

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-522671

(P2021-522671A)

(43) 公表日 令和3年8月30日(2021.8.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12 B	3K107
H05B 33/14 (2006.01)	H05B 33/14 Z	5C094
H01L 27/32 (2006.01)	H01L 27/32	
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	
H05B 33/24 (2006.01)	H05B 33/24	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 41 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2021-506071 (P2021-506071)	(71) 出願人	520409970
(86) (22) 出願日	平成31年4月16日 (2019.4.16)		ペロエルイーディー リミテッド
(85) 翻訳文提出日	令和2年12月1日 (2020.12.1)		イギリス、ティーエス21 3エフディー
(86) 国際出願番号	PCT/GB2019/051086		、カウンティ ダラム 、セッジフィールド
(87) 国際公開番号	W02019/202313		ド、トーマス ライト ウェイ、ネットパ
(87) 国際公開日	令和1年10月24日 (2019.10.24)		ークープレクサス ビルディング
(31) 優先権主張番号	1806530.0	(74) 代理人	110000040
(32) 優先日	平成30年4月21日 (2018.4.21)		特許業務法人池内アンドパートナーズ
(33) 優先権主張国・地域又は機関	英国 (GB)	(72) 発明者	レバーモア、ピーター
			イギリス、ディーエヌ17 3エヌジー
			バリンガム リンカンシャー、29 サウ
			ス ビュー アベニュー、シー/オー サ
			ヴィ サイエンス リミテッド
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ペロブスカイト発光ダイオードを含むピクセル配列

(57) 【要約】

ディスプレイ用のピクセル配列が提供される。ピクセル配列は、複数のサブピクセルを含む。少なくとも1つのサブピクセルは、ペロブスカイト発光ダイオードを含む。一実施形態では、第1のサブピクセルは、第1の光色を発するように構成されており、ペロブスカイト発光ダイオードを含む。第2のサブピクセルは、第1の色とは異なる第2の光色を発するように構成されており、第3のサブピクセルは、第1および第2の色とは異なる第3の光色を発するように構成されている。第2のサブピクセルは、ペロブスカイト発光ダイオード、有機発光ダイオード、または量子ドット発光ダイオードを含む。第3のサブピクセルは、ペロブスカイト発光ダイオード、有機発光ダイオード、または量子ドット発光ダイオードを含む。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ディスプレイ用のピクセル配列であって、
前記配列が複数のピクセルを含み、
各ピクセルが

第 1 の光色を発するように構成されている第 1 のサブピクセルであって、前記第 1 のサブピクセルが、ペロブスカイト発光ダイオードを含む、第 1 のサブピクセルと、

前記第 1 の光色とは異なる第 2 の光色を発するように構成されている第 2 のサブピクセルと、

前記第 1 および第 2 の光色とは異なる第 3 の光色を発するように構成されている第 3 のサブピクセルと、を含み、

前記第 2 のサブピクセルが、ペロブスカイト発光ダイオード (P e L E D)、有機発光ダイオード (O L E D)、または量子ドット発光ダイオード (Q L E D) を含む、

前記第 3 のサブピクセルが、 P e L E D、O L E D または Q L E D を含む、ピクセル配列。

【請求項 2】

前記第 2 のサブピクセルが、 P e L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、 P e L E D を含む、請求項 1 に記載のピクセル配列。

【請求項 3】

前記第 2 のサブピクセルおよび前記第 3 のサブピクセルのうちの少なくとも 1 つは、O L E D または Q L E D を含む、請求項 1 に記載のピクセル配列。

【請求項 4】

前記第 2 のサブピクセルが、 P e L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、O L E D または Q L E D を含む、請求項 1 に記載のピクセル配列。

【請求項 5】

前記第 2 のサブピクセルが、 P e L E D または O L E D を含む、

前記第 3 のサブピクセルが、 P e L E D または O L E D を含む、

前記第 2 のサブピクセルおよび前記第 3 のサブピクセルのうちの少なくとも 1 つが、O L E D を含む、請求項 3 に記載のピクセル配列。

【請求項 6】

前記第 2 のサブピクセルが、 P e L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、O L E D を含む、請求項 5 に記載のピクセル配列。

【請求項 7】

前記第 2 のサブピクセルが、O L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、O L E D を含む、請求項 5 に記載のピクセル配列。

【請求項 8】

前記第 2 のサブピクセルが、 P e L E D または Q L E D を含む、

前記第 3 のサブピクセルが、 P e L E D または Q L E D を含む、

前記第 2 のサブピクセルおよび前記第 3 のサブピクセルのうちの少なくとも 1 つが、Q L E D を含む、請求項 3 に記載のピクセル配列。

【請求項 9】

前記第 2 のサブピクセルが、 P e L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、Q L E D を含む、請求項 8 に記載のピクセル配列。

【請求項 10】

前記第 2 のサブピクセルが、Q L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、Q L E D を含む、請求項 8 に記載のピクセル配列。

【請求項 11】

前記第 2 のサブピクセルが、O L E D を含む、前記第 3 のサブピクセルが、Q L E D を含む、請求項 3 に記載のピクセル配列。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、赤色光を発し、
前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、緑色光を発し、
前記第 1、第 2、および第 3 のピクセルのうちの 1 つが、青色光を発する、先行する請求項のいずれか一項に記載のピクセル配列。

【請求項 13】

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、CIE 1931 x 座標が 0.680 以上の赤色光を発し、

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、CIE 1931 y 座標が 0.690 以上の緑色光を発し、

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、CIE 1931 y 座標が 0.060 以下の青色光を発する、請求項 12 に記載のピクセル配列。 10

【請求項 14】

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、CIE 1931 x 座標が 0.708 以上の赤色光を発し、

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、CIE 1931 y 座標が 0.797 以上の緑色光を発し、

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの 1 つが、CIE 1931 y 座標が 0.046 以下の青色光を発する、請求項 12 に記載のピクセル配置。

【請求項 15】

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルの各々が、同じ表面積を有する、先行する請求項のいずれか一項に記載のピクセル配列。 20

【請求項 16】

前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの少なくとも 1 つが、前記第 1、第 2、および第 3 のサブピクセルのうちの別のものとは異なる表面積を有する、請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載のピクセル配列。

【請求項 17】

前記ピクセル配列が、前記第 1、第 2、および第 3 の光色とは異なる第 4 の光色を発するように構成されている第 4 のサブピクセルをさらに含み、前記第 4 のサブピクセルが、PeLED、OLED、またはQLEDを含む、先行する請求項のいずれか一項に記載のピクセル配列。 30

【請求項 18】

前記PeLEDのうちの1つ以上が、有機金属ハロゲン化物発光ペロブスカイト材料を含む、先行する請求項のいずれか一項に記載のピクセル配列。

【請求項 19】

前記PeLEDのうちの1つ以上が、無機金属ハロゲン化物発光ペロブスカイト材料を含む、先行する請求項のいずれか一項に記載のピクセル配列。

【請求項 20】

先行する請求項のいずれか一項に記載のピクセル配列を含む、ディスプレイ。

【請求項 21】

前記サブピクセルの各々が、マイクロキャビティ構造を含む、請求項 20 に記載のディスプレイ。 40

【請求項 22】

サブピクセルのうちの少なくとも 1 つが、マイクロキャビティ構造を含む、請求項 20 に記載のディスプレイ。

【請求項 23】

前記サブピクセルの各々が、色変更層を含む、請求項 20 ~ 22 のいずれか一項に記載のディスプレイ。

【請求項 24】

前記サブピクセルのうちの少なくとも 1 つが、色変更層を含む、請求項 20 ~ 22 のいずれか一項に記載のディスプレイ。 50

【請求項 25】

前記ディスプレイが、可撓性構造である、請求項 20 ~ 24 のいずれか一項に記載のディスプレイ。

【請求項 26】

前記ディスプレイが、消費者製品の一部である、請求項 20 ~ 25 のいずれか一項に記載のディスプレイ。

【請求項 27】

前記ディスプレイが、DCI-P3色域をレンダリングすることができる、請求項 20 ~ 26 のいずれか一項に記載のディスプレイ。

【請求項 28】

前記ディスプレイが、Rec. 2020色域をレンダリングすることができる、請求項 20 ~ 26 のいずれか一項に記載のディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ディスプレイなどのデバイス、およびそれを含む他のデバイスでの応用のための、1つ以上のペロブスカイト発光ダイオードを含むピクセル配列に関する。

【背景技術】

【0002】

ペロブスカイト材料は、光電子デバイスでの応用にとってますます魅力的になってきている。このようなデバイスの作製に使用されるペロブスカイト材料の多くは、地球に豊富で比較的安価であるため、ペロブスカイト光電子デバイスは、代替の有機および無機デバイスよりもコスト面で有利になる可能性がある。追加的に、可視、紫外、および赤外にわたって容易に調整可能な光学バンドギャップなどの固有の特性またはペロブスカイト材料は、ペロブスカイト発光ダイオード (PeLED)、ペロブスカイト太陽電池および光検出器、ペロブスカイトレーザ、ペロブスカイトトランジスタ、ペロブスカイト可視光通信 (VLC) デバイスなどの光電子工学の応用によく適している。ペロブスカイト発光材料を含む PeLED は、それぞれ有機発光材料および量子ドット発光材料を含む従来の有機発光ダイオード (OLED) および量子ドット発光ダイオード (QLED) よりも性能上の利点を有し得る。例えば、より広い色域、優れた電荷輸送特性、および低い非放射率での表示を可能にする、比類のない高色純度を含む、強力なエレクトロルミネセント特性である。

【0003】

PeLED は、電圧が印加されると発光する薄いペロブスカイトフィルムを使用する。PeLED は、ディスプレイ、照明、および看板などの応用において使用するために、ますます魅力的なテクノロジーになりつつある。概要として、いくつかの PeLED 材料および構成が、Adjokatsen に記載されており、その全体が参照により本明細書に含まれている。

【0004】

ペロブスカイト発光材料の潜在的な応用の 1 つは、ディスプレイである。フルカラーディスプレイの業界標準では、「飽和」色と呼ばれる特定の色を発するようにサブピクセルを設計する必要がある。これらの標準は、飽和した赤、緑、および青のサブピクセルを要求しており、色は当該技術分野でよく知られている、CIE 座標を使用して測定することができる。赤色光を発するペロブスカイト材料の一例は、メチルアンモニウム鉛ヨウ化物 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) である。緑色光を発するペロブスカイト材料の一例は、ホルムアミジニウム臭化鉛 ($\text{CH}(\text{NH}_2)_2\text{PbBr}_3$) である。青色光を発するペロブスカイト材料の一例は、塩化メチルアンモニウム鉛 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$) である。ディスプレイにおいて、PeLED が OLED および / または QLED の代わりに、またはそれらと組み合わせて使用される場合、拡大した色域などの性能上の利点が達成され得る。

【0005】

10

20

30

40

50

本明細書で使用される場合、「ペロブスカイト」という用語は、光電子デバイスで使用され得るいずれかのペロブスカイト材料を含む。AおよびBがカチオンであり、Xがアニオンである ABX_3 の三次元(3D)構造を採用し得る材料は、ペロブスカイト材料と見なすことができる。図3は、 ABX_3 の3D構造を有するペロブスカイト材料の例を示している。AカチオンはBカチオンよりも大きい場合がある。Bカチオンは、周囲のXアニオンと6倍に配位していてもよい。Aアニオンは、周囲のXアニオンと12倍に配位していてもよい。

【0006】

ペロブスカイト材料には多くのクラスがある。光電子デバイスに特に有望であるペロブスカイト材料の1つのクラスは、金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料のクラスである。金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料の場合、A成分は、メチルアンモニウム($CH_3NH_3^+$)またはホルムアミジニウム($CH(NH_2)_2^+$)などの一価有機カチオン、セシウム(Cs^+)などの無機原子カチオン、またはそれらの組み合わせであってもよく、B成分は、鉛(Pb^{2+})、スズ(Sn^{2+})、銅(Cu^{2+})、ユーロピウム(Eu^{2+})などの二価金属カチオン、またはそれらの組み合わせであってもよく、X成分は、 I^- 、 Br^- 、 Cl^- などのハロゲン化物アニオン、またはそれらの組み合わせであってもよい。A成分が有機カチオンである場合、ペロブスカイト材料は、有機金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料として定義され得る。 $CH_3NH_3PbBr_3$ および $CH(NH_2)_2PbI_3$ は、3D構造を有する有機金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料の非限定的な例である。A成分が無機カチオンである場合、ペロブスカイト材料は、無機金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料として定義され得る。 $CsPbI_3$ 、 $CsPbCl_3$ 、および $CsPbBr_3$ は、無機金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料の非限定的な例である。

【0007】

本明細書で 사용되는ように、「ペロブスカイト」という用語は、 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ ($L_2A_{n-1}B_nX_{3n+1}$ と書くこともできる)の層状構造を採用し得るいずれかの材料をさらに含み、ここで、L、A、およびBは陽イオン、Xは陰イオン、nは陽イオンLの2つの層の間に配置された BX_4 単層の数である。図4は、nの異なる値を有する $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ の層構造を有するペロブスカイト材料の例を示す。金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料の場合、A成分は、メチルアンモニウム($CH_3NH_3^+$)またはホルムアミジニウム($CH(NH_2)_2^+$)などの一価有機カチオン、セシウム(Cs^+)などの原子カチオン、またはそれらの組み合わせであってもよく、L成分は、2-フェニルエチルアンモニウム($C_6H_5C_2H_4NH_3^+$)、または1-ナフチルメチルアンモニウム($C_{10}H_7CH_2NH_3^+$)などの有機カチオンであってもよく、B成分は、鉛(Pb^{2+})、スズ(Sn^{2+})、銅(Cu^{2+})、ユーロピウム(Eu^{2+})などの二価金属カチオン、またはそれらの組み合わせであってもよく、X成分は、 I^- 、 Br^- 、 Cl^- などのハロゲン化物アニオンまたはそれらの組み合わせであってもよい。 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}PbBr_4$ および $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3PbI_2Br)_{n-1}PbI_3Br$ は、層状構造を有する金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料の非限定的な例である。

【0008】

層数nが大きい場合、例えば、nが約10より大きい場合、 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ の層構造を持つペロブスカイト材料は、 ABX_3 の3D構造を持つペロブスカイト材料とほぼ同等の構造を採用する。本明細書で 사용되는ように、かつ当業者によって一般的に理解されるように、多数の層を有するペロブスカイト材料は、そのようなペロブスカイト材料が $n = \infty$ から縮小された次元性を有することが認識されているにもかかわらず、3Dペロブスカイト材料と呼ばれることがある。層数 $n = 1$ の場合、 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ の層構造を持つペロブスカイト材料は、 L_2BX_4 二次元(2D)構造を採用する。単層のペロブスカイト材料は、2Dペロブスカイト材料と呼ばれることがある。nが小さい場合、例えば約2~10の範囲にあるnの場合、 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ の層状構造を持つペロブスカイト材料は、準二次元(Quasi-2D)構造を採用する

10

20

30

40

50

。層の数が少ないペロブスカイト材料は、準 2 D ペロブスカイト材料と呼ばれることがある。量子閉じ込め効果により、 n が最も高い層状ペロブスカイト材料構造では、エネルギーバンドギャップが最も小さくなる。

【 0 0 0 9 】

ペロブスカイト材料は、いずれかの数の層を有していてもよい。ペロブスカイトは、2 D ペロブスカイト材料、準 2 D ペロブスカイト材料、3 D ペロブスカイト材料、またはそれらの組み合わせを含み得る。例えば、ペロブスカイトは、異なる数の層を有する層状ペロブスカイト材料のアンサンプルを含み得る。例えば、ペロブスカイトは、異なる数の層を有する準 2 D ペロブスカイト材料のアンサンプルを含み得る。

【 0 0 1 0 】

本明細書で使用される場合、「ペロブスカイト」という用語は、ペロブスカイト材料のフィルムをさらに含む。ペロブスカイト材料のフィルムは、結晶性、多結晶性、またはそれらの組み合わせであり得、いずれかの数の層およびいずれかの範囲の粒径または結晶サイズを有する。

