

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6290389号  
(P6290389)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 33/50 (2010.01) HO 1 L 33/50  
 HO 1 L 33/62 (2010.01) HO 1 L 33/62  
 HO 1 L 33/60 (2010.01) HO 1 L 33/60

請求項の数 20 (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2016-521438 (P2016-521438)	(73) 特許権者	503260918
(86) (22) 出願日	平成26年6月9日(2014.6.9)		アップル インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2016-523450 (P2016-523450A)		アメリカ合衆国 95014 カリフォルニア州 クパチーノ インフィニット ループ 1
(43) 公表日	平成28年8月8日(2016.8.8)	(74) 代理人	100086771
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/041487		弁理士 西島 孝喜
(87) 国際公開番号	W02014/204694	(74) 代理人	100088694
(87) 国際公開日	平成26年12月24日(2014.12.24)		弁理士 弟子丸 健
審査請求日	平成28年2月17日(2016.2.17)	(74) 代理人	100094569
(31) 優先権主張番号	13/920, 912		弁理士 田中 伸一郎
(32) 優先日	平成25年6月18日(2013.6.18)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大塚 文昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長変換層を有するLEDディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディスプレイパネルであって、  
 ピクセルのアレイを含み、各ピクセルが、複数のサブピクセルを含み、前記サブピクセルのそれぞれが、異なる色の発光スペクトル用に設計されている、ディスプレイ基板と、  
 マイクロLEDデバイスの対のアレイであって、各サブピクセルの内部に、一对のマイクロLEDデバイスが実装される、マイクロLEDデバイスの対のアレイと、  
 前記マイクロLEDデバイスの対のアレイの上の、蛍光体粒子を含む波長変換層のアレイと、

を備え、

各マイクロLEDデバイスは、個別のサブピクセルの中で、はんだ材料を含む個別の接合層と別々に取り付けられており、各マイクロLEDデバイスは1 μm - 100 μmの最大幅を有する、ことを特徴とする、ディスプレイパネル。

【請求項2】

前記波長変換層のアレイが、複数の波長変換層のグループを含み、各グループが、異なる色の発光スペクトルを放出するように設計され、前記異なる波長変換層のグループが、異なるサブピクセル内に分けられることを特徴とする、請求項1に記載のディスプレイパネル。

【請求項3】

前記サブピクセルのうちの1つに関するマイクロLEDデバイスの対の上には、波長変

換層が形成されないことを特徴とする、請求項 2 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 4】

前記マイクロ LED デバイスの対のアレイが、単色の発光スペクトルを放出するように設計されることを特徴とする、請求項 2 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 5】

前記マイクロ LED デバイスの対のアレイが、マイクロ LED デバイスの対のグループを含み、各グループが、異なる色の発光スペクトルを放出するように設計され、前記異なるマイクロ LED デバイスの対のグループが、異なるサブピクセル内に分けられることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 6】

第 1 のサブピクセル内の第 1 のマイクロ LED デバイスの対のグループの上に、波長変換層が形成され、第 2 のサブピクセル内の第 2 のマイクロ LED デバイスの対のグループの上に、波長変換層が形成されないことを特徴とする、請求項 5 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 7】

各波長変換層が、単一のマイクロ LED デバイスの上にものみ形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 8】

各波長変換層が、マイクロ LED デバイスの対の上に形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 9】

前記波長変換層が、ドーム形状であることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 10】

前記波長変換層が、半球状の外表面及び細長ドーム形状からなる群から選択される形状を有することを特徴とする、請求項 9 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 11】

前記波長変換層のアレイと、対応するマイクロ LED デバイスの対との間に、配光層のアレイを更に備えることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 12】

前記配光層がライトパイプであり、各配光層が、前記配光層の厚さよりも大きい、横方向の長さで特徴付けられることを特徴とする、請求項 11 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 13】

前記蛍光体粒子が、量子ドットであるか、又は、前記蛍光体粒子が、その組成に起因するルミネセンスを呈し、量子ドットとは見なされないことを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 14】

各マイクロ LED デバイスが、上部接点及び底部接点を含む垂直型 LED デバイスであり、前記底部接点に対応する接合層と電氣的に接続していることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 15】

