞれの電圧差で発生する輝度の減少率を確認できる。

40

【0083】

図18は、0.2Vの電圧降下時の、有機発光素子の輝度減少率を示したものである。

【0084】

図19は、0.1Vの電圧降下時の、有機発光素子の輝度減少率を示したものである。

【0085】

前記図18及び図19に示したように、0.2Vの電圧降下時に5層の発光層を含む有機発光素子の場合、約30%の輝度低下が発生していることを確認できる。また、0.1Vの電圧降下時に2層以上の発光層を含む有機発光素子の場合、約30%の輝度低下が発生していることを

50

確認できる。

【 0 0 8 6 】

各ピクセルでの電圧降下を0.1Vに管理するための第1電極の面抵抗値の上限値は、下記のように導出し得る。

【 0 0 8 7 】

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_t} (\Omega / \square) \times A_{org_cell} (A) < 0.1(V)$$

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_t} (\Omega / \square) \times \frac{S_{cell} (cm^2) \times J (mA / cm^2)}{1000 (mA / A)} < 0.1(V)$$

10

【 0 0 8 8 】

これを整理すると、下記の通りである。ここで電流密度は、 $1mA/cm^2$ と仮定した。

【 0 0 8 9 】

$$R_{surf_t} (\Omega / \square) \times S_{cell} (cm^2) < 1,600 (Vcm^2 / A)$$

【 0 0 9 0 】

各ピクセルでの電圧降下を0.2Vに管理するための第1電極の面抵抗値の上限値は、下記のように導出し得る。

20

【 0 0 9 1 】

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_t} (\Omega / \square) \times A_{org_cell} (A) < 0.2(V)$$

$$\frac{1}{16} \times R_{surf_t} (\Omega / \square) \times \frac{S_{cell} (cm^2) \times J (mA / cm^2)}{1000 (mA / A)} < 0.2(V)$$

【 0 0 9 2 】

これを整理すると、下記の通りである。ここで電流密度は、 $1mA/cm^2$ と仮定した。

【 0 0 9 3 】

$$R_{surf_t} (\Omega / \square) \times S_{cell} (cm^2) < 3,200 (Vcm^2 / A)$$

30

【 0 0 9 4 】

本明細書の一実施態様によれば、 $1mA/cm^2$ の電流密度で前記補助電極の面抵抗と前記有機発光素子の全体ピクセルの面積との積は、 $960Vcm^2 / A$ 以下であり得る。

【 0 0 9 5 】

本明細書の一実施態様によれば、前記補助電極の面抵抗は $3\Omega / \square$ 以下であり得る。

【 0 0 9 6 】

本明細書の一実施態様によれば、前記補助電極の開口率は70%以上であり得る。

【 0 0 9 7 】

本明細書の一実施態様によれば、前記ピクセルの面積は $0.01mm^2$ 以上 $0.64cm^2$ 以下であり得る。

40

【 0 0 9 8 】

本明細書の一実施態様によれば、前記ピクセルは、1,000個以上1,000,000個以下であり得る。

【 0 0 9 9 】

本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極は透明電極であり得る。具体的には、本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極は、Nb系酸化物、Ti系酸化物、Zn系酸化物および導電性高分子からなる群から選択される1種以上を含むものであり得る。

【 0 1 0 0 】

50

本明細書の一実施態様によれば、前記Nb系酸化物は、 NbO_x であり得る。

【0101】

本明細書の一実施態様によれば、前記Ti系酸化物は、 TiO_x であり得る。

【0102】

本明細書の一実施態様によれば、前記Zn系酸化物は、GAZO ($\text{Ga}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$)、AZO ($\text{Al}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$) またはGZO (Ga-doped ZnO) であり得る。

【0103】

本明細書の一実施態様によれば、前記導電性高分子は、ポリ(3-メチルチオフェン)、ポリ[3,4-(エチレン-1,2-ジオキシ)チオフェン](PEDT)、ポリピロールまたはポリアニリンであり得る。

10

【0104】

本明細書の一実施態様によれば、前記発光層は、1以上10以下の発光層を含むことができる。具体的には、本明細書の一実施態様によれば、前記発光層は、2層以上6層以下の発光層を含むことができる。

【0105】

本明細書の一実施態様によれば、前記補助電極と有機物層との間に備えられた絶縁層をさらに含み、前記絶縁層の直径は、前記補助電極の線幅よりも10 μm 以上、より大きなものであり得る。