【 0 0 1 1 】

本明細書で使用されるように、「ペロブスカイト」という用語は、 ABX_3 の 3 D ペロブスカイト構造、または $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ のより一般的な層状ペロブスカイト構造と同等または類似の構造を有するペロブスカイト材料のナノ結晶をさらに含む。ペロブスカイト材料のナノ結晶は、ペロブスカイトナノ粒子、ペロブスカイトナノワイヤ、ペロブスカイトナノプレートレット、またはそれらの組み合わせを含んでもよい。ペロブスカイト材料のナノ結晶は、いずれかの形状またはサイズであってもよく、いずれかの数の層、およびいずれかの範囲の粒径または結晶サイズを有する。図 5 は、 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ に類似した層状構造を有するペロブスカイト材料のナノ結晶の例を示し、ここで、 $n = 5$ であり、 L カチオンがペロブスカイトナノ結晶の表面に配置されている。ペロブスカイト材料のナノ結晶では、 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ の正式な層状構造を持つペロブスカイト材料とは、 L カチオンの分布が異なる場合があるため、「似ている」という用語を使用している。例えば、ペロブスカイト材料のナノ結晶では、ナノ結晶の側面に沿って配置された L カチオンの割合が高くなる可能性がある。

【 0 0 1 2 】

ペロブスカイト材料のいくつかのタイプは、光学的または電気的な励起に応答して発光するように刺激されてもよい。つまり、ペロブスカイト発光材料は、フォトルミネセントまたはエレクトロルミネセントであり得る。本明細書で使用されるように、「ペロブスカイト発光材料」という用語は、電気的励起によって発光するエレクトロルミネセントペロブスカイト発光材料のみを指す。本文中で「ペロブスカイト発光材料」が言及されている場合は常に、エレクトロルミネセントペロブスカイト発光材料が参照されていることを理解されたい。この用語体系は、他のソースで使用されているものとわずかに異なる場合がある。

【 0 0 1 3 】

一般に、 $PeLED$ デバイスはフォトルミネセントまたはエレクトロルミネセントであってよい。本明細書で使用されるように、「 $PeLED$ 」という用語は、エレクトロルミネセントペロブスカイト発光材料を含むエレクトロルミネセント $PeLED$ デバイスのみを指す。この用語体系は、他のソースで使用されているものとわずかに異なる場合がある。

【 0 0 1 4 】

本明細書で使用されるように、「有機」という用語は、ポリマー材料、ならびに $OLED$ などのオプトエレクトロニクスデバイスを製作するために使用され得る小分子有機材料を含む。本明細書で使用されるように、小分子という用語は、ポリマーではないいずれかの有機材料を指し、小分子は実際には非常に大きい場合がある。小分子には、状況によっては繰り返し単位を含んでもよい。例えば、置換基として長鎖アルキル基を使用しても、小分子クラスから分子が削除されることはない。小分子はまた、例えば、ポリマー主

10

20

30

40

50

鎖上のペンダント基として、または主鎖の一部として、ポリマーに組み込まれ得る。小分子は、コア部分上に構築された一連の化学シェルからなる dendritic のコア部分としても機能することができる。Dendritic のコア部分は小分子であり得る。Dendritic は小分子であり得、OLED の分野で現在使用されているすべての dendritic は小分子であると考えられている。

【0015】

本明細書で使用されるように、「有機発光材料」という用語は、蛍光およびリン光有機発光材料、ならびに三重項 - 三重項消滅 (TTA) または熱活性化遅延蛍光 (TADF) などのメカニズムを介して発光する有機材料を含む。赤色光を発する有機発光材料の一例は、ビス (2 - (3, 5 - ジメチルフェニル) キノリン - C2, N') (アセチルアセトナト) イリジウム (III) Ir (dmpq)₂ (acac) である。緑色光を発する有機発光材料の一例は、トリス (2 - フェニルピリジン) イリジウム (Ir (ppy)₃) である。青色光を発する有機発光材料の一例は、ビス [2 - (4, 6 - ジフルオロフェニル) ピリジナト - C2, N] (ピコリナト) イリジウム (III) (FIRpic) である。

10

【0016】

本明細書で使用されるように、「量子ドット」という用語は、本明細書で別個に定義される「ペロブスカイト」材料を除いて、量子ドット材料、量子ロッド材料、および他の発光ナノ結晶材料を含む。量子ドットは、一般に、バルク半導体と離散分子との中間の特性を呈する半導体ナノ粒子と見なすことができる。量子ドットは、窒化ガリウム (GaN)、リン化ガリウム (GaP)、ヒ化ガリウム (GaAs)、リン化インジウム (InP)、ヒ化インジウム (InAs) などの III - V 族半導体材料、または酸化亜鉛 (ZnO)、硫化亜鉛 (ZnS)、硫化カドミウム (CdS)、セレン化カドミウム (CdSe)、およびテルル化カドミウム (CdTe) などの II - VI 族半導体材料、またはそれらの組み合わせを含んでもよい。一般に、量子閉じ込め効果の結果として、量子ドットの光電子特性は、量子ドットのサイズまたは形状の関数として変化することがある。

20

【0017】

量子ドットのいくつかのタイプは、光学的または電気的な励起に応答して発光するように刺激されてもよい。つまり、量子ドット発光材料は、フォトルミネセントまたはエレクトロルミネセントであり得る。本明細書で使用されるように、「量子ドット発光材料」という用語は、電気的励起によって発光するエレクトロルミネセント量子ドット発光材料のみを指す。本文中で「量子ドット発光材料」が言及されている場合は常に、エレクトロルミネセント量子ドット発光材料が参照されていることを理解されたい。この用語体系は、他のソースで使用されているものとわずかに異なる場合がある。

30

【0018】

本明細書で使用されるように、「量子ドット」という用語は、「ペロブスカイト」材料を含まない。ペロブスカイトナノ結晶、2D ペロブスカイト材料、および準 2D ペロブスカイト材料など、ペロブスカイト材料のいくつかのタイプは、バルク半導体と離散分子との中間の特性を呈する半導体材料であり、量子ドットと同様に、量子閉じ込めが光電子特性に影響を与える可能性がある。しかしながら、本明細書で使用されるように、そのような材料は、「量子ドット」材料ではなく、「ペロブスカイト」材料と呼ばれる。この用語体系の第 1 の理由は、本明細書で定義されるように、ペロブスカイト材料および量子ドット材料が、一般に、異なる結晶構造を含むことである。この用語体系の第 2 の理由は、本明細書で定義されるように、ペロブスカイト材料および量子ドット材料が、一般に、その構造内に異なる材料タイプを含むことである。この用語体系の第 3 の理由は、ペロブスカイト材料からの発光は一般にペロブスカイト材料の構造サイズに依存しないのに対し、量子ドット材料からの発光が一般に量子ドット材料の構造サイズ (例えば、コアおよびシェル) に依存することである。この用語体系は、他のソースで使用されているものとわずかに異なる場合がある。

40

【0019】

50

一般に、量子ドット発光材料はコアを含む。任意で、コアは、1つ以上のシェルによって囲まれていてもよい。任意で、コアおよび1つ以上のシェルは、不動態化構造によって囲まれていてもよい。任意で、不動態化構造は、1つ以上のシェルに結合した配位子を含んでいてもよい。コアとシェル（複数可）のサイズは、量子ドット発光材料の光電子特性に影響を与える可能性がある。一般に、コアとシェル（複数可）のサイズが小さくなると、量子閉じ込め効果がより強くなり、エレクトロルミネセント発光がより短い波長で刺激される可能性がある。ディスプレイ応用の場合、コアおよびシェル（複数可）の構造の直径は、通常、1～10 nmの範囲内である。青色光を発する量子ドットは、通常、最小であり、コアシェル（複数可）の直径はおよそ1～2.5 nmの範囲内である。緑色光を発する量子ドットは、通常、わずかに大きく、コアシェル（複数可）の直径は約2.5～4 nmの範囲内である。赤色光を発する量子ドットは、通常、より大きく、コアシェル（複数可）の直径は約5～7 nmの範囲内である。これらの範囲は、例として、また理解を助けるために提供されており、限定することを意図するものではないことを理解されたい。

10

20

30

40

50

【0020】

量子ドット発光材料の例には、CdSeのコアを含む材料が含まれる。CdSeは1.73 eVのバルクバンドギャップを有しており、716 nmでの発光に対応している。しかしながら、CdSeの発光スペクトルは、CdSe量子ドットのサイズを調整することにより、可視スペクトル全体で調整することができる。CdSeコアを含む量子ドット発光材料は、CdS、ZnS、またはそれらの組み合わせを含む1つ以上のシェルをさらに含み得る。CdSeを含む量子ドット発光材料は、シェル（複数可）に結合した配位子を含む不動態化構造をさらに含んでいてもよい。CdSe/CdSまたはCdSe/ZnSコアシェル構造を含む量子ドット発光材料は、ディスプレイでの応用のために赤、緑、または青色の光を発するように調整することができる。

【0021】

量子ドット発光材料の例には、InPのコアを含む材料がさらに含まれる。InPは1.35 eVのバルクバンドギャップを有しており、918 nmでの発光に対応している。しかしながら、InPの発光スペクトルは、InP量子ドットのサイズを調整することにより、可視スペクトル全体で調整することができる。InPコアを含む量子ドット発光材料は、CdS、ZnS、またはそれらの組み合わせのうちの1つ以上のシェルをさらに含み得る。InPを含む量子ドット発光材料は、シェル（複数可）に結合した配位子を含み得る不動態化構造をさらに含み得る。InP/CdSまたはInP/ZnSコアシェル構造を含む量子ドット発光材料は、ディスプレイでの応用のために赤色、緑色、または青色の光を発するように調整することができる。

【0022】

一般に、QLEDデバイスはフォトルミネセントまたはエレクトロルミネセントであってよい。本明細書で使用されるように、「QLED」という用語は、エレクトロルミネセント量子ドット発光材料を含むエレクトロルミネセントQLEDデバイスのみを指す。この用語体系は、他のソースで使用されているものとわずかに異なる場合がある。

【0023】

本明細書で使用されるように「上」は、基板から最も遠いことを意味し、「下」は、基板に最も近いことを意味する。第1の層が第2の層の「上に配置されている」と記載されている場合、第1の層は基板からさらに離れて配置されている。第1層が第2層と「接触」していることが指定されていない限り、第1層と第2層との間に他の層が存在する場合がある。

【0024】

本明細書で使用されるように、「溶解処理可能」とは、溶液または懸濁液の形態のいずれかで、液体媒体中に溶解し、分散し、または輸送し、および/またはそこから堆積させることができることを意味する。

【0025】

本明細書で使用されるように、かつ当業者によって一般的に理解されるように、第1の

「最高被占軌道」(HOMO)または「最低空軌道」(LUMO)エネルギー準位は、第1のエネルギー準位が真空エネルギー準位に近い場合、第2のHOMOまたはLUMOエネルギー準位よりも「大きい」または「高い」。イオン化ポテンシャル(IP)と電子親和力(EA)は、真空準位に対する負のエネルギーとして測定されるため、HOMOエネルギー準位が高いほど、負のエネルギーが少ないIPに対応する。同様に、LUMOエネルギー準位が高いほど、負のエネルギーが小さいEAに対応する。従来のエネルギー準位図では、真空準位が最上位にあるため、材料のLUMOエネルギー準位は同じ材料のHOMOエネルギー準位よりも高くなっている。「より高い」HOMOまたはLUMOエネルギー準位は、「より低い」HOMOまたはLUMOエネルギー準位よりも、このような図の上部近くに表示される。

10

【0026】

本明細書で使用されるように、かつ当業者によって一般的に理解されるように、第1の作業関数は、第1の作業関数がより高い絶対値を有する場合には、第2の作業関数よりも「大きい」または「より大きい」。仕事関数は一般的に真空準位に対して負の数として測定されるため、これは「より高い」仕事関数がより負であることを意味する。従来のエネルギー準位図では、真空準位が上にあり、「より高い」仕事関数が、真空準位から下方向に離れているように図示されている。したがって、HOMOおよびLUMOエネルギー準位の定義は、仕事関数とは異なる慣習に従っている。

【0027】

本明細書で使用されるように、「可撓性構造」は、屈曲している間に動作可能な構造を意味する。柔軟性と剛性との間のバランスの1つの有用な尺度は、曲げ剛性である。これは、剛構造を単位曲率に曲げるのに必要な偶力として定義される。均一な基板の場合、曲げ剛性は、 $D = Et^3 / (12(1 - \mu^2))$ として数学的に記述することができ、Dは(NMにおける)曲げ剛性であり、Eは、(NM⁻²における)ヤング率であり、 μ はポアソン比、tは構造の厚さ(m単位)である。構造の柔軟性が高いほど、曲げ剛性は低くなる。ヤング率、ポアソン比、および構造の厚さが分かれば、いずれかの構造の曲げ剛性を理論的に計算することができる。しかしながら、実際には、特に薄いフィルムを扱う場合、曲げ剛性は、処理の詳細、追加の層の積層、フィルム全体の不均一性などによって影響を受ける可能性がある。好ましいアプローチは、構造の曲げ剛性を測定することである。これは、米国特許第US 8 773 013 B 2号に記載されているような重いエラスチカの原理を使用して行うことができ、参照によりその全体が本明細書に含まれる。

20

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0028】

本明細書で使用されるように、「光学的に結合された」という用語は、1つ以上の要素の間に光が付与され得るように配置されたデバイスまたは構造の1つ以上の要素を指す。1つ以上の要素は、接触しているか、または1つ以上の要素間に光を付与することを可能にする間隙またはいずれかの接続、結合、リンクなどによって分離されていてもよい。例えば、ディスプレイのピクセル配列内の1つ以上のサブピクセルは、透明または半透明の基板を介して1つ以上の色変更層に光学的に結合され得る。

40

【課題を解決するための手段】

【0029】

ディスプレイでの応用のためのピクセル配列が提供される。ピクセル配列は、複数のピクセルを含み、各ピクセルは、第1の光色を発するように構成されている第1のサブピクセルであって、第1のサブピクセルがPeLEDを含む、第1のサブピクセルと、第1の光色とは異なる第2の光色を発するように構成されている第2のサブピクセルと、第1および第2の光色とは異なる第3の光色を発するように構成されている第3のサブピクセルと、を含み、第2のサブピクセルは、PeLED、OLEDまたはQLEDを含み、第3のサブピクセルは、PeLED、OLEDまたはQLEDを含む。

【0030】

50

一実施形態では、第2のサブピクセルはP e L E Dを含み、第3のサブピクセルはP e L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルおよび第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、O L E DまたはQ L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルはP e L E Dを含み、第3のサブピクセルはO L E DまたはQ L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルは、P e L E DまたはO L E Dを含み、第3のサブピクセルは、P e L E DまたはO L E Dを含み、第2のサブピクセルおよび第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、O L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルはP e L E Dを含み、第3のサブピクセルはO L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルはO L E Dを含み、第3のサブピクセルはO L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルは、P e L E DまたはQ L E Dを含み、第3のサブピクセルは、P e L E DまたはQ L E Dを含み、第2のサブピクセルおよび第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、Q L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルはP e L E Dを含み、第3のサブピクセルはQ L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルはQ L E Dを含み、第3のサブピクセルはQ L E Dを含む。一実施形態では、第2のサブピクセルはO L E Dを含み、第3のサブピクセルはQ L E Dを含む。

【0031】

一実施形態では、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、第1、第2および第3のピクセルのうちの1つが青色光を発する。一実施形態では、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、C I E 1 9 3 1 x 座標が0.680以上の赤色光を発し、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、C I E 1 9 3 1 y 座標が、0.690以上の緑色光を発し、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、C I E 1 9 3 1 y 座標が、0.060以下の青色光を発する。一実施形態では、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、C I E 1 9 3 1 x 座標が0.708以上の赤色光を発し、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、C I E 1 9 3 1 y 座標が0.797以上の緑色光を発し、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、C I E 1 9 3 1 y 座標が0.046以下の青色光を発する。

【0032】

ピクセル配列の第1、第2および第3のサブピクセルは、同じ表面積を有し得るか、または第1、第2および第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、第1、第2および第3のサブピクセルの別のものとは異なる表面積を有する。

【0033】

一実施例では、ピクセル配列が、第1、第2および第3の光色とは異なる第4の光色を発するように構成されている第4のサブピクセルをさらに含んでもよく、第4のサブピクセルが、P e L E D、O L E D、またはQ L E Dを含む。

【0034】

一実施形態では、ピクセル配列内の1つ以上のP e L E Dは、有機金属ハロゲン化物発光ペロブスカイト材料を含み得る。一実施形態では、ピクセル配列内の1つ以上のP e L E Dは、無機金属ハロゲン化物発光ペロブスカイト材料を含み得る。