各サブピクセルに対応する反射バンク層を更に備え、各反射バンク層が、前記ディスプレイ基板内部の作動回路機構から、個別にアドレス可能であることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 16】

前記ディスプレイ基板上、又は前記ディスプレイ基板内部の、接地線と、前記接地線に、前記マイクロ LED デバイスの対のアレイの上部接点を電氣的に接続する、1 つの上部電極層と、  
を更に備えていることを特徴とする、請求項 1 に記載のディスプレイパネル。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

さらに、前記ディスプレイ基板上、又は前記ディスプレイ基板内部の、接地線と、  
前記接地線に、マイクロLEDデバイスの対のうちの第1のマイクロLEDデバイスの  
第1の上部接点を電氣的に接続する、第1の上部電極層と、前記接地線に、前記マイクロ  
LEDデバイスの対のうちの第2のマイクロLEDデバイスの第2の上部接点を接続する  
、別個の上部電極層とを含むことを特徴とする、請求項1に記載のディスプレイパネル。

【請求項18】

ライトパイプの形態の各配光層が、2つ以上のサブピクセル、及び前記2つ以上のサブ  
ピクセル内部に実装された前記マイクロLEDデバイスの対の上にもわたることを特徴とす  
る、請求項12に記載のディスプレイパネル。

【請求項19】

ライトパイプの形態の各配光層が、対応するピクセル内部の前記複数のサブピクセルの  
全て、及び前記ピクセルの前記複数のサブピクセルの内部に実装された前記マイクロLED  
デバイスの対の上にもわたることを特徴とする、請求項12に記載のディスプレイパネル  
。

【請求項20】

ライトパイプの形態の各配光層が、1つ以下のサブピクセル、及び前記サブピクセルの  
内部に実装された前記マイクロLEDデバイスの対の上にもわたることを特徴とする、請求  
項12に記載のディスプレイパネル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロLEDデバイスに関する。より詳細には、本発明の実施形態は、調  
整可能な色の発光スペクトルを有するように、基板上にマイクロLEDデバイスを統合す  
るための、方法及び構造体に関する。

【背景技術】

【0002】

量子ドットは、可視スペクトル及び赤外線スペクトルの全体にわたって光を放出するよ  
うに調整することが可能な、半導体ナノ結晶である。1~100nm、より典型的には1  
~20nmの小さいサイズにより、量子ドットは、対応するバルク材料の光学特性とは異  
なる、固有の光学特性を示すものである。光子放出の波長、またそれゆえ色は、量子ド  
ットのサイズに強く依存する。例示的なセレン化カドミウム(CdSe)量子ドットに関し  
ては、直径5nmの量子ドットに関する赤色から、1.5nmの量子ドットに関する紫色  
領域へと、発光を段階的に調整することができる。量子ドット(QD)の励起に関しては  
、一般的に、2つのタイプのスキームが存在する。一方は光励起を使用し、他方は直接的  
な電気励起を使用する。

【0003】

量子ドットに関して提案される1つの実装は、液晶ディスプレイ(LCD)パネルのバ  
ックライト内への統合である。LCDパネルに関する、現在の白色発光ダイオード(LED)  
バックライト技術は、複数の青色発光LEDチップの上の、セリウムドープYAG:  
Ce(イットリウムアルミニウムガーネット)遷降変換蛍光体層を利用する。LEDチッ  
プからの青色光と、YAG:Ce蛍光体からの広域な黄色発光との組み合わせにより、近  
白色光がもたらされる。白色バックライトを達成するために、このYAG:Ce蛍光体を  
、量子ドットのブレンドに置き換えることが、提案されている。米国特許第8,294,  
168号は、エッジ型バックライトユニット光源モジュール内で、発光デバイスのチップ  
の列を含むパッケージの上に、量子ドット封止パッケージを配置構成することを説明して  
いる。この光源モジュールが、LEDディスプレイパネルの縁部に位置決めされることに  
より、その光源モジュールは、LEDディスプレイパネルの裏側の導光板の側面に、光を  
通過させて放出し、光がLCDディスプレイパネルに向けて反射される。