【0106】

具体的には、短絡発生領域が補助電極に非常に隣接して発生したり、補助電極上に発生する場合、短絡発生領域が広い領域に拡大し得る。したがって、短絡発生領域が補助電極に過度に隣接して発生しないように、絶縁層の幅を補助電極の線幅よりも10 μm 以上大きく形成し得る。

20

【0107】

本明細書の一実施態様によれば、いずれか一つのピクセルと他の一つのピクセルの輝度差は、30%以内であり得る。

【0108】

前記輝度差は、短絡欠陥が発生していない場合、いずれか一つのピクセルの輝度と、もう一つのピクセルの輝度との差を意味し得る。また、前記輝度差は短絡欠陥が発生した場合、短絡欠陥ピクセルを除くいずれか一つのピクセルの輝度と、もう一つのピクセルの輝度との差を意味し得る。

30

【0109】

本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極の面抵抗は5000 $\Omega/\square$ 以上であり、前記第1電極の面抵抗といずれか一つの前記ピクセルの面積との積は3,200 Vcm^2/A 以下であり、前記補助電極の面抵抗と前記有機発光素子の全体ピクセルの面積との積は960 Vcm^2/A 以下であり得る。

【0110】

本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極の面抵抗は5000 $\Omega/\square$ 以上であり、前記第1電極の面抵抗といずれか一つの前記ピクセルの面積との積は1,600 Vcm^2/A 以下であり、前記補助電極の面抵抗と前記有機発光素子の全体ピクセルの面積との積は480 Vcm^2/A 以下であり得る。

40

【0111】

本明細書の一実施態様によれば、前記第1電極の面抵抗は、10,000 $\Omega/\square$ 以上であり、前記第1電極の面抵抗といずれか一つの前記ピクセルの面積との積は3,200 Vcm^2/A 以下であり、前記補助電極の面抵抗と前記有機発光素子の全体ピクセルの面積との積は480 Vcm^2/A 以下であり得る。

【0112】

本明細書の一実施態様によれば、いずれか一つの前記ピクセルに含まれる第1電極と他の一つのピクセルに含まれる第1電極との抵抗が2,000 Ω 以上800,000 Ω 以下であり得る。

【0113】

50

本明細書の一実施態様によれば、前記それぞれのピクセルは、色温度2,000K以上12,000K以下の白色光を発光できる。

【0114】

本明細書の一実施態様によれば、前記補助電極は金属材料からなり得る。すなわち、前記補助電極は、金属電極であり得る。

【0115】

前記補助電極は、一般的に、すべての金属を使用できる。具体的には導電率が良いアルミニウム、銅、および/または銀を含むことができる。前記補助電極は、透明電極との付着力およびフォトリソ工程での安定性のためにアルミニウムを使用する場合、モリブデン/アルミニウム/モリブデン層を使用することもできる。

10

【0116】

本明細書の一実施態様によれば、前記有機物層は、少なくとも1層以上の発光層を含み、正孔注入層；正孔輸送層；正孔遮断層；電荷発生層；電子遮断層；電子輸送層；電子注入層からなる群から選択される1種または2種以上をさらに含むことができる。

【0117】

前記電荷発生層 (Charge Generating layer) は、電圧をかけると正孔と電子が発生する層をいう。

【0118】

前記基板は、透明性、表面平滑性、扱いやすさおよび防水性に優れた基板を使用できる。具体的には、ガラス基板、薄膜ガラス基板または透明プラスチック基板を使用できる。前記プラスチック基板は、PET (ポリエチレンテレフタレート)、PEN (ポリエチレンナフタレート)、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン) およびPI (ポリイミド) などのフィルムが単層または複層の形態で含まれ得る。また、前記基板は、基板自体に光散乱機能が含まれているものであり得る。ただし、前記基板は、これに限定されず、有機発光素子に通常使用される基板を使用できる。