【0035】

一実施形態では、ピクセル配列は、ディスプレイに含まれ得る。一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルの各々は、マイクロキャビティ構造を含む。一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルのうちの少なくとも1つが、マイクロキャビティ構造を含む。一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルの各々は、色変更層を含む。一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルのうちの少なくとも1つは、色変更層を含む。一実施形態では、ディスプレイは可撓性構造である。一実施形態では、ディスプレイは消費者製品の一部である。一実施形態では、ディスプレイは、D C I - P 3色域をレンダリングすることができる。一実施形態では、ディスプレイは、R e c . 2 0 2 0色域をレンダリングすることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

上記の要約、ならびに例示的な実施形態の以下の詳細な説明は、添付の図面と併せて読むとよりよく理解される。本開示を説明する目的で、本開示の例示的な構成が図面に示されている。しかしながら、本開示は、本明細書に開示される特定の方法および手段に限定されない。さらに、当業者は、図面が原寸に比例していないことを理解するであろう。

【 0 0 3 7 】

添付の図面において、下線番号は、下線番号が配置されている項目または下線番号が隣接している項目を表すために使用されている。下線のない番号は、下線のない番号をアイテムに結び付ける線によって識別されるアイテムに関する。番号に下線がなく、関連する矢印が付いている場合、下線なしの番号は、矢印が指している一般的な項目を識別するために使用される。ここで、本開示の実施形態は、以下を参照して、例としてのみ説明される。

【図 1】発光デバイスを示す。

【図 2】反転発光デバイスを示す。

【図 3】構造 ABX_3 を有する 3D ペロブスカイト発光材料を示す。

【図 4】構造 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ を有する層状ペロブスカイト発光材料を示し、ここで、 $n = 1, 3, 5, 10$ および ∞ である。

【図 5】 $L_2(ABX_3)_{n-1}BX_4$ に似た層状構造を有するペロブスカイト材料のナノ結晶の例を示し、ここで、 $n = 5$ である。

【図 6】 $CIE 1931(x, y)$ 色空間色度図の表現を示す。

【図 7】(a) $DCI - P3$ および (b) $Rec. 2020$ の色空間の色域も示す $CIE 1931(x, y)$ 色空間色度図の表現を示す。

【図 8】例示的な赤、緑および青の $PeLED$ 、 $OLED$ 、および $QLED$ デバイスの色座標を有する (a) $DCI - P3$ および (b) $Rec. 2020$ の色空間の色域も示す $CIE 1931(x, y)$ 色空間色度図の表現を示す。

【図 9】赤、緑、青の $PeLED$ 、 $OLED$ 、および $QLED$ のための例示的なエレクトロルミネッセンス発光スペクトルの例を示す。

【図 10 - 1】発光ダイオードの様々な組み合わせを含む様々なピクセル配列構成を示す。

【図 10 - 2】発光ダイオードの様々な組み合わせを含む様々なピクセル配列構成を示す。

【図 11】3つのサブピクセルを有するピクセル配列のためのサブピクセルレイアウトおよびサイズの様々な構成を示す。

【図 12】4つのサブピクセルを有するピクセル配列のためのサブピクセルレイアウトとサイズの様々な構成を示す。

【図 13】1つ以上の色変更層を含むディスプレイのための様々な構成の断面を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 8 】

$PeLED$ の一般的なデバイスアーキテクチャと動作原理は、 $OLED$ と $QLED$ の場合とほぼ同じである。これらのタイプの発光デバイスの各々は、アノードとカソードとの間に配置され、電気的に接続された少なくとも1つの発光層を含む。 $PeLED$ の場合、発光層はペロブスカイト発光材料を含む。 $OLED$ の場合、発光層は有機発光材料を含む。 $QLED$ の場合、発光層は量子ドット発光材料を含む。これらの発光デバイスの各々について、電流が印加されると、アノードは正孔を注入し、カソードは電子を発光層（複数可）に注入する。注入された正孔と電子は各々、反対に帯電した電極に向かって移動する。電子と正孔が局在化すると、励起エネルギー状態を有する局在化した電子正孔の対である励起子が形成され得る。励起子が光電子放出メカニズムを介して緩和すると、光が発せられる。熱放射および/またはオージェ再結合のような非放射メカニズムも起こり得るが、一般的には望ましくないと考えられている。 $PeLED$ 、 $OLED$ 、および $QLED$ に必要なデバイスアーキテクチャと動作原理が実質的に類似しているため、これらの発光デ

バイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0039】

図1は、発光デバイス100を示している。発光デバイス100は、PeLED、OLED、またはQLEDであり得る。デバイス100は、基板110、アノード115、正孔注入層120、正孔輸送層125、電子遮断層130、発光層135、正孔遮断層140、電子輸送層145、電子注入層150、カソード155、キャッピング層160、およびバリア層165を含み得る。デバイス100は、順に記載された層を堆積することによって製作されてもよい。デバイス100は、カソード155の下に配置されたアノード115を有するので、デバイス100は、「標準的な」デバイスアーキテクチャと呼ばれ得る。PeLEDの場合、発光層はペロブスカイト発光材料を含む。OLEDの場合、発光層は有機発光材料を含む。QLEDの場合、発光層は量子ドット発光材料を含む。

10

【0040】

図2は、反転発光デバイス200を示している。発光デバイス200は、PeLED、OLED、またはQLEDであり得る。デバイスは、基板210、カソード215、発光層220、正孔輸送層225、およびアノード230を含む。デバイス200は、順に記載された層を堆積することによって製作されてもよい。デバイス200は、アノード230の下に配置されたカソード215を有するので、デバイス200は、「反転」デバイスアーキテクチャと呼ばれ得る。PeLEDの場合、発光層はペロブスカイト発光材料を含む。OLEDの場合、発光層は有機発光材料を含む。QLEDの場合、発光層は量子ドット発光材料を含む。デバイス100に対して記載されたものと同様の材料を、デバイス200の対応する層で使うことができる。図2は、PeLED、OLED、またはQLEDの構造からいくつかの層がどのように省略され得るかの一例を提供する。

20

【0041】

図1および図2に図示される単純な層状構造は、非限定的な例として提供され、本発明の実施形態は、多種多様な他の構造に関連して使用されることが理解される。記載されている特定の材料および構造は、本質的に例示的なものであり、他の材料および構造を使用することができる。機能性PeLED、OLED、およびQLEDは、異なる方法で説明した様々な層を組み合わせることによって実現されてもよく、性能、設計、およびコストなどの要因に基づいて、層を完全に省略してもよい。特に記載されていない他の層も含まれ得る。特に記載されているもの以外の材料を使用することができる。本明細書で提供される例の多くは、単一の材料を含むものとして様々な層を説明しているが、材料の組み合わせを使用することが理解される。また、層は様々な副層を有していてもよい。本明細書の様々な層に付けられた名前は、厳密に限定することを意図するものではない。例えば、デバイスでは、正孔輸送層は、発光層に正孔を輸送および注入することができ、正孔輸送層または正孔注入層として説明することができる。

30

【0042】

PeLED、OLED、およびQLEDは、一般に、電極のうちの少なくとも1つを通して光を発することを意図されており、1つ以上の透明電極は、そのような光電子デバイスにおいて有用であり得る。例えば、酸化インジウムスズ(ITO)などの透明電極材料を下部電極に使用することができ、一方、マグネシウムと銀を混合した(Mg:Ag)薄い金属層などの透明電極材料を上部電極に使用することができる。下部電極を通してのみ発光することを意図したデバイスの場合、上部電極は透明である必要はなく、高反射率を有する金属層など、不透明および/または反射層から構成され得る。同様に、上部電極を通して発光することのみを意図したデバイスの場合、下部電極は、高い反射率を有する金属層など、不透明および/または反射性であってもよい。電極を透明にする必要がない場合、より厚い層を使用すると、導電率が向上し、デバイスの電圧降下やジュール熱が減少する可能性があり、反射電極を使用すると、透明電極に向かって光を戻すように反射させて他方の電極から発せられる光の量を増加させることができる。両方の電極が透明である完全に透明なデバイスも製作され得る。

40

【0043】

50

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で基板 110 を含み得る。基板 110 は、所望の構造的および光学的特性を提供するいずれかの適切な材料を含み得る。基板 110 は、剛性または可撓性であり得る。基板 110 は、平坦であっても湾曲していてもよい。基板 110 は、透明、半透明、または不透明であり得る。好ましい基板材料は、ガラス、プラスチックおよび金属箔である。布および紙などの他の基板を使用してもよい。基板 110 の材料および厚さは、所望の構造的および光学的特性を得るために選択され得る。PeLED、OLED、およびQLEDに必要な基板特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0044】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意でアノード 115 を含み得る。アノード 115 は、アノード 115 が正孔を伝導してデバイスの層に注入することができるように、当技術分野で知られているいずれかの適切な材料または材料の組み合わせを含むことができる。好ましいアノード 115 の材料は、インジウムスズ酸化物 (ITO)、インジウム亜鉛酸化物 (IZO)、およびアルミニウム亜鉛酸化物 (AlZnO) などの導電性金属酸化物、銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、アルミニウム - ネオジム (Al: Nd)、金 (Au)、およびそれらの合金などの金属、またはそれらの組み合わせを含む。他の好ましいアノード 115 の材料は、グラフェン、カーボンナノチューブ、ナノワイヤまたはナノ粒子、銀ナノワイヤもしくはナノ粒子、有機材料、例えばポリ (3, 4 - エチレンジオキシチオフェン)、ポリスチレンスルホン酸塩 (PEDOT: PSS) およびその誘導体、またはそれらの組み合わせを含む。いくつかのデバイスでは、単層において 1 つ以上のアノード材料を含む複合アノードが好ましい場合がある。いくつかのデバイスでは、1 つ以上の層において 1 つ以上のアノード材料を含む多層アノードが好ましい場合がある。多層アノードの一例は、ITO / Ag / ITO である。PeLED、OLED、およびQLEDのための標準的なデバイスアーキテクチャでは、アノード 115 は、基板を介して光が発せられる下部発光デバイスを作成するために十分に透明であってもよい。標準的なデバイスアーキテクチャにおいて一般的に使用される透明アノードの一例は、ITO の層である。標準的なデバイスアーキテクチャにおいて一般的に使用される透明アノードの別の例は、ITO / Ag / ITO であり、Ag の厚さは約 25 nm 未満である。約 25 nm 未満の厚さの銀の層を含むことにより、アノードは透明であると同時に部分的に反射性であってもよい。このような透明で部分的に反射性のアノードを LiF / Al などの反射カソードと組み合わせると、デバイス内にマイクロキャビティ効果を生み出すという利点を得ることができる。マイクロキャビティは、以下の利点、すなわち、デバイスから発せられる光の総量の増加、したがって、より高い効率および明るさ、順方向に発せられる光の割合の増加、したがって、法線入射における見かけの明るさの増加、および発光スペクトルの狭帯域化、その結果としての、彩度が増加した発光のうちの 1 つ以上を提供することができる。アノード 115 は不透明および / または反射性であってもよい。PeLED、OLED、およびQLEDのための標準的なデバイスアーキテクチャでは、デバイスの上部から発せられる光の量を増加させるために、いくつかの上部発光デバイスでは反射アノード 115 が好ましい場合がある。標準的なデバイスアーキテクチャにおいて一般的に使用される反射アノードの一例は、ITO / Ag / ITO の多層アノードであり、Ag の厚さは約 80 nm 超である。このような反射アノードを、Mg : Ag のような透明で部分的に反射性のカソードと組み合わせると、デバイス内にマイクロキャビティ効果を生み出すという利点を得ることができる。マイクロキャビティは、以下の利点、すなわち、デバイスから発せられる光の総量の増加、したがって、より高い効率および明るさ、順方向に発せられる光の割合の増加、したがって、法線入射における見かけの明るさの増加、および発光スペクトルの狭帯域化、その結果としての、彩度が増加した発光のうちの 1 つ以上を提供することができる。アノード 115 の材料および厚さは、所望の導電性および光学的特性を得るために選択され得る。アノード 115 が透明である場合には、所望の導電性を提供するのに十分な厚さでありながら、所望の透明度を提供

10

20

30

40

50

するのに十分な薄さである、特定の材料のための厚さの範囲が存在してもよい。他の材料および構造を使用することができる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要なアノード特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0045】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で正孔輸送層125を含み得る。正孔輸送層125は、正孔を輸送することができる材料を含み得る。正孔輸送層125は、溶解法または真空蒸着法によって堆積され得る。正孔輸送層125は、ドーピングされていても、ドーピングされていなくてもよい。ドーピングは、導電性を強化するために使用することができる。

10

【0046】

ドーピングされていない正孔輸送層の例は、N, N'-ジ(1-ナフチル)-N, N'-ジフェニル-(1, 1'-ビフェニル)-4, 4'-ジアミン(NPD)、ポリ[(9, 9-ジオクチルフルオレニル-2, 7-ジイル)-コ-(4, 4'-(N-(4-sec-ブチルフェニル)ジフェニルアミン(TFB)、ポリ[N, N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N, N'-ビス(フェニル)ベンジジン](ポリ-TPD)、ポリ(9-ビニルカルバゾール)(PVK)、4, 4'-ビス(N-カルバゾリル)-1, 1'-ビフェニル(CBP)、スピロ-OMeTAD、および酸化モリブデン(MoO₃)である。ドーピングされた正孔輸送層の一例は、F₄-TCNQを50:1のモル比でドーピングした4, 4', 4'-Tris[フェニル(m-トリル)アミノ]トリフェニルアミン(m-MTDATA)である。溶解処理された正孔輸送層の一例は、PEDOT:PSSである。他の正孔輸送層および構造を使用することができる。正孔輸送材料の前述の例はすべて、PeLEDでの応用に特に適している。しかしながら、これらの材料は、OLEDおよびQLEDにおいても効果的に実装することができる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要な正孔輸送層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

20

【0047】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で発光層135を含み得る。発光層135は、電流がアノード115とカソード155との間を通過するときに発光することができる材料を含み得る。デバイスアーキテクチャと動作原理は、PeLED、OLED、およびQLEDでほぼ同じである。しかしながら、これらの発光デバイスは、それらのそれぞれの発光層の違いによって区別され得る。PeLEDの発光層は、ペロブスカイト発光材料を含み得る。OLEDの発光層は、有機発光材料を含み得る。QLEDの発光層は、量子ドット発光材料を含み得る。

30

【0048】

ペロブスカイト発光材料の例には、メチルアンモニウムヨウ化鉛(CH₃NH₃PbI₃)、メチルアンモニウム臭化鉛(CH₃NH₃PbBr₃)、メチルアンモニウムリード塩化物(CH₃NH₃PbCl₃)、ホルムアミジニウムヨウ化鉛(CH(NH₂)₂PbI₃)、ホルムアミジリードブロマイド(CH(NH₂)₂PbBr₃)、ホルムアミジニウム塩化鉛(CH(NH₂)₂PbCl₃)、ヨウ化セシウム鉛(CsPbI₃)、臭化セシウム鉛(CsPbBr₃)、および塩化セシウム鉛(CsPbCl₃)などの、3Dペロブスカイト材料が含まれる。ペロブスカイト発光材料の例には、CH₃NH₃PbI_{3-x}Cl_x、CH₃NH₃PbI_{3-x}Br_x、CH₃NH₃PbCl_{3-x}Br_x、CH(NH₂)₂PbI_{3-x}Br_x、CH(NH₂)₂PbI_{3-x}Cl_x、CH(NH₂)₂PbCl_{3-x}Br_x、CsPbI_{3-x}Cl_x、CsPbI_{3-x}Br_x、およびCsPbCl_{3-x}Br_xなどの、混合ハロゲン化物を用いた3Dペロブスカイト材料がさらに含まれ、ここで、xは0~3の範囲内である。ペロブスカイト発光材料の例には、(C₁₀H₇CH₂NH₃)₂PbI₄、(C₁₀H₇CH₂NH₃)₂PbBr₄、(C₁₀H₇CH₂NH₃)₂PbCl₄、(C₆H₅C₂H₄NH₃)₂PbI₄、(C₆H₅C₂H₄NH₃)₂PbBr₄、および(C₆H₅C₂H₄NH₃)