【発明の概要】

【0004】

1つ以上の波長変換層及び冗長スキームを有する、ディスプレイパネルが開示される。一実施形態では、ディスプレイパネルは、ピクセルのアレイを含むディスプレイ基板を含み、各ピクセルは、複数のサブピクセルを含み、各サブピクセルは、異なる発光スペクトル用に設計されている。例えば、そのような構成は、赤色発光用に設計されたサブピクセル、緑色発光用に設計されたサブピクセル、及び青色発光用に設計されたサブピクセルを含む、赤色 - 緑色 - 青色 (RGB) ピクセルとすることができる。マイクロLEDデバイスの対のアレイが、各サブピクセル内部に実装されることにより、冗長スキームが形成され、蛍光体粒子を含む波長変換層のアレイが、そのマイクロLEDデバイスの対のアレイの上に形成される。例示的な蛍光体粒子としては、量子ドット、及び、量子ドットとは見なされない、その組成に起因するルミネセンスを呈する粒子が挙げられる。例示的なマイクロLEDデバイスは、 $1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の最大幅を有し得る。波長変換層のアレイは、複数の波長変換層のグループを含み、各グループは、異なる色の発光スペクトルを放出するように設計される。異なる波長変換層のグループは、異なるサブピクセル内に分けることができる。例えば、RGBピクセル配列では、赤色発光、緑色発光、及び青色発光用に、異なる波長変換層のグループを設計して、それぞれ、赤色発光サブピクセル、緑色発光サブピクセル、及び青色発光サブピクセル内に分けることができる。

10

#### 【0005】

一実施形態では、波長変換層は、全てのマイクロLEDデバイスの上に形成されるわけではない。例えば、一部のマイクロLEDデバイスは、「裸」とすることができ、そのマイクロLEDデバイスの発光スペクトルは、波長変換層で変換する必要がない。マイクロLEDデバイスは、全てが同じ色の発光スペクトルを有する場合もあり、又は、マイクロLEDデバイスのアレイは、異なる色の発光スペクトルを放出するように設計された、マイクロLEDデバイスのグループを含む場合もあり、それらの異なるマイクロLEDデバイスのグループは、異なるサブピクセル内に分けられる。マイクロLEDデバイスの色発光スペクトルと波長変換層のスペクトルとの、様々な組み合わせが利用可能である。例えば、1つのピクセルは、冗長対を有するRGBピクセル配列を形成する、幾つかの方式のうちの1つに関する実施例として、赤色サブピクセル内の、一对の「裸」の赤色マイクロLEDデバイスと、緑色サブピクセル内の、青色マイクロLEDデバイスの上の緑色発光波長変換層と、青色サブピクセル内の「裸」の青色マイクロLEDデバイスとを含み得る。

20

30

#### 【0006】

波長変換層のサイズ及び形状もまた、変化させることができる。一実施形態では、各波長変換層は、単一のマイクロLEDデバイスの上のみ形成される。各波長変換層はまた、サブピクセル内のマイクロLEDデバイスの冗長対の、双方のマイクロLEDデバイスの上に形成することもできる。波長変換層は、半球状の外表面などの、ドーム形状構成を呈し得るものであり、狭小化又は平坦化することもできる。波長変換層はまた、細長ドーム形状などの、細長形状を呈することもできる。配光層を、対応するマイクロLEDデバイスと波長変換層との間に形成することができる。一実施形態では、この配光層は、ライトパイプの形態であり、その配光層の厚さよりも大きい、横方向の長さ又は幅で特徴付けられ得る。各ライトパイプは、単一のサブピクセル、又は複数のサブピクセルの上にもわたることができる。例えば、各ライトパイプは、1つ以下のサブピクセル、及びそのサブピクセルの内部に実装されたマイクロLEDデバイスの対の上にもわたることができる。例えば、各ライトパイプは、2つ以上のサブピクセル、及びそれらの2つ以上のサブピクセルの内部に実装されたマイクロLEDデバイスの対の上にもわたることができる。各ライトパイプは、対応するピクセル内部の複数のサブピクセルの全て、及びそのピクセルの複数のサブピクセルの内部に実装されたマイクロLEDデバイスの対の上にもわたることができる。