20

【0119】

本明細書の実施例によれば、前記第1電極がアノードであり前記第2電極はカソードであり得る。また、前記第1電極がカソードであり前記第2電極はアノードであり得る。

【0120】

前記アノードとしては、通常、有機物層に正孔注入が円滑に行えるように仕事関数が高い物質が好ましい。本発明で使用し得るアノード物質の具体的な例としては、バナジウム、クロム、銅、亜鉛、金のような金属またはこれらの合金；酸化亜鉛、インジウム酸化物、インジウムスズ酸化物 (ITO)、インジウム亜鉛酸化物 (IZO) のような金属酸化物；ZnO : AlまたはSnO₂ : Sbのような金属と酸化物の組み合わせ；ポリ (3-メチルチオフェン)、ポリ [3,4- (エチレン-1,2-ジオキシ) チオフェン] (PEDT)、ポリピロールおよびポリアニリンのような導電性高分子などがあるが、これらに限定されない。

30

【0121】

前記カソードとしては、通常、有機物層に電子注入が容易なように仕事関数が小さい物質であることが好ましい。カソード物質の具体的な例としては、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、カリウム、チタン、インジウム、イットリウム、リチウム、ガドリニウム、アルミニウム、銀、スズおよび鉛のような金属またはこれらの合金；LiF/AlまたはLiO₂/Alのような多層構造物質などがあるが、これらに限定されるものではない。

40

【0122】

前記カソードの材料は、カソードだけに限定されるのではなく、アノードの材料として使用し得る。

【0123】

本明細書に係る前記正孔輸送層物質としては、アノードや正孔注入層から正孔の輸送を受けて発光層に移し得る物質で、正孔に対する移動性が大きい物質が適している。具体的な例としては、アリアルアミン系の有機物、導電性高分子、および共役部分と非共役部分が共にあるブロック共重合体などがあるが、これらに限定されない。

50

【0124】

本明細書による前記発光層物質としては、正孔輸送層と電子輸送層から正孔と電子をそれぞれ輸送受けて結合させることによって可視光線領域の光を出すことができる物質であって、蛍光や燐光に対する量子効率が良い物質が好ましい。具体的な例としては、8-ヒドロキシキノリンアルミニウム錯体 (Alq3) ; カルバゾール系化合物; 二量体化スチリル (dimerized styryl) 化合物; BAQ; 10ヒドロキシベンゾキノリン金属化合物; ベンゾオキサゾール、ベンズチアゾールおよびベンズイミダゾール系の化合物; ポリ (p-フェニレンビニレン) (PPV) 系列の高分子; スピロ (spiro) 化合物; ポリフルオレン; ルブレンなどがあるが、これらに限定されない。

【0125】

10

本明細書による前記電子輸送層材料としては、カソードから電子注入をよく受けて発光層に移し得る物質で、電子に対する移動性が大きい物質が適している。具体的な例としては、8-ヒドロキシキノリンのAl錯体; Alq3を含む錯体; 有機ラジカル化合物; ヒドロキシフラボン金属錯体などがあるが、これらに限定されない。

【0126】

本明細書の一実施態様によれば、前記補助電極は前記有機発光素子の非発光領域に位置し得る。

【0127】

本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子は非発光領域に備えられた絶縁層をさらに含むことができる。

20

【0128】

本明細書の一実施態様によれば、前記絶縁層は前記補助電極を前記有機物層と絶縁させるものであり得る。

【0129】

本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子は、封止層で密閉されていることがあり得る。

【0130】

前記封止層は、透明な樹脂層で形成し得る。前記封止層は、前記有機発光素子を酸素および汚染物質から保護する役割をし、前記有機発光素子の発光を阻害しないように透明な材質であり得る。前記透明は、60%以上の光を透過することを意味し得る。具体的には、75%以上の光を透過することを意味し得る。

30

【0131】

本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子は、光散乱層を含むことができる。具体的には、本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子は、前記第1電極の有機物層が備えられる面と対向する面に基板をさらに含み、前記基板と前記第1電極との間に備えられた光散乱層をさらに含むことができる。本明細書の一実施態様によれば、前記光散乱層は、平坦層を含むことができる。本明細書の一実施態様によれば、前記平坦層は、前記第1電極と前記光散乱層との間に備えられ得る。

【0132】

また、本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子は、前記第1電極の有機物層が備えられる面と対向する面に基板をさらに含み、前記基板の第1電極が備えられた面に対向する面に光散乱層をさらに含むことができる。

40

【0133】

本明細書の一実施態様によれば、前記光散乱層は、光散乱を誘導して、前記有機発光素子の光抽出効率を向上させることができる構造であれば、特に制限されない。具体的には、本明細書の一実施態様によれば、前記光散乱層は、バインダー内に散乱粒子が分散した構造、凹凸を有するフィルム、および/またはヘイズ (haziness) を有するフィルムであり得る。