40

50

$2PbCl_4$ などの 2D ペロブスカイト材料、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2Pb_{13-x}Cl_x$ 、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2Pb_{13-x}Br_x$ 、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2PbCl_{3-x}Br_x$ 、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2Pb_{13-x}Cl_x$ 、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2Pb_{13-x}Br_x$ 、および $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2PbCl_{3-x}Br_x$ などの混合ハロゲン化物を用いた 2D ペロブスカイト材料がさらに含まれ、ここで、 x は 0 ~ 3 の範囲内である。ペロブスカイト発光材料の例には、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}Pb_{14}$ 、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}PbBr_4$ 、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}PbCl_4$ 、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3Pb_{12}Br)_{n-1}Pb_{14}$ 、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3Pb_{12}Br)_{n-1}PbBr_4$ 、および $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3Pb_{12}Br)_{n-1}PbCl_4$ などの準 2D ペロブスカイト材料がさらに含まれ、ここで、 n は層の数であり、任意で、 n は約 2 ~ 10 の範囲内であってもよい。ペロブスカイト発光材料の例には、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}Pb_{13-x}Cl_x$ 、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}Pb_{13-x}Br_x$ 、 $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2(CH(NH_2)_2PbBr_3)_{n-1}PbCl_{3-x}Br_x$ 、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3Pb_{12}Br)_{n-1}Pb_{13-x}Cl_x$ 、 $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3Pb_{12}Br)_{n-1}Pb_{13-x}Br_x$ 、および $(C_{10}H_7CH_2NH_3)_2(CH_3NH_3Pb_{12}Br)_{n-1}PbCl_{3-x}Br_x$ などの混合ハロゲン化物を含む準 2D ペロブスカイト材料がさらに含まれ、ここで、 n は層の数であり、任意で、 n は約 2 ~ 10 の範囲内であってもよく、 x は 0 ~ 3 の範囲である。ペロブスカイト発光材料の例には、前述の例のいずれかがさらに含まれ、二価金属カチオン鉛 (Pb^{+}) は、スズ (Sn^{+})、銅 (Cu^{+})、またはユーロビウム (Eu^{+}) で置換されてもよい。ペロブスカイト発光材料の例には、準 2D ペロブスカイト材料に非常に似た構造を有するペロブスカイト発光ナノ結晶がさらに含まれる。

【0049】

ペロブスカイト発光材料としては、ヨウ化メチルアンモニウム鉛 ($CH_3NH_3Pb_{13}$)、臭化メチルアンモニウム鉛 ($CH_3NH_3PbBr_3$)、塩化メチルアンモニウム鉛 ($CH_3NH_3PbCl_3$) などの、有機金属ハロゲンペロブスカイト材料が含まれてもよく、ここで、材料は有機カチオンを含む。ペロブスカイト発光材料は、ヨウ化セシウム鉛 ($CsPb_{13}$)、臭化セシウム鉛 ($CsPbBr_3$)、および塩化セシウム鉛 ($CsPbCl_3$) などの無機金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料を含んでもよく、ここで、材料は無機カチオンを含む。さらに、ペロブスカイト発光材料は、有機および無機カチオンの組み合わせが存在するペロブスカイト発光材料を含み得る。有機または無機カチオンの選択は、所望の発光色、エレクトロルミネッセンスの効率、エレクトロルミネッセンスの安定性、および処理の容易さを含むいくつかの要因によって決定され得る。無機金属ハロゲン化物ペロブスカイト材料は、図 5 に示されるようなナノ結晶構造を有するペロブスカイト発光材料に特によく適しており、無機カチオンは、コンパクトで安定したペロブスカイト発光ナノ結晶構造を可能にし得る。

【0050】

ペロブスカイト発光材料は、種々の方法で発光層 135 に含まれ得る。例えば、発光層は、2D ペロブスカイト発光材料、準 2D ペロブスカイト発光材料または 3D ペロブスカイト発光材料、もしくはそれらの組み合わせを含み得る。任意で、発光層は、ペロブスカイト発光ナノ結晶を含み得る。任意で、発光層 135 は、準 2D ペロブスカイト発光材料のアンサンブルを含んでもよく、ここで、アンサンブル中の準 2D ペロブスカイト発光材料は、異なる数の層を含む。準 2D ペロブスカイト発光材料のアンサンブルは、層数が少なくエネルギーバンドギャップが大きい準 2D ペロブスカイト発光材料から、層数が多くエネルギーバンドギャップが小さい準 2D ペロブスカイト発光材料へのエネルギー移動があってもよい。このエネルギーファンネルは、P e L E D デバ

イス内の励起子を効率的に閉じ込めることができ、デバイスの性能を改善させることができる。任意で、発光層 1 3 5 は、ペロブスカイト発光ナノ結晶材料を含み得る。ペロブスカイト発光ナノ結晶材料は、ナノ結晶境界を使用して P e L E D デバイスに励起子を閉じ込めることができ、表面カチオンを使用してナノ結晶境界を不動態化することができるので、好ましい場合がある。この励起子の閉じ込めおよび表面の不動態化により、デバイスの性能が改善する可能性がある。他の発光層材料および構造を使用することができる。

【 0 0 5 1 】

有機発光材料は、蛍光性またはリン光性であってもよいが、または三重項 - 三重項消滅 (T T A) または熱活性化遅延蛍光 (T A D F) などのメカニズムを介して発光してもよい。蛍光有機発光材料のいくつかの例は、欧州特許第 E P 0 4 2 3 2 8 3 B 1 号に記載されている。リン光性有機発光材料のいくつかの例は、米国特許第 U S 6 3 0 3 2 3 8 B 1 号および同第 U S 7 2 7 9 7 0 4 B 2 号に記載されている。T A D F メカニズムを介して発光する有機発光材料のいくつかの例は、U o y a m a らに記載されている。これらの引用はすべて、参照によりその全体が本明細書に含まれる。

10

【 0 0 5 2 】

量子ドット発光材料は、フォトルミネセントまたはエレクトロルミネセントであり得る。本明細書で使用されるように、「量子ドット発光材料」という用語は、エレクトロルミネセント量子ドット発光材料のみを指す。本文中で「量子ドット発光材料」が言及されている場合は常に、エレクトロルミネセント量子ドット発光材料が参照されていることを理解されたい。量子ドット発光材料のいくつかの例は、K a t h i r g a m a n a t h a n ら (1) に記載されており、その全体が参照により本明細書に含まれている。

20

【 0 0 5 3 】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で、電子輸送層 1 4 5 を含む得る。電子輸送層 1 4 5 は、電子を輸送することができるいずれかの材料を含み得る。電子輸送層 1 4 5 は、溶解法または真空蒸着法によって蒸着され得る。電子輸送層 1 4 5 は、ドーピングされていても、ドーピングされていなくてもよい。ドーピングは、導電性を強化するために使用することができる。

【 0 0 5 4 】

ドーピングされていない電子輸送層の例は、トリス (8 - ヒドロキシキノリナト) アルミニウム (A l q ₃)、2 , 2 ' , 2 ' ' - (1 , 3 , 5 - ベンジントリイル) - トリス (1 - フェニル - 1 - H - ベンズイミダゾール) (T P B i)、2 , 9 - ジメチル - 4 , 7 - ジフェニル - 1 , 1 0 - フェナントロリン (B C P)、酸化亜鉛 (Z n O)、および二酸化チタン (T i O ₂) である。ドーピングされた電子輸送層の一例は、リチウム (L i) をモル比 1 : 1 でドーピングした 4 , 7 - ジフェニル - 1 , 1 0 - フェナントロリン (B P h e n) である。溶解処理された電子輸送層の一例は、[6 , 6] - フェニル C 6 1 酪酸メチルエステル (P C B M) である。他の電子輸送層および構造を使用することができる。電子輸送材料の前述の例はすべて、P e L E D での応用に特に適している。しかしながら、これらの材料は、O L E D および Q L E D においても効果的に実装することができる。P e L E D、O L E D、および Q L E D に必要な電子輸送層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

30

40

【 0 0 5 5 】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で、カソード 1 5 5 を含む得る。カソード 1 5 5 は、カソード 1 5 5 が電子を伝導してデバイスの層に注入することができるように、当技術分野で知られているいずれかの適切な材料または材料の組み合わせを含むことができる。好ましいカソード 1 5 5 材料には、インジウムスズ酸化物 (I T O)、インジウム亜鉛酸化物 (I Z O)、およびフッ素スズ酸化物 (F T O) などの金属酸化物、カルシウム (C a)、バリウム (B a)、マグネシウム (M g)、およびイッテルビウム (Y b) などの金属、またはそれらの組み合わせが含まれる。他の好ましいカソード 1 5 5 材料には、銀 (A g)、アルミニウム (A l)、アルミニウム - ネオジム (A l :

50

Nd)、金(Au)、およびそれらの合金、またはそれらの組み合わせなどの金属が含まれる。いくつかのデバイスからは、単層において1つ以上のカソード材料を含む複合カソードが好ましい場合がある。複合カソードの一例は、Mg:Agである。いくつかのデバイスでは、1つ以上の層において1つ以上のカソード材料を含む多層アノードが好ましい場合がある。多層カソードの一例は、Ba/Alである。PeLED、OLED、およびQLEDのための標準的なデバイスアーキテクチャでは、カソード155は、デバイスの上部から光が発せられる上部発光デバイスを作成するために十分に透明であってもよい。標準的なデバイスアーキテクチャにおいて一般的に使用される透明カソードの一例は、Mg:Agの化合物層である。Mg:Agの化合物を使用することにより、カソードは、部分的に反射性であるだけでなく、透明であってもよい。このような透明で部分的に反射性のカソードを、Agの厚さが約80nm超であるITO/Ag/ITOなどの反射アノードと組み合わせて使用すると、デバイス内にマイクロキャビティ効果を生み出すという利点を得ることができる。マイクロキャビティは、以下の利点、すなわち、デバイスから発せられる光の総量の増加、したがって、より高い効率および明るさ、順方向に発せられる光の割合の増加、したがって、法線入射における見かけの明るさの増加、および発光スペクトルの狭帯域化、その結果としての、彩度が増加した発光のうちの1つ以上を提供することができる。カソード155は、不透明および/または反射性であり得る。PeLED、OLED、およびQLEDのための標準的なデバイスアーキテクチャでは、デバイスの底部から基板を通して発せられる光の量を増加させるために、いくつかの底部発光デバイスに反射カソード155が好ましい場合がある。標準的なデバイスアーキテクチャにおいて一般的に使用される反射カソードの一例は、LiF/Alの多層カソードである。このような反射カソードを、Agの厚さが約25nm未満であるITO/Ag/ITOなどの透明で部分的に反射性のアノードと組み合わせて使用すると、デバイス内にマイクロキャビティ効果を生み出すという利点を得ることができる。マイクロキャビティは、以下の利点、すなわち、デバイスから発せられる光の総量の増加、したがって、より高い効率および明るさ、順方向に発せられる光の割合の増加、したがって、法線入射における見かけの明るさの増加、および発光スペクトルの狭帯域化、その結果としての、彩度が増加した発光のうちの1つ以上を提供することができる。

【0056】

カソード155の材料および厚さは、所望の導電性および光学的特性を得るために選択され得る。カソード155が透明である場合には、所望の導電性を提供するのに十分な厚さでありながら、所望の透明度を提供するのに十分な薄さである、特定の材料のための厚さの範囲が存在してもよい。他の材料および構造を使用することができる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要なカソード特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0057】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で、1つ以上の遮断層を含み得る。遮断層を使用して、発光層を出る電荷キャリア(電子または正孔)および/または励起子の数を減らすことができる。電子遮断層130を発光層135と正孔輸送層125との間に配置して、発光層135から正孔輸送層125の方向に出ていく電子を遮断することができる。同様に、正孔遮断層140を発光層135と電子輸送層145との間に配置して、発光層135から電子輸送層145の方向に出ていく正孔を遮断することができる。遮断層はまた、発光層から拡散する励起子を遮断するために使用され得る。本明細書で使用されるように、かつ当業者によって理解されるように、「遮断層」という用語は、層が電荷キャリアおよび/または励起子の輸送を著しく阻害するバリアを提供することを意味し、層が電荷キャリアおよび/または励起子を完全に遮断することを示唆するものではない。デバイス内のそのような遮断層の存在は、遮断層を欠く同様のデバイスと比較して、実質的により高い効率をもたらす可能性がある。遮断層を使用して、発光をデバイスの所望の領域に限定することもできる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要な遮断層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一

10

20

30

40

50

デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0058】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で、1つ以上の注入層を含み得る。一般に、注入層は、電極などの1つの層から隣接する層への電荷キャリアの注入を改善することができる1つ以上の材料から構成される。注入層はまた、電荷輸送機能を果たしてもよい。

【0059】

デバイス100では、正孔注入層120は、アノード115から正孔輸送層125への正孔の注入を改善するいずれかの層であり得る。正孔注入層として使用できる材料の例は、蒸着することができる銅(I)フタロシアニン(CuPc)や1,4,5,8,9,11-ヘキサアザトリフェニレンヘキサカルボニトリル(HATCN)、およびPEDOT:PSSなどのポリマーがあり、これは溶液から堆積することができる。正孔注入層として使用できる材料の別の例は、酸化モリブデン(MoO₃)である。正孔注入材料の前述の例はすべて、PeLEDでの応用に特に適している。しかしながら、これらの材料は、OLEDおよびQLEDにおいても効果的に実装することができる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要な正孔注入層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0060】

正孔注入層(HIL)120は、本明細書に記載の相対IPエネルギーによって定義されるように、HILの一方の側に隣接するアノード層と、HILの反対側に隣接する正孔輸送層とに、有利に適合するHOMOエネルギー準位を有する電荷搬送成分を含んでいてもよい。「電荷搬送成分」は、実際に正孔を輸送するHOMOエネルギー準位を担う材料である。この材料は、HILの基材であってもよいが、またはドーパントであってもよい。ドーパされたHILを使用することにより、ドーパントをその電気的特性に合わせて選択することができ、ホストを形態学的特性、例えば堆積のしやすさ、濡れ性、柔軟性、および靱性などに合わせて選択することができる。HIL材料の好ましい特性は、正孔がアノードからHIL材料に効率的に注入され得るようなものである。HIL120の電荷搬送成分は、好ましくは、アノード材料のIPを超える約0.5 eV以下のIPを有する。同様の条件は、正孔が注入されているいずれの層にも応用される。HIL材料は、PeLED、OLED、またはQLEDの正孔輸送層で通常使用される従来の正孔輸送材料とはさらに区別され、そのようなHIL材料は、実質的に従来の正孔輸送材料の正孔伝導率未満の正孔伝導率を有し得る。本発明のHIL120の厚さは、アノードを平坦化し、効率的な正孔注入を可能にするのに十分な厚さであってもよいが、正孔の輸送を妨げないような薄さであってもよい。例えば、10 nm程度のHILの厚さが許容され得る。しかしながら、一部のデバイスでは、最大50 nmのHILの厚さが好ましい場合がある。

【0061】

デバイス100では、電子注入層150は、カソード155から電子輸送層145への電子の注入を改善するいずれかの層であり得る。電子注入層として使用できる材料の例は、フッ化リチウム(LiF)、フッ化ナトリウム(NaF)、フッ化バリウム(BaF)、およびフッ化セシウム(CsF)などの無機塩、および炭酸セシウム(CsCO₃)である。電子注入層として使用できる材料の他の例は、酸化亜鉛(ZnO)および酸化チタン(TiO₂)などの金属酸化物、ならびにカルシウム(Ca)、バリウム(Ba)、マグネシウム(Mg)、およびイットルビウム(Yb)などの金属である。材料の組み合わせの他の材料を、注入層に使用することができる。特定のデバイスの構成に応じて、注入層は、デバイス100に示されているものとは異なる場所に配置され得る。電子注入材料の前述の例はすべて、PeLEDでの応用に特に適している。しかしながら、これらの材料は、OLEDおよびQLEDにおいても効果的に実装することができる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要な電子注入層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0062】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で、キャッピング層 160 を含み得る。キャッピング層 160 は、デバイスからの光抽出を強化することができるいずれかの材料を含み得る。好ましくは、キャッピング層 160 は、上部発光デバイスアーキテクチャにおいて上部電極上に配置される。好ましくは、キャッピング層 160 は、少なくとも 1.7 の屈折率を有し、発光層 135 から上部電極を通してデバイスを出る光の通過を強化するように構成され、それにより、デバイス効率を強化する。キャッピング層 160 に使用できる材料の例は、4,4'-ビス(N-カルバゾリル)-1,1'-ビフェニル(CBP)、Alq₃、およびより一般的には、トリアミンおよびアリレンジアミンである。キャッピング層 160 は、単一の層または複数の層を含み得る。他のキャッピング層の材料および構造を使用することができる。PeLED、OLED、およびQLEDに必要なキャッピング層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