40

#### 【0007】

各サブピクセルの内部に、反射バンク層を形成することができ、各反射バンク層は、基板内部の作動回路機構から、個別にアドレス可能である。例えば、ディスプレイ基板は、

50

薄膜トランジスタ基板とすることができる。このディスプレイ基板上、又はディスプレイ基板内部に、接地線を形成することができる。この接地線に、マイクロLEDデバイスの対のアレイを電氣的に接続するために、1つ以上の上部電極層を形成することができる。一実施形態では、第1の上部電極層が、一对のマイクロLEDデバイスのうちの第1のマイクロLEDデバイスを接地線に接続し、別個の第2の上部電極層が、その対のうちの第2のマイクロLEDデバイスを接地線に接続する。一実施形態では、マイクロLEDデバイスの不規則部分が、マイクロLEDデバイスの対のアレイ内部に存在する。例示的な不規則部分は、欠落、欠陥、又は汚染したマイクロLEDデバイスとすることができ、それらの複数の不規則部分の上に不活性化層を形成することにより、それらの不規則部分を、1つ以上の上部電極層から電氣的に絶縁することができ、この不活性化層は、不規則部分の上に直接形成することができ、又は、不規則部分の上に直接形成されないように調節することもできる。複数のマイクロLEDデバイス不規則部分に対応する、サブピクセル内部に、修復マイクロLEDデバイスを形成することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1A】本発明の一実施形態に係わる、アクティブマトリクス型ディスプレイパネルの概略上面図である。

【図1B】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの転写の前の、図1Aのアクティブマトリクス型ディスプレイパネルの、線X-X及び線Y-Yに沿った概略側面図である。

20

【図1C】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの転写の後の、図1Aのアクティブマトリクス型ディスプレイパネルの、線X-X及び線Y-Yに沿った概略側面図である。

【図1D】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの転写の後の、図1Aと同様のアクティブマトリクス型ディスプレイパネルの、線X-X及び線Y-Yに沿った概略側面図である。

【図2A】本発明の実施形態に係わる、サブピクセルの反射バンク層内部に実装された、マイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図2B】本発明の実施形態に係わる、サブピクセルの反射バンク層内部に実装された、マイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

30

【図2C】本発明の実施形態に係わる、サブピクセルの反射バンク層内部に実装された、マイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図2D】本発明の実施形態に係わる、サブピクセルの反射バンク層内部に実装された、マイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図3A】本発明の実施形態に係わる、個別のマイクロLEDデバイスの上に、別個の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図3B】本発明の実施形態に係わる、個別のマイクロLEDデバイスの上に、別個の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

40

【図3C】本発明の実施形態に係わる、個別のマイクロLEDデバイスの上に、別個の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図4A】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図4B】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図4C】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の波

50

長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図5】本発明の実施形態に係わる、反射バンク層及び複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図6A】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、細長ドーム形状の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図6B】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、細長ドーム形状の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

10

【図6C】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、細長ドーム形状の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図7A】本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の細長ドーム形状の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

【図7B】本発明の実施形態に係わる、反射バンク層及び複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の細長ドーム形状の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図である。

20

【図8A】本発明の一実施形態に係わる、複数のサブピクセルの上に形成された細長ドーム形状の波長変換層を含む、ピクセルの等角図である。

【図8B】本発明の一実施形態に係わる、複数のサブピクセルの上に形成された細長ドーム形状の波長変換層、及び単一のサブピクセルの上に形成された細長ドーム形状の波長変換層の双方を含む、ピクセルの等角図である。

【図9A】本発明の一実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、及びそのライトパイプの上の波長変換層の組み合わせ図である。

【図9B】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、及びそのライトパイプの上の波長変換層の側断面図である。

【図9C】本発明の実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの周囲のテーパ状ライトパイプ、及びそのテーパ状ライトパイプの上の波長変換層の側断面図である。

30

【図9D】本発明の実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの周囲のテーパ状ライトパイプ、及びそのテーパ状ライトパイプの上の波長変換層の側断面図である。

【図10A】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、及びその一对のマイクロLEDデバイスの上の一对の反射層の組み合わせ図である。