【0134】

本明細書の一実施態様によれば、前記光散乱層は、基板上にスピンコーティング、パー

50

コーティング、スリットコーティングなどの方法により直接形成するか、フィルム状に製作して付着する方法によって形成し得る。

【0135】

本明細書の一実施態様によれば、前記有機発光素子は、フレキシブル (flexible) 有機発光素子であり得る。ここで、前記基板は、フレキシブル材料を含むことができる。具体的には、前記基板は曲げられる薄膜形態のガラス、プラスチック基板またはフィルム状の基板であり得る。

【0136】

前記プラスチック基板の材料は特に限定されないが、一般的にPET (ポリエチレンテレフタレート)、PEN (ポリエチレンナフタレート)、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン) およびPI (ポリイミド) などのフィルムを単層または複層の形態で含むものであり得る。

10

【0137】

本明細書では、前記有機発光素子を含むディスプレイ装置を提供する。前記ディスプレイ装置において、前記有機発光素子は、ピクセルまたはバックライトの役割をすることができる。そのほかのディスプレイ装置の構成は、当技術分野で知られているものが適用され得る。

【0138】

本明細書では、前記有機発光素子を含む照明装置を提供する。前記照明装置において、前記有機発光素子は、発光部の役割を果たしている。そのほかの照明装置に必要な構成は、当技術分野で知られているものが適用され得る。

20

【0139】

以下、本明細書を具体的に説明するために実施例を挙げて詳細に説明する。しかし、本明細書の実施例は、様々な他の形態に変形することができ、本明細書の範囲が下記に詳述する実施例に限定されると解釈されてはならない。本明細書の実施例は、当業界で平均的な知識を有する者に本明細書をより完全に説明するために提供されるものである。

【0140】

[実施例1-1]

発光面積が90mm×90mmであり、発光層3個の有機発光素子を作製した、具体的には、透明基板上にAlを400μm蒸着し、フォトレジスト工程を用いて、線幅40μm、ピッチ840μmの補助電極を形成した。この時の補助電極の面抵抗値は、約 $1 \pm 0.5 \Omega / \square$ であった。以後、GAZOを用いて、第1電極を100nmの厚さで形成し、250℃で1時間焼成した。ここで、第1電極の面抵抗は $5.0E+03 \Omega / \square$ であった。補助電極上に同じパターンで線幅50μmの絶縁層を形成して補助電極上で有機物層の発光が起こらないようにした。

30

【0141】

さらに、3層の発光層を備えるように有機物層を形成し、Alを用いて第2電極を形成して有機発光素子を製造した。

【0142】

さらに、短絡発生時の有機発光素子が正常に動作することを確認するために、人為的に局所的な圧力を加えて、短絡の発生を誘導した。

40

【0143】

図4は、実施例1-1に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

【0144】

図5は、実施例1-1に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sweepを行った結果を示したものである。

【0145】

[実施例1-2]

第1電極の面抵抗を $2.0E+04 \Omega / \square$ で形成したことを除いて、実施例1-1と同様の方法で有機発光素子を製造した。

【0146】

50

図6は、実施例1-2に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

【0147】

図7は、実施例1-2に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sweepを行った結果を示したものである。

【0148】

[実施例1-3]

第1電極の面抵抗を $2.3\text{E}+04\ \Omega/\square$ で形成したことを除いて、実施例1-1と同様の方法で有機発光素子を製造した。

【0149】

図8は、実施例1-3に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

10

【0150】

図9は、実施例1-3に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sweepを行った結果を示したものである。

【0151】

[実施例1-4]

第1電極の面抵抗を $7.0\text{E}+04\ \Omega/\square$ で形成したことを除いて、実施例1-1と同様の方法で有機発光素子を製造した。

【0152】

図10は、実施例1-4に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

20

【0153】

図11は、実施例1-4に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sweepを行った結果を示したものである。

【0154】

[実施例1-5]

第1電極の面抵抗を $1.2\text{E}+05\ \Omega/\square$ で形成したことを除いて、実施例1-1と同様の方法で有機発光素子を製造した。

【0155】

図12は、実施例1-5に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生後のイメージである。

30

【0156】

図13は、実施例1-5に基づいて製造された有機発光素子の短絡発生前と短絡発生後のIV sweepを行った結果を示したものである。

【0157】

[比較例1]