10

20

30

40

50

【0063】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、任意で、バリア層 165 を含み得る。バリア層 165 の 1 つの目的は、湿気、蒸気および/またはガスを含む、環境中の損傷を与える種からデバイス層を保護することである。任意で、バリア層 165 は、基板、電極、またはエッジを含むデバイスのいずれかの他の部分の上、下、または隣に蒸着させることができる。任意で、バリア層 165 は、ガラスまたは金属などのバルク材料であり得、バルク材料は、基板、電極、またはデバイスのいずれかの他の部分の上、下、隣に貼り付けることができる。任意で、バリア層 165 をフィルム上に蒸着させることができ、フィルムを、基板、電極、またはデバイスのいずれかの他の部分の上、下、隣に貼り付けることができる。バリア層 165 がフィルム上に蒸着される場合、好ましいフィルム材料は、ガラス、ポリエチレンテレフタレート(PET)、およびポリエチレンナフタレート(PEN)などのプラスチック、ならびに金属箔を含む。バリア層 165 がバルク材料であるか、またはフィルム上に蒸着される場合、フィルムまたはバルク材料をデバイスに貼り付けるために使用される好ましい材料には、熱またはUV硬化性接着剤、ホットメルト接着剤および感圧接着剤が含まれる。

【0064】

バリア層 165 は、バルク材料であってもよいが、またはスパッタリング、真空熱蒸着、電子ビーム蒸着、およびプラズマ化学気相成長法(PECVD)および原子層成長法(ALD)などの化学蒸着(CVD)技術を含む様々な既知の蒸着技術によって形成されていてもよい。バリア層 165 は、単相を有する組成物、ならびに複数の相を有する組成物を含み得る。いずれかの適切な材料または材料の組み合わせを、バリア層 165 に使用することができる。バリア層 165 は、有機または無機化合物、もしくはその両方を組み込むことができる。好ましい無機バリア層材料には、Al₂O₃などの酸化アルミニウム、SiO₂などの酸化ケイ素、SiN_xなどの窒化ケイ素、およびガラスや金属などのバルク材料が含まれる。好ましい有機バリア層材料には、ポリマーが含まれる。バリア層 165 は、単一の層または複数の層を含み得る。いくつかのデバイスでは、1 つ以上の層において 1 つ以上のバリア材料を含む多層バリアが好ましい場合がある。多層バリアの 1 つの好ましい例は、多層バリア SiN_x/ポリマー/SiN_xなどの、SiN_xとポリマーの交互の層を含むバリアである。PeLED、OLED、およびQLEDに必要なバリア層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0065】

特に指定されない限り、様々な実施形態の層のうちのいずれか 1 つは、いずれかの適切な方法で蒸着されてもよい。方法には、真空熱蒸着、スパッタリング、電子ビーム物理蒸着、有機気相蒸着、および有機蒸気ジェット印刷が含まれる。他の適切な方法には、スピンコーティングおよび他の溶液ベースの処理が含まれる。実質的に同様の処理を使用して、PeLED、OLED、およびQLEDを蒸着することができ、これにより、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一のデバイスに組み合わせることが容易になる。

【0066】

本発明の実施形態に従って製作されたデバイスは、広範囲の消費者製品に組み込むことができる。任意で、デバイスは、テレビ、コンピュータモニタ、タブレット、ラップトップコンピュータ、スマートフォン、携帯電話、デジタルカメラ、ビデオレコーダ、スマートウォッチ、フィットネストラッカ、パーソナルデジタルアシスタント、車両ディスプレイ、および他の電子デバイスのディスプレイに使用することができる。任意で、デバイスは、イクロディスプレイまたはヘッドアップディスプレイに使用することができる。任意で、デバイスは、内部または外部の照明および/または信号伝達のための光源、スマートパッケージ、または看板で使用されてもよい。

【0067】

任意で、パッシブマトリックスおよびアクティブマトリックスアドレススキームを含む、本発明に従って製作された P e L E D、O L E D、および Q L E D デバイスを制御するために、様々な制御メカニズムを使用することができる。

【0068】

本明細書に記載の材料および構造は、発光デバイス以外のデバイスにおいても応用があり得る。例えば、太陽電池、光検出器、トランジスタ、またはレーザなどの他の光電子デバイスは、材料および構造を採用してもよい。

【0069】

層、材料、領域およびデバイスは、それらが発する光色を参照して本明細書で説明することができる。本明細書で使用されるように、「赤色」の層、材料、領域、またはデバイスは、約 580 ~ 780 nm の範囲にピーク波長がある発光スペクトルを有する光を発するものを指し、「緑色」の層、材料、領域、またはデバイスは、約 500 ~ 580 nm の範囲にピーク波長がある発光スペクトルを有する光を発するものを指し、「青色」の層、材料、領域、またはデバイスは、約 380 ~ 500 nm の範囲にピーク波長がある発光スペクトルを有する光を発するものを指し、「水色」の層、材料、領域、またはデバイスは、約 460 ~ 500 nm の範囲にピーク波長がある発光スペクトルを有する光を発するものを指し、「黄色」の層、材料、領域、またはデバイスは、約 540 ~ 600 nm の範囲にピーク波長がある発光スペクトルを有する光を発するものを指す。好ましい範囲には、赤色については約 600 ~ 640 nm、緑色については約 510 ~ 550 nm、青色については約 440 ~ 465 nm、水色については約 465 ~ 480 nm、および黄色については約 550 ~ 580 nm の範囲のピーク波長が含まれる。

【0070】

同様に、色変更層への何らかの言及は、光の別の色を、その色に指定された波長を有する光に変換または変更する層を指す。例えば、「赤色」カラーフィルタは、約 580 ~ 780 nm の範囲にピーク波長がある発光スペクトルを有する光をもたらしフィルタを指す。一般に、色変更層には2つのクラス、すなわち、不要な光の波長を除去することによってスペクトルを変更するカラーフィルタと、高エネルギーの光子を低エネルギーの光子に変換する色変更層とがある。

【0071】

ディスプレイ技術は急速に進化しており、近年の技術革新によって、より高い解像度、改善されたフレームレート、および強化されたコントラスト比を備えた、より薄くて軽いディスプレイが可能になっている。しかしながら、まだ大幅な改善が必要な領域の1つに色域がある。デジタルディスプレイは現在、平均的な人が日常生活で経験する色の多くを生成することができない。色域の改善に向けて業界を統一し、誘導するために、D C I - P 3 と R e c . 2 0 2 0 という2つの業界標準が定義されており、D C I - P 3 は R e c . 2 0 2 0 への足がかりと見なされることがよくある。

【0072】

D C I - P 3 は、D i g i t a l C i n e m a I n i t i a t i v e s (D C I) 組織によって定義され、S o c i e t y o f M o t i o n P i c t u r e a n d T e l e v i s i o n E n g i n e e r s (S M P T E) によって発表された。R e

10

20

30

40

50

c. 2020 (より正式にはITU-R勧告BT. 2020として知られている)は、International Telecommunication Unionが策定したもので、超高精細テレビの様々な面で色域の改善などを含む目標を設定している。

【0073】

CIE1931(x, y)色度図は、1931年にCommission Internationale de l'Eclairage(CIE)によって作成され、平均的な人が体験できるすべての色感覚を定義している。数学的関係は、色度図内の各色の位置を表す。CIE1931(x, y)色度図を使用して、ディスプレイの色域を定量化することができる。白色点(D65)は中央にあり、色は図の端に向かってますます(深く)飽和していく。図6は、色空間内の色の分布を一般的に理解できるように、図上の異なる位置にラベルを追加したCIE1931(x, y)色度図を示している。図7は、CIE1931(x, y)の色度図に重ね合わせた(a)DCI-P3と(b)Rec. 2020の色空間を示している。三角形の先端はそれぞれDCI-P3とRec. 2020の原色であり、三角形内の領域はこれらの原色を組み合わせることで再現可能な全ての色である。ディスプレイがDCI-P3の色域仕様を満たすためには、ディスプレイの赤、緑、青のサブピクセルは、少なくともDCI-P3の原色と同じ深さの色で発光しなければならない。ディスプレイがRec. 2020の色域仕様を満たすためには、ディスプレイの赤、緑、青のサブピクセルは、少なくともRec. 2020の原色と同じ深さの色で発光しなければならない。Rec. 2020の原色はDCI-P3よりもかなり深いため、色域に関するRec. 2020標準の達成は、DCI-P3標準の達成よりも技術的な課題が大きいと考えられている。

10

20

【0074】

OLEDディスプレイは、DCI-P3の色域を正常にレンダリングすることができる。例えば、iPhone X(Apple)、Galaxy S9(Samsung)、OnePlus 5(OnePlus)などのOLEDディスプレイを搭載したスマートフォンはすべて、DCI-P3の全域をレンダリングすることができる。市販の液晶ディスプレイ(LCD)も、DCI-P3の色域を正常にレンダリングすることができる。例えば、Surface Studio(Microsoft)、Mac Book Pro、およびiMac Pro(どちらもApple)のLCDはすべて、DCI-P3の全域をレンダリングすることができる。さらに、エレクトロルミネセントおよびフォトルミネセント量子ドット技術は、広い色域を備えたエレクトロルミネセントおよびフォトルミネセントOLEDディスプレイを実証するためにも使用されている。しかしながら、これまで、Rec. 2020の色域をレンダリングできるディスプレイは実証されていない。

30

【0075】

ここでは、ディスプレイでの応用のための新規のピクセル配列を開示する。様々な実施形態において、ディスプレイに実装される場合、ピクセル配列は、ディスプレイがDCI-P3の色域をレンダリングすることを可能にすることができる。様々な実施形態において、ディスプレイに実装される場合、ピクセル配列は、ディスプレイがRec. 2020の色域をレンダリングすることを可能にすることができる。

【0076】

新規のピクセル配列は、複数のピクセルを含み、各ピクセルは、第1の光色を発するように構成されている第1のサブピクセルであって、第1のサブピクセルがPeLEDを含む、第1のサブピクセルと、第1の光色とは異なる第2の光色を発するように構成されている第2のサブピクセルと、第1および第2の光色とは異なる第3の光色を発するように構成されている第3のサブピクセルと、を含み、第2のサブピクセルは、PeLED、OLED、またはQLEDを含み、第3のサブピクセルは、PeLED、OLED、またはQLEDを含む。

40

【0077】

これまで、PeLEDを含むディスプレイは実証されていない。ディスプレイでの応用のためのピクセル配列内に1つ以上のPeLEDを含めることにより、ディスプレイの色

50

域を拡張できることを実証する。さらに、ピクセル配列において、P e L E DをO L E Dおよび / またはQ L E Dと組み合わせることにより、色域をさらに拡張できることを実証する。

【 0 0 7 8 】

ディスプレイでの応用のためのピクセル配列が、本明細書で提供される。図 1 0 は、発光ダイオードの様々な組み合わせを含むピクセル配列の様々な構成を示している。各構成において、ピクセル配列は、複数のピクセルを含み、各ピクセルは、第 1 の光色を発するように構成されている第 1 のサブピクセル 3 1 0 であって、第 1 のサブピクセル 3 1 0 が P e L E Dを含む、第 1 のサブピクセル 3 1 0 と、第 1 の光色とは異なる第 2 の光色を発するように構成されている第 2 のサブピクセル 3 2 0 と、第 1 および第 2 の光色とは異なる第 3 の光色を発するように構成されている第 3 のサブピクセル 3 3 0 と、を含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 は、P e L E D、O L E D、またはQ L E Dを含み、第 3 のサブピクセル 3 3 0 は、P e L E D、O L E D、またはQ L E Dを含む。図 1 0 a は、第 1 のサブピクセル 3 1 0 が P e L E Dを含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 が P e L E D、O L E D、またはQ L E Dを含み、第 3 のサブピクセル 3 3 0 が P e L E D、O L E D、またはQ L E Dを含むピクセル配列 1 0 0 0 を示す。ピクセル配列 1 0 0 0 の一実施形態では、サブピクセルのうちの 1 つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの 1 つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの 1 つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、異なる発光ダイオードの組み合わせが、ピクセル配列内の各サブピクセルに対して最適なタイプの発光ダイオードを選択することを可能にし、それにより、P e L E Dのみ、O L E Dのみ、またはQ L E Dのみなどの単一のタイプの発光ダイオードを含むピクセル配列によって達成され得る性能を超えて性能を強化させることができるので、有利であり得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

ピクセル配列の一実施形態では、第 1 のサブピクセル 3 1 0 は P e L E Dを含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 は P e L E Dを含み、第 3 のサブピクセル 3 3 0 は P e L E Dを含む。図 1 0 b は、第 1 のサブピクセル 3 1 0 が P e L E Dを含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 が P e L E Dを含み、第 3 のサブピクセル 3 3 0 が P e L E Dを含むピクセル配列 1 0 1 0 を示す。ピクセル配列 1 0 1 0 の一実施形態では、サブピクセルのうちの 1 つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの 1 つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの 1 つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイのすべてのサブピクセルに P e L E Dが実装されている場合には、そのようなピクセル画素配置を構成するディスプレイの製造プロセスが、簡略化される可能性があるという点で有利であり得る。

【 0 0 8 0 】

ピクセル配列の一実施形態では、第 1 のサブピクセル 3 1 0 は P e L E Dを含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 および第 3 のサブピクセル 3 3 0 のうちの少なくとも 1 つは O L E DまたはQ L E Dを含む。そのようなピクセル配列は、異なる発光ダイオードの組み合わせが、ピクセル配列内の各サブピクセルに対して最適なタイプの発光ダイオードを選択することを可能にし、それにより、P e L E Dのみ、O L E Dのみ、またはQ L E Dのみなどの単一のタイプの発光ダイオードを含むピクセル配列から達成され得る性能を超えて性能を強化させることができるので、有利であり得る。

【 0 0 8 1 】

ピクセル配列の一実施形態では、第 1 のサブピクセル 3 1 0 は P e L E Dを含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 は P e L E Dを含み、第 3 のサブピクセル 3 3 0 は O L E DまたはQ L E Dを含む。図 1 0 c は、第 1 のサブピクセル 3 1 0 が P e L E Dを含み、第 2 のサブピクセル 3 2 0 が P e L E Dを含み、第 3 のサブピクセル 3 3 0 が O L E DまたはQ L E Dを含むピクセル配列 1 0 2 0 を示す。ピクセル配列 1 0 2 0 の一実施形態では、サブピクセルのうちの 1 つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの 1 つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの 1 つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第 1 および第 2 のサブピクセルには P e L E Dデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、ディスプレイの第 3 のサブピクセルに O L E DまたはQ L E Dデバイスアーキテク

チャが使用されると、ディスプレイの性能が強化される可能性があるので、有利であり得る。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。

【0082】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はP e L E Dを含み、第2のサブピクセル320はP e L E DまたはO L E Dを含み、第3のサブピクセル330はP e L E DまたはO L E Dを含み、ここで、第2のサブピクセルおよび第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つはO L E Dを含む。図10iは、第1のサブピクセル310がP e L E Dを含み、第2のサブピクセル320がP e L E DまたはO L E Dを含み、第3のサブピクセル330がP e L E DまたはO L E Dを含み、第2のサブピクセルおよび第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つがO L E Dを含むピクセル構成1080を示す。ピクセル配列1080の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。

10

【0083】

そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1のサブピクセルにはP e L E Dデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、ディスプレイの第2および/または第3のサブピクセルにO L E Dデバイスアーキテクチャが使用されると、ディスプレイの性能が強化される可能性があるので、有利であり得る。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、緑色光を発するP e L E Dを含んでもよく、第2のサブピクセルは、赤色光を発するO L E Dを含んでもよく、第3のサブピクセルは、青色光を発するO L E Dを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの色域を強化し得る。ディスプレイのピクセル配列内でのP e L E DデバイスアーキテクチャとO L E Dデバイスアーキテクチャの組み合わせは、P e L E Dデバイスの性能が必要な場合に、市販製品ですでに利用可能な高度なO L E Dの性能を補完し、強化できるため、特に有利であり得る。

20

【0084】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はP e L E Dを含み、第2のサブピクセル320はP e L E Dを含み、第3のサブピクセル330はO L E Dを含む。図10dは、第1のサブピクセル310がP e L E Dを含み、第2のサブピクセル320がP e L E Dを含み、第3のサブピクセル330がO L E Dを含むピクセル配列1030を示す。ピクセル配列1030の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1および第2のサブピクセルにはP e L E Dデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、O L E Dデバイスアーキテクチャがディスプレイの第3のサブピクセルに使用される場合、ディスプレイの性能が強化される可能性があるため、有利である可能性がある。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、赤色光を発するP e L E Dを含んでもよく、第2のサブピクセルは、緑色光を発するP e L E Dを含んでもよく、第3のサブピクセルは、青色光を発するO L E Dを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの色域を強化し得る。

30

40

【0085】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はP e L E Dを含み、第2のサブピクセル320はP e L E DまたはQ L E Dを含み、第3のサブピクセル330はP e L E DまたはQ L E Dを含み、ここで、第2のサブピクセルおよび第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つはQ L E Dを含む。図10jは、第1のサブピクセル310がP e L E Dを含み、第2のサブピクセル320がP e L E DまたはQ L E Dを含み、第3のサブピクセル330がP e L E DまたはQ L E Dを含み、第2のサブピクセルおよび第

50

3のサブピクセルのうちの少なくとも1つがQLEDを含むピクセル構成1090を示す。ピクセル配列1090の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。

【0086】

そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1のサブピクセルにはPeLEDデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、QLEDデバイスアーキテクチャが第2および/または第3のサブピクセルに使用される場合、ディスプレイの性能が強化される可能性があるため、有利である可能性がある。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、緑色光を発するPeLEDを含んでもよく、第2のサブピクセルは、赤色光を発するQLEDを含んでもよく、第3のサブピクセルは、青色光を発するPeLEDを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの色域を強化し得る。PeLEDデバイスアーキテクチャおよびQLEDデバイスアーキテクチャをディスプレイのピクセル配列内で組み合わせることは、ペロブスカイト発光材料と量子ドット発光材料の構造が類似しているため、これらのデバイスアーキテクチャを、さらなる複雑さをほとんどまたは全く伴わずに一緒に製造することができる可能性があるため、特に有利であり得る。例えば、溶解法の製造の場合、一般的な溶媒を使用して、ペロブスカイト発光材料および量子ドット発光材料を処理することができる。

【0087】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はPeLEDを含み、第2のサブピクセル320はPeLEDを含み、第3のサブピクセル330はQLEDを含む。図10eは、第1のサブピクセル310がPeLEDを含み、第2のサブピクセル320がPeLEDを含み、第3のサブピクセル330がQLEDを含むピクセル配列1040を示す。ピクセル配列1040の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1および第2のサブピクセルにはPeLEDデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、QLEDデバイスアーキテクチャがディスプレイの第3のサブピクセルに使用される場合、ディスプレイの性能が強化される可能性があるため、有利である可能性がある。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、緑色光を発するPeLEDを含んでもよく、第2のサブピクセルは、青色光を発するPeLEDを含んでもよく、第3のサブピクセルは、赤色光を発するQLEDを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの色域を強化し得る。

【0088】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はPeLEDを含み、第2のサブピクセル320はOLEDを含み、第3のサブピクセル330はOLEDを含む。図10fは、第1のサブピクセル310がPeLEDを含み、第2のサブピクセル320がOLEDを含み、第3のサブピクセル330がOLEDを含むピクセル配列1050を示す。ピクセル配列1050の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1のサブピクセルにはPeLEDデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、OLEDデバイスアーキテクチャがディスプレイの第2および第3のサブピクセルに使用される場合、ディスプレイの性能は強化される可能性があるため、有利である可能性がある。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、緑色光を発するPeLEDを含んでもよく、第2のサブピクセルは、赤色光を発するOLEDを含んでもよく、第3のサブピクセルは、青色光を発するOLEDを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディ

スプレイの色域を強化し得る。

【0089】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はPeLEDを含み、第2のサブピクセル320はQLEDを含み、第3のサブピクセル330はQLEDを含む。図10gは、第1のサブピクセル310がPeLEDを含み、第2のサブピクセル320がQLEDを含み、第3のサブピクセル330がQLEDを含むピクセル配列1060を示す。ピクセル配列1060の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1のサブピクセルにはPeLEDデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、QLEDデバイスアーキテクチャがディスプレイの第2および第3のサブピクセルに使用される場合、ディスプレイの性能が強化される可能性があるため、有利である可能性がある。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、青色光を発するPeLEDを含んでもよく、第2のサブピクセルは、赤色光を発するQLEDを含んでもよく、第3のサブピクセルは、緑色光を発するQLEDを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの色域を強化し得る。

10

【0090】

ピクセル配列の一実施形態では、第1のサブピクセル310はPeLEDを含み、第2のサブピクセル320はOLEDを含み、第3のサブピクセル330はQLEDを含む。図10hは、第1のサブピクセル310がPeLEDを含み、第2のサブピクセル320がOLEDを含み、第3のサブピクセル330がQLEDを含むピクセル配列1070を示す。ピクセル配列1070の一実施形態では、サブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、サブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、サブピクセルのうちの1つが青色光を発する。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの第1のサブピクセルにはPeLEDデバイスアーキテクチャが好ましい場合があるが、OLEDデバイスアーキテクチャがディスプレイの第2のサブピクセルに使用され、かつQLEDデバイスアーキテクチャがディスプレイの第3のサブピクセルに使用される場合、ディスプレイの性能は強化される可能性があるため、有利である可能性がある。例えば、ディスプレイの色域、エレクトロルミネッセンス効率および/またはエレクトロルミネッセンス安定性を強化することができる。一実施形態では、第1のサブピクセルは、緑色光を発するPeLEDを含んでもよく、第2のサブピクセルは、青色光を発するOLEDを含んでもよく、第3のサブピクセルは、赤色光を発するQLEDを含んでもよい。そのようなピクセル配列は、ディスプレイの色域を強化し得る。

20

30

【0091】

ピクセル配列1000、1010、1020、1030、1040、1050、1060、1070、1080、および1090は、少なくとも1つのサブピクセルに少なくとも1つのPeLEDを含めることにより、ピクセル配列の色域を拡張することができるという点で有利であり得る。ピクセル配列1000、1020、1030、1040、1050、1060、1070、1080、および1090は、1つ以上のPeLEDを1つ以上のOLEDおよび/またはQLEDと組み合わせ、ピクセル配列の色域をさらに拡張することができるという点でさらに有利であり得る。そのようなピクセル配列がディスプレイ内に実装される場合、ディスプレイの色域が拡張され得る。PeLED、OLEDおよび/またはQLEDデバイスのそのような組み合わせは、デバイスアーキテクチャと処理技術との間の実質的な類似性が、ピクセル配列内でのそれらの組み合わせを容易にするため、実際に実証され得る。異なる発光ダイオードの組み合わせにより、ピクセル配列内の各サブピクセルに対して最適なタイプの発光ダイオードを選択することが可能になり、それにより、PeLEDのみ、OLEDのみ、またはQLEDのみなどの単一のタイプの発光ダイオードを含むピクセル配列から期待できる性能を超える性能を強化させることができる。性能の強化は、拡大した色域、向上した効率、向上した輝度、延長した動作寿

40

50

命、低下した電圧、削減したコスト、またはその他の強化による場合がある。

【0092】

ピクセル配列の少なくとも1つのサブピクセルに少なくとも1つのPeLEDを含むこと、および/またはピクセル配列において1つ以上のPeLEDを1つ以上のOLEDおよび/またはQLEDと組み合わせることの1つ以上の利点は、表1および図8に示すデータを使用して実証され得る。表1は、赤、緑、および青のPeLED、OLED、およびQLEDデバイスのCIE1931(x, y)色座標を示している。表1には、DCI-P3およびRec. 2020色域標準のCIE1931(x, y)色座標も含まれている。一般に、赤色光の場合、CIE x値が高いほど発光色が濃くなり、緑色光の場合、CIE y値が高くなると発光色が濃くなり、青色光の場合、CIE y値が低いほど発光色が濃くなる。これは、表1の赤、緑、および青のR&D PeLED(丸)、R&D OLED(五角形)、R&D QLED(三角形)、および市販のOLED(四角形)のデバイスデータのためのマーカ、ならびに図8aのDCI-P3色域の原色のためのマーカ、および図8bのRec. 2020色域のためのマーカを含む図8を参照して理解することができる。

10

【0093】

図9は、赤、緑、および青のPeLED、OLED、およびQLEDの例示的なエレクトロルミネッセンス発光スペクトルを示している。破線を使用して示す赤、緑、および青のスペクトルは、Apple iPhone Xのような市販のOLEDデバイスのスペクトルに対応しており、DCI-P3の色域をレンダリングするために使用され得る。実線を使用して示す赤色のスペクトルは、赤色発光のR&D QLEDデバイスのスペクトルに対応している。実線を使用して示す緑色のスペクトルは、緑色発光のR&D PeLEDデバイスのスペクトルに対応している。実線を使用して示す青色のスペクトルは、青色発光のR&D OLEDデバイスのスペクトルに対応している。図9から、発光スペクトルが狭くなるにつれて、発光色がより飽和することが分かる。図9の実線を使用して示されたエレクトロルミネッセンススペクトルは、Rec. 2020色域をレンダリングするために使用され得る発光デバイスに対応する。

20

【0094】

【表1】

	赤		緑		青	
	CIE x	CIE y	CIE x	CIE y	CIE x	CIE y
DCI-P3	0. 680	0. 320	0. 265	0. 690	0. 150	0. 060
Rec. 2020	0. 708	0. 292	0. 170	0. 797	0. 131	0. 046
市販のOLED	0. 680	0. 320	0. 265	0. 690	0. 150	0. 060
R&D PeLED	0. 720	0. 280	0. 100	0. 810	0. 166	0. 079
R&D OLED	----	----	----	----	0. 146	0. 045
R&D QLED	0. 712	0. 288	----	----	----	----

30

40

表1：例示的なPeLED、OLED、およびQLEDデバイスのCIE1931(x, y)色座標。DCI-P3およびRec. 2020の色域標準の色座標も含まれる。

【0095】

表1の赤、緑、および青のPeLED、OLED、およびQLEDデバイスについて報告されているCIE1931(x, y)色座標データは、例示である。市販のOLEDデータは、DCI-P3の色域を完全にサポートするApple iPhone Xから取得されている。このデータセットは、DisplayMate Technologie

50

s Corporation (Soneira) の Raymond Soneira から入手可能である。R & D PeLED、R & D OLED、および R & D QLED デバイスのデータは、査読済みの科学雑誌の選定から取得され、赤色の R & D PeLED のデータは Wang から取得されている。赤色の R & D QLED データは、Kathirgamanathan から取得されている。緑色の R & D PeLED データは Hirose から取得され、青色の R & D PeLED データは Kumar から取得され、青色の R & D OLED データは Takita から取得されている。これらのソースからのデータは例として使用されており、非限定的であると考えられるべきである。他の査読済み科学雑誌からのデータ、実験装置から収集されたシミュレーションデータ、および / または実験データも、主張されたピクセル配列の前述の利点を実証するために使用され得る。

10

【0096】

表1および図8aから分かるように、既存のOLED技術は、Apple iPhone Xに例示されているように、DCI-P3の色域をレンダリングすることができる市販のディスプレイを実証するためにすでに使用することができる。しかしながら、図8bから分かるように、既存のOLED技術だけを使用して、Rec. 2020の色域をレンダリングできるディスプレイを実証することができない。

【0097】

表1および図8bは、Rec. 2020色域をレンダリングすることができるディスプレイを実証する1つの道筋が、1つ以上のPeLEDデバイスを、ディスプレイでの応用のためのピクセル配列内の1つ以上のサブピクセルに含めることであることを示している。一実施形態では、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つは、赤色光を発し、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つは、緑色光を発し、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つは、青色光を発する。

20

【0098】

任意で、ピクセル配列のサブピクセルにPeLEDデバイスを含めることにより、サブピクセルは、CIE 1931 (x, y) = (0.100, 0.810) で緑色光を発することができ、これは、FIG. 8bから分かるように、CIE 1931 (x, y) = (0.170, 0.797) を有するRec. 2020標準の緑色の原色よりも飽和度が高い。任意で、ピクセル配列のサブピクセルにPeLEDデバイスを含めることにより、サブピクセルは、CIE 1931 (x, y) = (0.720, 0.280) で赤色光を発することができ、これは、FIG. 8bから分かるように、CIE 1931 (x, y) = (0.708, 0.292) を有するRec. 2020標準の赤色の原色よりも飽和度が高い。これは、ピクセル配列の色域を拡張するために1つ以上のPeLEDデバイスをどのように使用できるのかと、ピクセル配列が組み込まれているディスプレイとを実証している。任意で、ピクセル配列のサブピクセルにPeLEDデバイスを含めることにより、サブピクセルは、CIE 1931 (x, y) = (0.166, 0.079) で青色光を発することができる。これは、CIE 1931 (x, y) = (0.131, 0.046) を有するRec. 2020標準の青色の原色ほど飽和していない。

30

【0099】

しかしながら、色域は、ディスプレイの性能を測定し得る1つの測定基準に過ぎない。ピクセル配列の設計では、効率、明るさ、動作寿命、電圧、処理条件、およびコストなどの他の性能パラメータも考慮する必要がある。状況によっては、1つ以上のPeLEDを含む1つ以上のサブピクセルと、1つ以上のOLEDおよび / または1つ以上のQLEDを含む1つ以上のサブピクセルとをピクセル配列において組み合わせることが有利な場合がある。

40

【0100】

任意で、ピクセル配列のサブピクセルにQLEDデバイスを含めることにより、サブピクセルは、CIE 1931 (x, y) = (0.712, 0.288) で赤色光を発することができ、これは、FIG. 8bから分かるように、CIE 1931 (x, y) = (0.

50

708, 0.292)を有するRec. 2020標準の赤色の原色よりも飽和度が高い。本明細書に記載されるように、QLEDを含むそのような例示的なサブピクセルからの赤色発光の彩度は、PeLEDを含む例示的なサブピクセルからの赤色発光の彩度よりもわずかに低い。しかしながら、状況によっては、QLEDデバイスは、改善された効率、より高い輝度、改善された動作寿命、より低い電圧、および/またはより低いコストなどの1つ以上の利点をピクセル配列に提供することができ、したがって、ピクセル配列における実装に好ましい場合がある。

【0101】

任意で、ピクセル配列のサブピクセルにOLEDデバイスを含めることにより、サブピクセルは、CIE 1931 (x, y) = (0.146, 0.045)で青色光を発することができ、これは、FIG. 8bから分かるように、CIE 1931 (x, y) = (0.131, 0.046)を有するRec. 2020標準の青色の原色よりも飽和度が高い。また、表1に記載の青色R&D PeLEDデバイスが発する青色光よりも飽和度が高い。

10

【0102】

任意で、1つ以上のPeLEDを含む1つ以上のサブピクセルと、1つ以上のOLEDおよび/または1つ以上のQLEDを含む1つ以上のサブピクセルとを組み合わせることにより、DCI-P3の色域をレンダリングすることができるピクセル配列を実証することができる。一実施形態では、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 x座標が0.680以上の赤色光を発することができ、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 y座標が0.690以上の緑色光を発することができ、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 y座標が0.060以下の青色光を発することができる。このようなピクセル配列は、DCI-P3ディスプレイ標準の色域要件を満たすという点で有利な場合がある。このようなピクセル配列は、ディスプレイに実装された場合、ディスプレイは、日常生活で経験されるより広い範囲の色をレンダリングし、それによって機能性およびユーザ体験を改善することができるという点で有利であり得る。

20

【0103】

任意で、1つ以上のPeLEDを含む1つ以上のサブピクセルと、1つ以上のOLEDおよび/または1つ以上のQLEDを含む1つ以上のサブピクセルとを組み合わせることにより、Rec. 2020の色域をレンダリングすることができるピクセル配列を実証することができる。一実施形態では、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 x座標が0.708以上の赤色光を発することができ、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 y座標が0.797以上の緑色光を発することができ、第1、第2および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 y座標が0.046以下の青色光を発することができる。このようなピクセル配列は、Rec. 2020ディスプレイ標準の色域要件を満たすという点で有利な場合がある。このようなピクセル配列は、ディスプレイに実装された場合、ディスプレイは、日常生活で経験されるより広い範囲の色をレンダリングし、それによって機能性およびユーザ体験を改善することができるという点で有利であり得る。

30

40

【0104】

任意で、ピクセル配列は、複数のピクセルを含み得、各ピクセルは、赤色光を発するように構成されている第1のサブピクセルであって、第1のサブピクセルがPeLEDを含む、第1のサブピクセルと、緑色光を発するように構成されている第2のサブピクセルであって、第2のサブピクセルがPeLEDを含む、第2のサブピクセルと、青色光を発するように構成されている第3のサブピクセルであって、第3のサブピクセルがOLEDを含む、第3のサブピクセルと、を含む。