第1電極を、一般的な有機発光素子に用いる面抵抗 $20\ \Omega/\square$ のITOで形成したことを除いて、実施例1-1と同様の方法で有機発光素子を製造した。

【0158】

短絡が発生した場合、比較例1による有機発光素子は、全体が動作しなかった。

【0159】

40

実施例1-1乃至1-5と比較例1による有機発光素子において、短絡発生前と後に、それぞれ逆電圧8.5Vを印加して漏れ電流を確認し、それを表2に示した。漏れ電流量の測定時、発光のための電流を除く漏れ電流量を測定するために逆電圧を印加した。

【0160】

【表 2】

	第1電極の面抵抗 ($\Omega/\square$)	短絡発生前 -8.5V 電流 (mA)	短絡発生後 -8.5V 電流 (mA)
比較例1	20	3.0E-03	>100
実施例1-1	5.0E+03	1.1E-03	2.1426
実施例1-2	2.0E+04	9.0E-04	0.3238
実施例1-3	2.3E+04	1.0E-03	0.2547
実施例1-4	7.0E+04	2.2E-03	0.0747
実施例1-5	1.2E+05	5.0E-04	0.0533

10

【0161】

実施例1-1乃至1-5の短絡発生前後の動作電圧の逆電圧での漏れ電流量は、2~0.5mAで、通常の動作電流160mAのレベルに比べて1%以下の水準であることを確認した。

【0162】

具体的には、前記実施例1-1乃至1-5は、第1電極の面抵抗が $5000\Omega/\square$ 以上で短絡防止機能が動作することを確認した。

【0163】

[実施例2]

第1電極の面抵抗値を多様に調節したことを除いて、実施例1-1と同様の方法で作製した有機発光素子の電流密度による動作電圧を測定した。

20

【0164】

その結果を表3に示した。下記の表3で確認できるように、前述したシミュレーション結果に基づく表1と同様に、第1電極の面抵抗値の上昇に伴う動作電圧の上昇はわずかなものであることを確認した。

【0165】

具体的には、表1のシミュレーション結果によると、同じ電流密度で、第1電極の面抵抗が $1M\Omega/\square$ である場合、 $10k\Omega/\square$ のときよりも約2%のエネルギー効率の減少が発生する。同様に、下記表3の結果によると、第1電極の面抵抗の平均が $2.0E+05\Omega/\square$ である場合、 $4.7E+03\Omega/\square$ のときよりも約1%のエネルギー効率の減少が発生することが分かる。前記の効率の減少は、同じ電流密度で動作電圧の上昇率で計算が可能である。

30

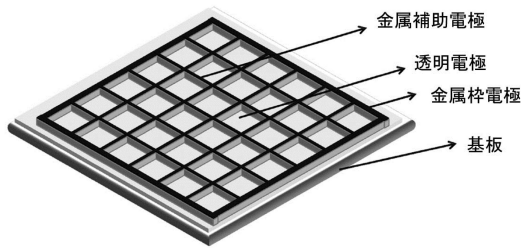
【0166】

【表 3】

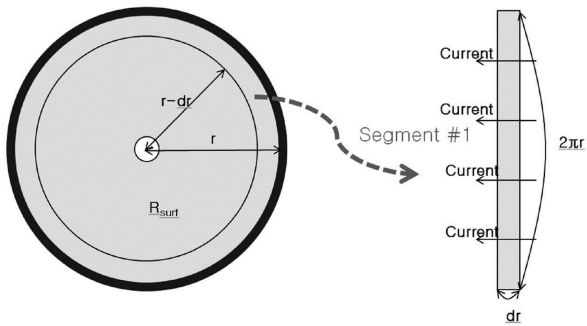
	第1電極の面抵抗 の平均 ($\Omega/\square$)	1mA/cm ² での 動作電圧 (V)	2mA/cm ² での 動作電圧 (V) 20
実施例2-1	4.7E+03	8.26	8.65
実施例2-2	6.0E+03	8.24	8.68
実施例2-3	2.0E+04	8.23	8.66
実施例2-4	9.0E+04	8.25	8.68
実施例2-5	1.2E+05	8.27	8.71
実施例2-6	1.3E+05	8.28	8.72
実施例2-7	2.0E+05	8.31	8.76