【0105】

任意で、ピクセル配列は、複数のピクセルを含み得、各ピクセルは、赤色光を発するように構成されている第1のサブピクセルであって、第1のサブピクセルがQLEDを含む

50

、第1のサブピクセルと、緑色光を発するように構成されている第2のサブピクセルであって、第2のサブピクセルがP e L E Dを含む、第2のサブピクセルと、青色光を発するように構成されている第3のサブピクセルであって、第3のサブピクセルがO L E Dを含む、第3のサブピクセルと、を含む。

【0106】

一実施形態では、ピクセル配列の第1、第2、および第3のサブピクセルは、同じ表面積を有し得る。図11は、3つのサブピクセルを有するピクセル配列のサブピクセルのレイアウトおよびサイズの様々な構成を示している。図11aは、第1のサブピクセル410、第2のサブピクセル420、および第3のサブピクセル430が同じ表面積を有するピクセル配列の一例である、ピクセル配列1100を示す。任意で、第1のサブピクセル410は、赤色光を発するように構成され得、第2のサブピクセル420は、緑色光を発するように構成され得、第3のサブピクセル430は、青色光を発するように構成され得る。そのようなピクセル配列は、同じ表面積を有するサブピクセルの各々によって製造プロセスが単純化され得るという点で有利であり得る。

10

【0107】

一実施形態では、第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、第1、第2、および第3のサブピクセルの別のものとは異なる表面積を有する。図11bは、第1のサブピクセル410および第2のサブピクセル420が第3のサブピクセル430とは異なる表面積を有するピクセル配列の一例である、ピクセル配列1110を示す。任意で、第1のサブピクセル410は、赤色光を発するように構成され得、第2のサブピクセル420は、緑色光を発するように構成され得、第3のサブピクセル430は、青色光を発するように構成され得る。

20

【0108】

任意で、かつピクセル配列1110に示されるように、青色光を発するように構成されているサブピクセル(ピクセル配列1110のサブピクセル430)の表面積は、赤色光を発するように構成されているサブピクセル(ピクセル配列1110のサブピクセル410)の表面積よりも実質的に大きくてもよい。任意で、かつピクセル配列1110に示されるように、青色光を発するように構成されているサブピクセル(ピクセル配列1110のサブピクセル430)の表面積は、緑色光を発するように構成されているサブピクセル(ピクセル配列1110のサブピクセル420)の表面積よりも実質的に大きくてもよい。

30

【0109】

そのようなピクセル配列は、それが組み込まれているディスプレイの動作寿命を延ばすことができるという点で有利であり得る。この理由の1つは、青色光を発するサブピクセルで使用される発光材料は、赤色および緑色光を発するサブピクセルで使用される発光材料と比較して、動作寿命が短い場合がある。この効果は、P e L E D、O L E D、およびQ L E Dデバイスで見られる可能性があり、赤色光および緑色光と比較して、青色光に関連するエネルギーが高い結果である可能性がある。青色光に関連するエネルギーが高いということは、H O M O準位とL U M O準位との間のエネルギーバンドギャップが必然的に大きくなり、励起子状態の安定化がより困難になる可能性があるため、動作寿命が短くなる可能性があることを意味している。青色光を発するサブピクセルの表面積を増やすことにより、サブピクセルから同じ総光出力をより低い輝度で生成することが可能となり得る。例えば、サブピクセルの表面積が2倍に増加した場合、輝度は2倍減少し得るが、それでも同じ総光出力が達成される可能性がある。輝度を下げることにより、P e L E D、O L E D、およびQ L E Dデバイスの動作寿命を延ばすことができることは当技術分野でよく理解されている。したがって、青色光を発するサブピクセルの表面積を、赤色光および緑色光を発するサブピクセルのそれぞれの表面積よりも大きくすることで、赤色、緑色、および青色のサブピクセルの動作寿命をより均等にバランスさせることができ、このようなピクセル配列が組み込まれたディスプレイの動作寿命を長くすることができる。

40

【0110】

50

一実施例では、ピクセル配列が、第 1、第 2、および第 3 の光色とは異なる第 4 の光色を発するように構成されている第 4 のサブピクセルをさらに含んでもよく、第 4 のサブピクセルが、PeLED、OLED、またはQLEDを含む。そのようなピクセル配列は、第 4 のサブピクセルが、それが組み込まれるディスプレイの色域を広げることができるという点で有利であり得る。

【0111】

一実施形態では、ピクセル配列の第 1、第 2、第 3、および第 4 のサブピクセルは、同じ表面積を有し得る。一実施形態では、第 1、第 2、第 3、および第 4 のサブピクセルのうちの少なくとも 1 つは、第 1、第 2、第 3、および第 4 のサブピクセルの別のものとは異なる表面積を有する。

【0112】

図 12 は、4 つのサブピクセルを有するピクセル配列のサブピクセルのレイアウトおよびサイズの様々な構成を示している。一実施形態では、ピクセル配列は、黄色光を発する第 4 のサブピクセルを含み得る。図 12 a は、第 1 のサブピクセル 510 が赤色光を発するように構成され、第 2 のサブピクセル 520 が緑色光を発するように構成され、第 3 のサブピクセル 530 が青色光を発するように構成され、第 4 のサブピクセル 540 が黄色光を発するように構成されている、4 つのサブピクセルを有するピクセル配列の例示的な実施形態であるピクセル配列 1200 を示す。そのようなピクセル配列は、黄色光を発する第 4 のサブピクセルが、それが組み込まれているディスプレイの色域を広げることができるという点で有利であり得る。特に、より広い範囲の黄色がディスプレイによってレンダリングされ得る。

【0113】

一実施形態では、ピクセル配列は、水色光を発する第 4 のサブピクセルを含み得る。図 12 b は、第 1 のサブピクセル 510 が赤色光を発するように構成され、第 2 のサブピクセル 520 が緑色光を発するように構成され、第 3 のサブピクセル 530 が青色光を発するように構成され、第 4 のサブピクセル 550 が水色光を発するように構成されている、4 つのサブピクセルを有するピクセル配列の例示的な実施形態であるピクセル配列 1210 を示す。そのようなピクセル配列は、水色光を発する第 4 のサブピクセルが、それが組み込まれているディスプレイの色域を広げることができるという点で有利であり得る。特に、より広い範囲の水色がディスプレイによってレンダリングされ得る。

【0114】

一実施形態では、ピクセル配列は、ディスプレイに含まれ得る。任意で、ディスプレイは幅広い消費者製品に組み込むことができる。任意で、ディスプレイは、テレビ、コンピュータモニター、タブレット、ラップトップコンピュータ、スマートフォン、携帯電話、デジタルカメラ、ビデオレコーダ、スマートウォッチ、フィットネストラッカ、パーソナルデジタルアシスタント、車両ディスプレイ、および他の電子デバイスに使用することができる。任意で、ディスプレイをマイクロディスプレイまたはヘッドアップディスプレイに使用することができる。任意で、ディスプレイは、内部または外部の照明および/または信号伝達のための光源、スマートパッケージ、または看板で使用されてもよい。

【0115】

一実施形態では、ディスプレイは可撓性構造である。任意で、ディスプレイは、0.1 Nm ~ 0.00001 Nm の範囲の曲げ剛性を有する可撓性であってもよい。このような可撓性ディスプレイは、同等の剛性構造と比較して、機械的応力を受けたときに故障する可能性が低いという点で有利であり得る。このような可撓性ディスプレイは、構造の湾曲が必要とされる応用においてより効果的に実施され得る。

【0116】

一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルの少なくとも 1 つは、マイクロキャビティ構造を含む。一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルの各々は、マイクロキャビティ構造を含む。任意で、本明細書に記載されるように、透明で部分的に反射性の電極が、対向する反射電極と組み合わせて使用されるマイクロキャビティ構造を作成してもよい

10

20

30

40

50

。任意で、標準的なデバイスアーキテクチャでは、A gの厚さが約25nm未満であるITO/A g/ITOのような透明で部分的に反射性の多層アノードと、LiF/Alのような反射性多層カソードとを組み合わせ使用して、下部発光マイクロキャビティ構造を作成してもよい。このアーキテクチャでは、発光はアノードを介して行われる。任意で、標準的なデバイスアーキテクチャでは、Mg:A gのような透明で部分的に反射性の化合物カソードと、A gの厚さが約80nmを超えるITO/A g/ITOのような反射性多層アノードとを組み合わせ使用して、上部発光マイクロキャビティ構造を作成してもよい。このアーキテクチャでは、発光はカソードを介して行われる。

【0117】

そのようなディスプレイは、1つ以上のマイクロキャビティ構造が、それらが適用される1つ以上のサブピクセルから発せされる光の総量を増加させ、それによって、ディスプレイの効率および明るさを増加させることができるという点で、有利であり得る。そのようなディスプレイは、1つ以上のマイクロキャビティ構造が、それらが適用される1つ以上のサブピクセルから順方向に発せされる光の割合を増加させ、それによって、法線入射で配置されたユーザに対するディスプレイの見かけの明るさを増加させることができるという点で、さらに有利であり得る。そのようなディスプレイは、1つ以上のマイクロキャビティ構造が、それらが適用される1つ以上のサブピクセルから発せされる光のスペクトルを狭め、それによって、発せられた光の彩度およびディスプレイの色域を増加させることができるという点で、さらに有利であり得る。それにより、1つ以上のマイクロキャビティ構造を適用することにより、ディスプレイがDCI-P3の色域をレンダリングすることが可能になり得る。それにより、1つ以上のマイクロキャビティ構造を適用することにより、ディスプレイがRec.2020の色域をレンダリングすることが可能になり得る。PeLED、OLED、およびQLEDに必要なアノードおよびカソード特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

【0118】

一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルの各々は、色変更層を含む。一実施形態では、ディスプレイのサブピクセルのうちの少なくとも1つは、色変更層を含む。本明細書で説明するように、一般に、色変更層には2つのクラス、すなわち、不要な光の波長を除去することによってスペクトルを変更するカラーフィルタと、高エネルギーの光子を低エネルギーの光子に変換する色変更層とがある。図13は、1つ以上の色変更層を含むディスプレイのための様々な構成の断面を示す。

【0119】

図13aは、ディスプレイ1300を示している。ディスプレイは、基板610、第1のサブピクセル620、第2のサブピクセル630、および第3のサブピクセル640を含み得る。任意で、ディスプレイ1300は、1つ以上の色変更層を含み得る。任意で、ディスプレイ1300は、第1のサブピクセル620に光学的に結合され、その上に配置された第1の色変更層625を含み得る。任意で、ディスプレイ1300は、第2のサブピクセル630に光学的に結合され、その上に配置された第2の色変更層635を含み得る。任意で、ディスプレイ1300は、第3のサブピクセル640に光学的に結合され、その上に配置された第3の色変更層645を含み得る。任意で、図13aに示される1つ以上の色変更層を省略してもよい。

【0120】

任意で、1つ以上の色変更層は、1つ以上のカラーフィルタを含み得る。任意で、1つ以上の色変更層は、1つ以上の色変化層を含み得る。任意で、ディスプレイ1300の第1、第2、および第3のサブピクセルは、同じ表面積を有し得る。任意で、第1の620、第2の630、および第3の640のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、第1、第2、および第3のサブピクセルの別のものとは異なる表面積を有する。任意選択で、ディスプレイ1300は、第4のサブピクセルなどのさらなるサブピクセルを含み得、これは、第4の色変更層をさらに含み得る。

10

20

30

40

50

【0121】

図13bは、ディスプレイ1310を示している。ディスプレイは、基板610、第1のサブピクセル620、第2のサブピクセル630、および第3のサブピクセル640を含み得る。任意で、ディスプレイ1310は、1つ以上の色変更層を含み得る。任意で、ディスプレイ1310は、基板610を介して第1のサブピクセル620に光学的に結合された第1の色変更層625を含み得る。任意で、ディスプレイ1310は、基板610を介して第2のサブピクセル630に光学的に結合された第2の色変更層635を含み得る。任意で、ディスプレイ1310は、基板610を介して第3のサブピクセル640に光学的に結合された第3の色変更層645を含み得る。任意で、図13bに示される1つ以上の色変更層を省略してもよい。

10

【0122】

任意で、1つ以上の色変更層は、1つ以上のカラーフィルタを含み得る。任意で、1つ以上の色変更層は、1つ以上の色変化層を含み得る。任意で、ディスプレイ1310の第1、第2、および第3のサブピクセルは、同じ表面積を有し得る。任意で、第1の620、第2の630、および第3の640のサブピクセルのうちの少なくとも1つは、第1、第2、および第3のサブピクセルの別のものとは異なる表面積を有する。任意選択で、ディスプレイ1310は、第4のサブピクセルなどのさらなるサブピクセルを含み得、これは、第4の色変更層をさらに含み得る。

【0123】

図13に示すようなそのようなディスプレイは、1つ以上の色変更層を含むことで、それらが適用される1つ以上のサブピクセルから発せられた光のスペクトルを変化させ、それによって、発せられた光の彩度およびディスプレイの色域を増加させることができるという点で、有利であり得る。それにより、1つ以上の色変更層を適用することにより、ディスプレイがDCI-P3の色域をレンダリングすることが可能になり得る。それにより、1つ以上の色変更層を適用することにより、ディスプレイがRec.2020の色域をレンダリングすることが可能になり得る。PeLED、OLED、およびQLEDに必要な色変更層層特性が実質的に類似しているため、これらの発光デバイスをディスプレイなどの単一デバイスに組み合わせることが容易になる。

20

【0124】

一実施形態では、ディスプレイは、DCI-P3色域をレンダリングすることができる。つまり、一実施形態では、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが青色光を発する。一実施形態では、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE1931x座標が0.680以上の赤色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE1931y座標が0.690以上の緑色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE1931y座標が0.060以下の青色光を発する。

30

【0125】

そのようなディスプレイは、DCI-P3ディスプレイ標準の色域要件を満たすという点で有利な場合がある。そのようなディスプレイは、日常生活で経験されるより広い範囲の色をレンダリングし、それによって機能性およびユーザ体験を改善することができるという点で有利であり得る。

40

【0126】

一実施形態では、ディスプレイは、Rec.2020の色域をレンダリングすることができる。つまり、一実施形態では、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが赤色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが緑色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが青色光を発する。一実施形態では、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE1931x座標が0.708以上の赤色光を発し

50

、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 y座標が0.797以上の緑色光を発し、ディスプレイの第1、第2、および第3のサブピクセルのうちの1つが、CIE 1931 y座標が0.046以下の青色光を発する。

【0127】

そのようなディスプレイは、Rec. 2020ディスプレイ標準の色域要件を満たすという点で有利な場合がある。そのようなディスプレイは、日常生活で経験されるより広い範囲の色をレンダリングし、それによって機能性およびユーザ体験を改善することができるという点で有利であり得る。

【0128】

当業者は、ほんのわずかな使用例しか記載されていないが、それらが決して限定的ではないことを理解するであろう。

【0129】

前述の発明の実施形態への変更は、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲から逸脱することなく可能である。本発明を説明および主張するために使用される「含む(including)」、「含む(comprising)」、「組み込む」、「からなる」、「有する」、「である」などの表現は、非排他的な方法で解釈されることを意図しており、すなわち、明示的に記載されていない項目、構成要素または要素も存在することを可能にしている。単数形への言及も、複数形に關すると解釈されるべきである。添付の請求項の括弧内に含まれる数字は、請求項の理解を助けることを意図しており、これらの特許請求の範囲によって請求される主題を制限するように解釈されるべきではない。

【0130】

特許参考文献

US 8 773 013 B2, Rajan et al., Three Dimensional OLED Lamps

EP 0 423 283 B1, Friend et al., Electroluminescent Devices

US 6 303 238 B1, Thompson et al., OLEDs Doped with Phosphorescent Compounds

US 7 279 704 B2, Walters et al., Complexes with Tridentate Ligands

その他の参考文献

S. Adjokatse et al., Broadly tunable metal halide perovskites for solid-state light-emission applications, Material Today, Volume 20, Issue 8, Pages 413-424 (2017)。

Uoyama et al., Highly efficient organic light-emitting diodes from delayed fluorescence, Nature, Volume 492, Pages 234-238 (2012)。

Kathirgamanathan et al. (1), Electroluminescent Organic and Quantum Dot LEDs: The State of the Art, Journal of Display Technology, Volume 11, Number 5, Pages 480-493 (2015)。

Soneira et al., iPhone X OLED Display Technology Shoot-Out, DisplayMate Technologies Corporation, http://www.displaymate.com/iPhoneX_ShootOut_1a.htm [accessed 20 April, 2018]

Wang et al., Perovskite light-emitting diodes based on solution-processed, self-organised multiple quantum wells, Nature Photonics, Volume 10, Pages 699 - 704 (2016).