40

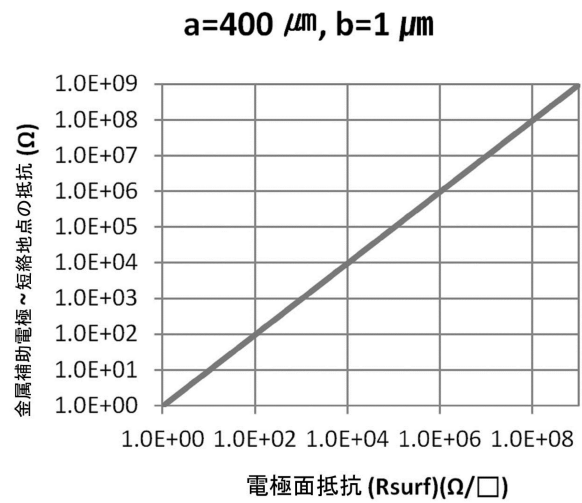
【図 1】



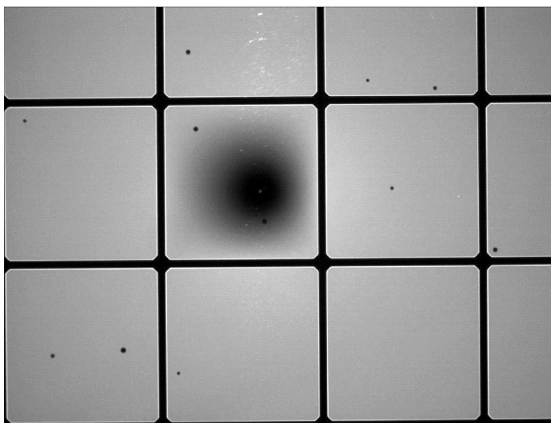
【図 2】



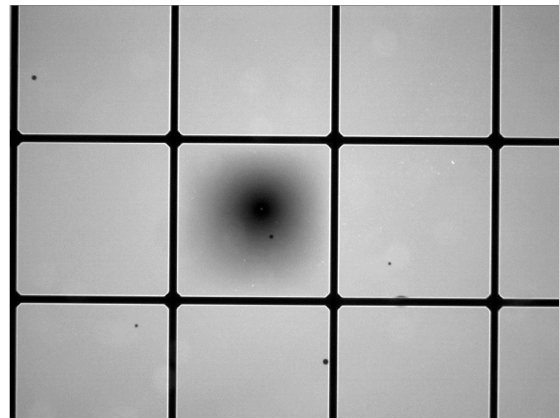
【図 3】



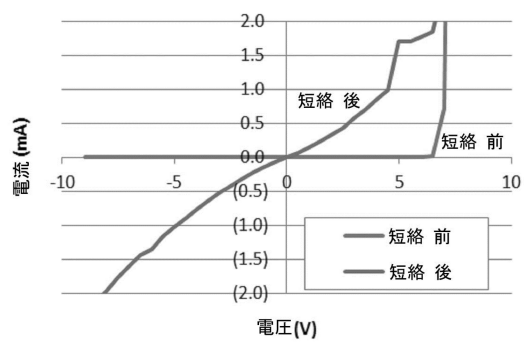
【図 4】



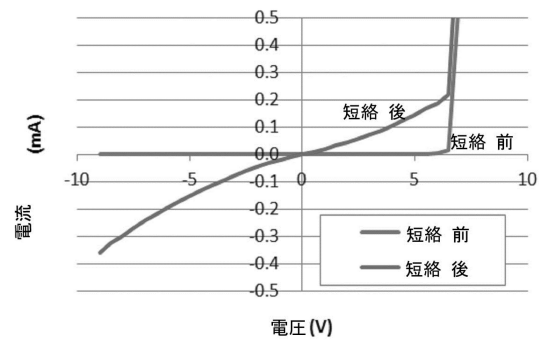
【図 6】



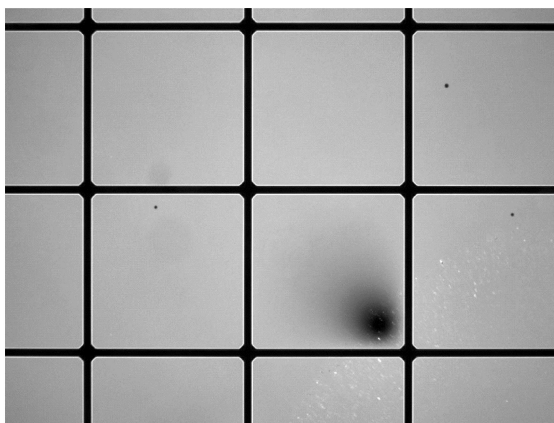
【図 5】



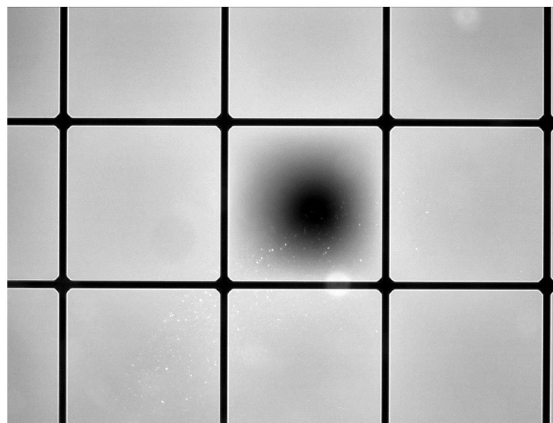
【図 7】



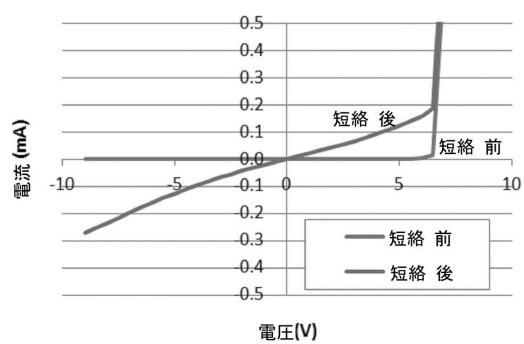
【図 8】



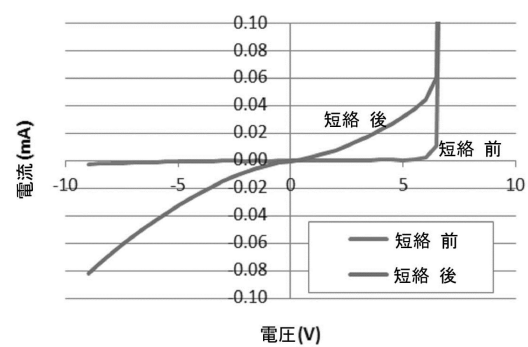
【図 10】



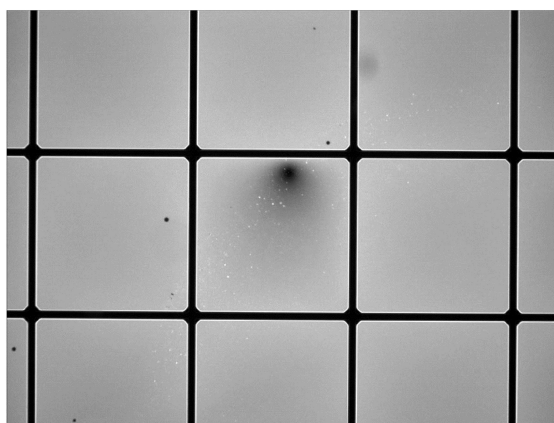
【図 9】



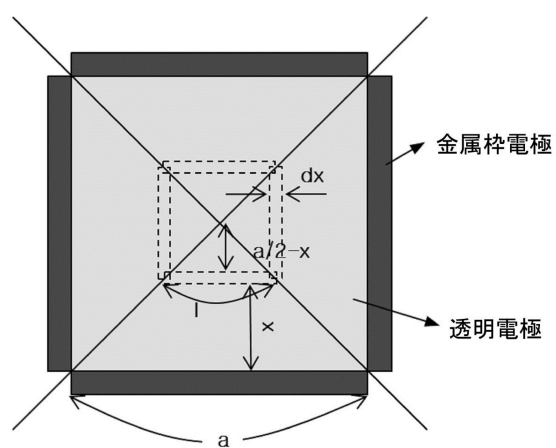
【図 11】



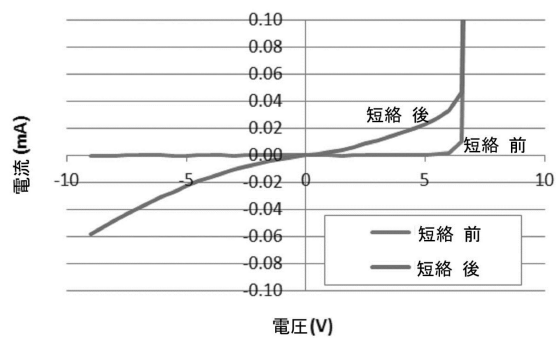
【図 12】



【図 14】

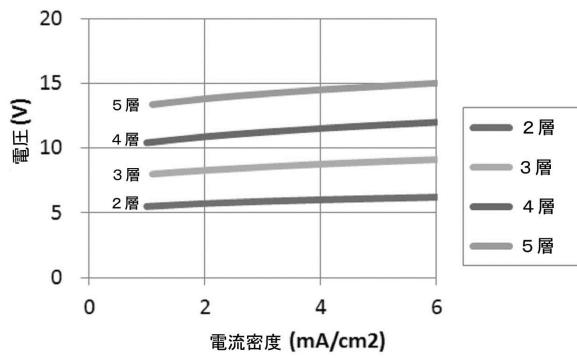


【図 13】



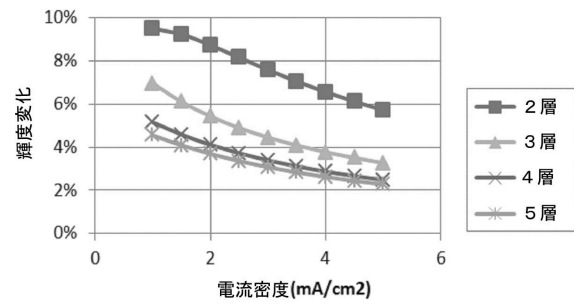
【図 15】

発光層の数による V vs J 特性



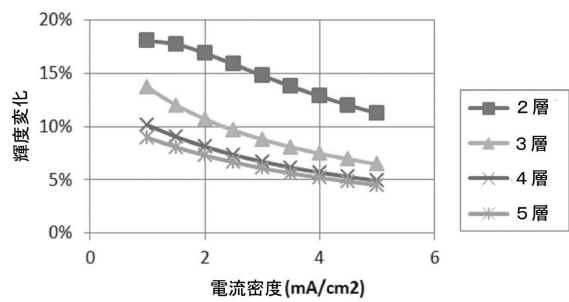
【図 17】

0.03V 減少時の輝度減少率



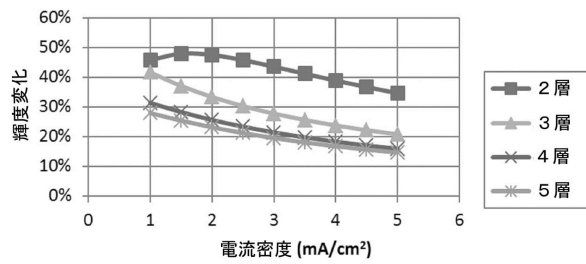
【図 16】

0.06V 減少時の輝度減少率



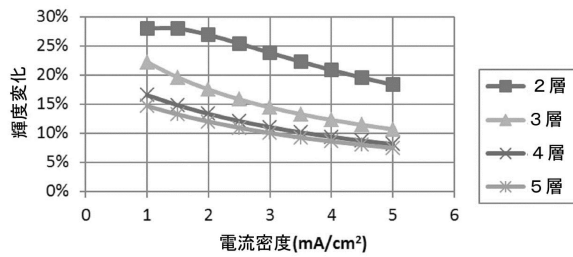
【図 18】

0.2V 減少時の輝度減少率



【図 19】

0.1V 減少時の輝度減少率



フロントページの続き

- (72)発明者 ホワン、ジン ハ
大韓民国 テジョン 305-738, ユソン-グ, ムンジ-ロ, 188, エルジー ケ
ム リサーチ パーク
- (72)発明者 キム、ヨウン エウン
大韓民国 テジョン 305-738, ユソン-グ, ムンジ-ロ, 188, エルジー ケ
ム リサーチ パーク

審査官 中山 佳美

- (56)参考文献 特開2001-230086(JP, A)
特開2009-004348(JP, A)
特開2012-009420(JP, A)
国際公開第2014/068970(WO, A1)
国際公開第2011/093120(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| H01L | 51/50 - 51/56 |
| H01L | 27/32 |
| H05B | 33/00 - 33/28 |