Kathirgamanathan et al. (2), Quantum Dot Electroluminescence: Towards Achieving the REC 2020 Colour Co-ordinates, SID Symposium Digest of Technical Papers 2015, Volume 47, Pages 652 - 656 (2016).

Hirose et al., High-efficiency Perovskite QLED Achieving BT.2020 Green Chromaticity, SID Symposium Digest of Technical Papers 2017, Volume 48, Pages 284 - 287 (2017).

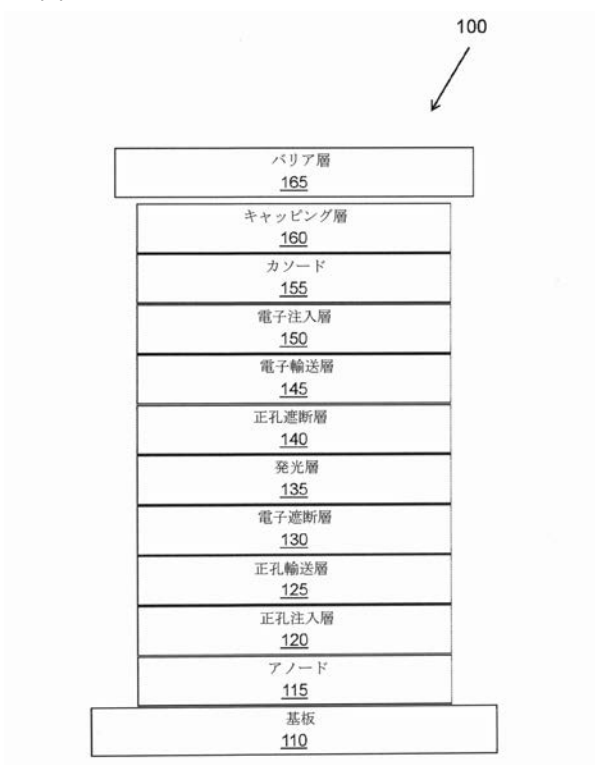
Kumar et al., Efficient Blue Electroluminescence Using Quantum-Confined Two-Dimensional Perovskites, ACS Nano, Volume 10, Pages 9720 - 9729 (2016).

Takita et al., Highly efficient deep-blue fluorescent dopant for achieving low-power OLED display satisfying BT.2020 chromaticity, Journal of the SID 2018 (2018).

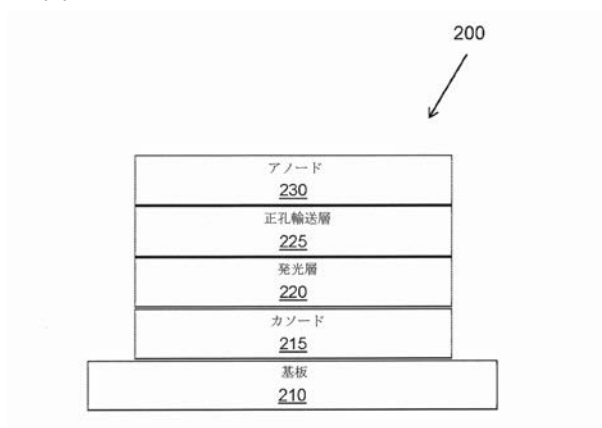
10

20

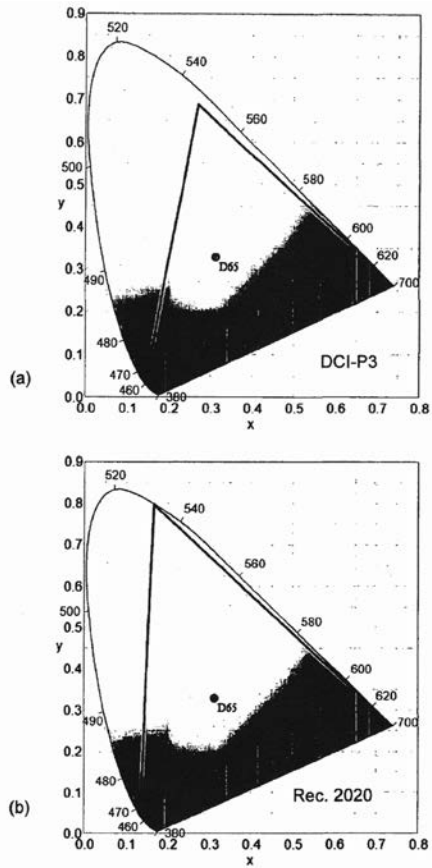
【図 1】



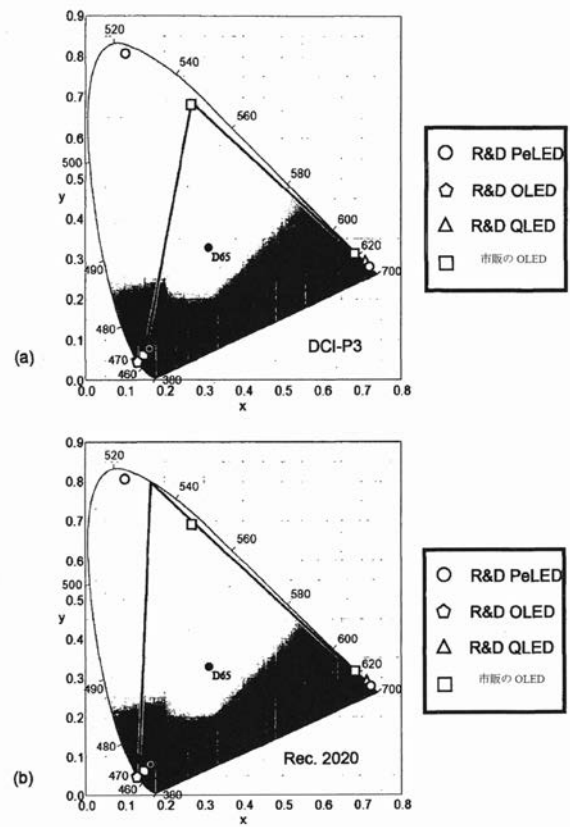
【図 2】



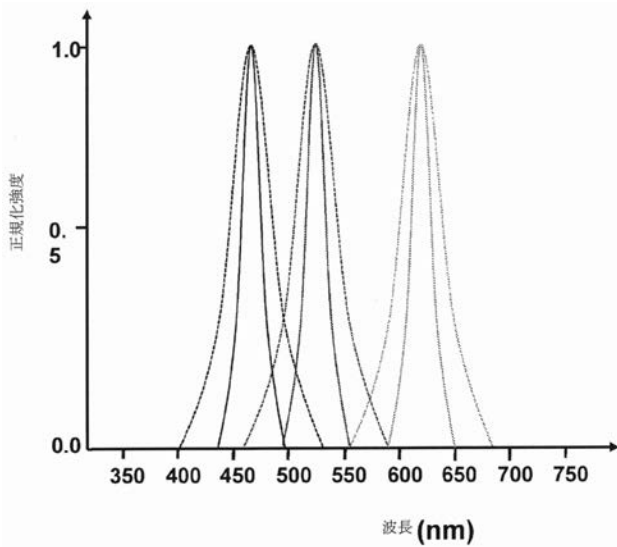
【図 7】



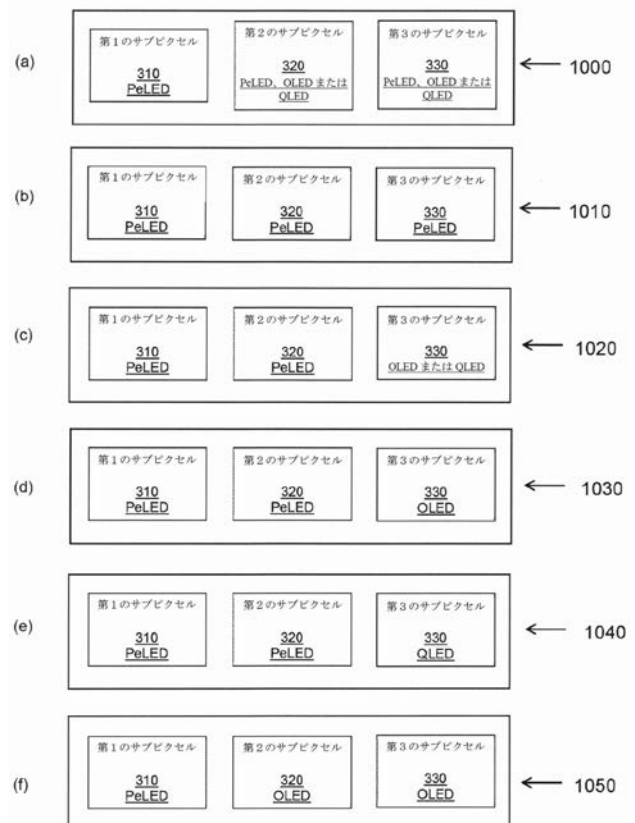
【図 8】



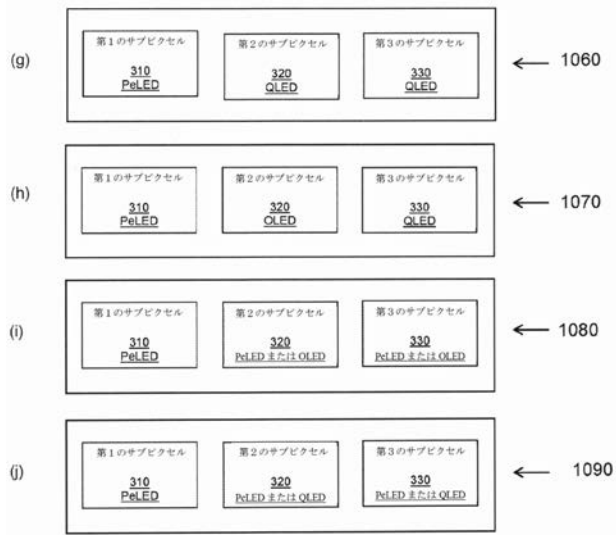
【図 9】



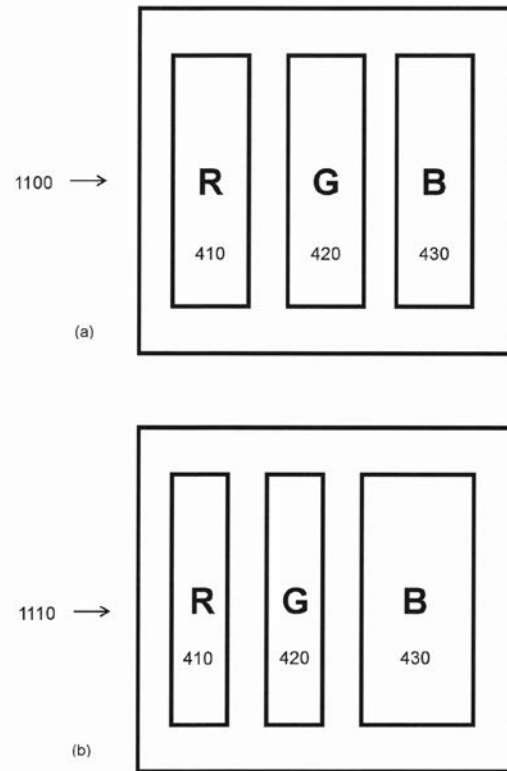
【図 10 - 1】



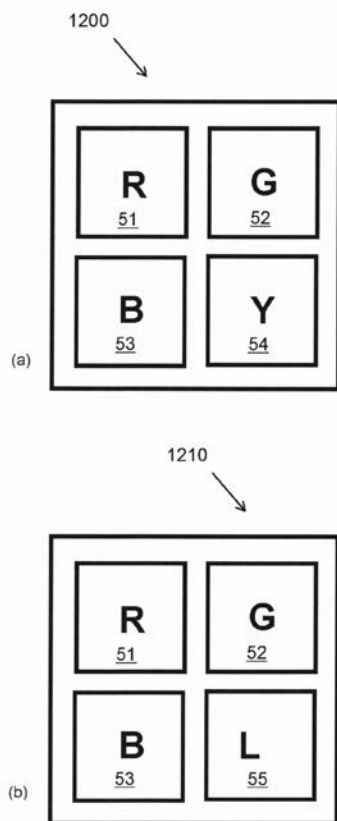
【図 10 - 2】



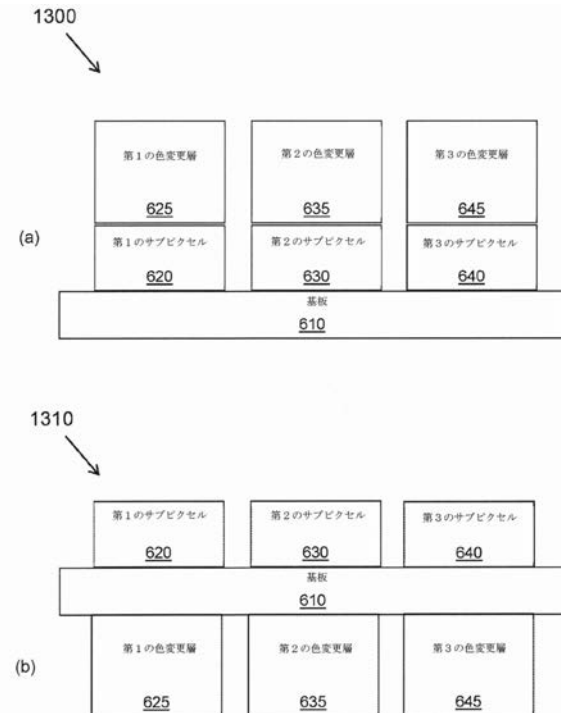
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/GB2019/051086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L27/32 H01L51/50
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2017/108962 A1 (AVANTAMA AG [CH]) 29 June 2017 (2017-06-29)	1,3-6, 11-17, 19-28
A	page 26, line 3 - page 28, line 8; claim 1; figure 3	2,7-10
A	----- LOREDANA PROTESESCU ET AL: "Nanocrystals of Cesium Lead Halide Perovskites (CsPbX ₃ , X = Cl, Br, and I): Novel Optoelectronic Materials Showing Bright Emission with Wide Color Gamut", NANO LETTERS, vol. 15, no. 6, 2 February 2015 (2015-02-02), pages 3692-3696, XP055570565, US ISSN: 1530-6984, DOI: 10.1021/nl5048779 abstract ----- -/-	1-28

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 June 2019

Date of mailing of the international search report

28/06/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Welter, Steve

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/GB2019/051086

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	CN 105 938 845 A (SHENZHEN CHINA STAR OPTOELECT) 14 September 2016 (2016-09-14) claim 1; figure 1 -----	1,3-7, 12-18, 20-28 2,8-11, 19
X A	CN 107 768 529 A (SHENZHEN CHINA STAR OPTOELECTRONICS SEMICONDUCTOR DISPLAY TECH CO LTD) 6 March 2018 (2018-03-06) claims 1-5; figures 1-6 -----	1-4, 8-10, 12-28 5-7,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2019/051086

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2017108962	A1	29-06-2017	CN 108604428 A	28-09-2018
			EP 3374984 A1	19-09-2018
			JP 2019502954 A	31-01-2019
			KR 20180099754 A	05-09-2018
			TW 201736919 A	16-10-2017
			US 2019018287 A1	17-01-2019
			WO 2017108962 A1	29-06-2017

CN 105938845	A	14-09-2016	NONE	

CN 107768529	A	06-03-2018	CN 107768529 A	06-03-2018
			WO 2019075856 A1	25-04-2019

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
H 0 5 B	33/02	(2006.01)	H 0 5 B	33/02		
G 0 9 F	9/30	(2006.01)	H 0 5 B	33/12		E
G 0 9 F	9/302	(2006.01)	G 0 9 F	9/30	3 6 5	
			G 0 9 F	9/302		C

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

F ターム(参考) 3K107 AA01 AA06 AA07 BB01 BB02 BB06 BB07 BB08 CC05 CC07
 CC08 CC45 DD10 DD17 DD54 DD55 DD56 DD57 EE06 EE07
 EE22 EE24 FF13
 5C094 AA08 AA44 BA27 CA20 DA06 DA20 ED02 FA01 FB01 FB02
 JA11