【図10B】本発明の一実施形態に係わる、波長変換層及びライトパイプの上の、一对の反射層の側断面図である。

【図10C】本発明の一実施形態に係わる、ライトパイプの上、かつ波長変換層の下の、一对の反射層の側断面図である。

40

【図10D】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、及びその一对のマイクロLEDデバイスの上の一对の反射層の組み合わせ図である。

【図10E】本発明の一実施形態に係わる、波長変換層及びライトパイプの上の、一对の反射層の側断面図である。

【図10F】本発明の一実施形態に係わる、ライトパイプの上、かつ波長変換層の下の、一对の反射層の側断面図である。

【図11A】本発明の一実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスと、その複数のマイクロLEDデバイスの上の、複数のライトパイプ及び波長変換層とを含む、ディスプレイの組み合わせ図である。

50

【図 1 1 B】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 C】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 D】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 E】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 F】本発明の一実施形態に係わる、複数のマイクロ LED デバイスと、その複数のマイクロ LED デバイスの周囲の、複数のライトパイプ及び波長変換層とを含む、ディスプレイの組み合わせ図である。

【図 1 1 G】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 H】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 I】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 1 J】本発明の一実施形態に係わる、ピクセルの概略側面図である。

【図 1 2 A】本発明の一実施形態に係わる、反射バンク構造体の上の、ライトパイプ及び波長変換層の側断面図である。

【図 1 2 B】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロ LED デバイスの上に形成された上部電極層を示す、図 1 2 A での側断面図に直交する側断面図である。

【図 1 2 C】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロ LED デバイスの上に形成された 1 つ以上の上部電極層を示す、図 1 2 A での側断面図に直交する側断面図である。

【図 1 2 D】本発明の一実施形態に係わる、複数のマイクロ LED デバイスの上に形成された上部電極層を示す、図 1 2 A での側断面図に直交する側断面図である。

【図 1 2 E】本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロ LED デバイスの上に形成された 1 つ以上の上部電極層を示す、図 1 2 A での側断面図に直交する側断面図である。

【図 1 2 F】本発明の一実施形態に係わる、複数の反射バンク構造体内部の、上部接点及び底部接点を有する複数のマイクロ LED デバイスと、その複数のマイクロ LED デバイスの上の、ライトパイプ及び波長変換層との、側断面図である。

【図 1 3 A】本発明の実施形態に係わる、反射バンク構造体内部の、底部接点を有する複数のマイクロ LED デバイスと、その複数の上の、ライトパイプ及び波長変換層との、側断面図である。

【図 1 3 B】本発明の実施形態に係わる、反射バンク構造体内部の、底部接点を有する複数のマイクロ LED デバイスと、その複数の上の、ライトパイプ及び波長変換層との、側断面図である。

【図 1 3 C】本発明の一実施形態に係わる、複数の反射バンク構造体内部の、底部接点を有する複数のマイクロ LED デバイスと、その複数のマイクロ LED デバイスの上の、ライトパイプ及び波長変換層との、側断面図である。

【図 1 4 A】本発明の一実施形態に係わる、マイクロ LED デバイスの上に波長変換層を適用し、サブピクセルの間にブラックマトリクスを適用するための、片面方式の図である。

【図 1 4 B】本発明の一実施形態に係わる、マイクロ LED デバイスの上に波長変換層を適用し、サブピクセルの間にブラックマトリクスを適用するための、上面押下方式の図である。

【図 1 5】本発明の一実施形態に係わる、様々な構成を含むマイクロ LED デバイスのアレイの上に形成された、上部電極層の上面概略図である。

【図 1 6】本発明の一実施形態に係わる、様々な構成を含むマイクロ LED デバイスのアレイの上に形成された、複数の別個の上部電極層の上面概略図である。

【図 1 7】本発明の一実施形態に係わる、様々な構成を含むマイクロ LED デバイスのアレイの上に形成された、複数の別個の上部電極層の上面概略図である。

【図 1 8】本発明の一実施形態に係わる、スクライプされた上部電極層の上面概略図である。

【図 1 9】本発明の一実施形態に係わる、スクライプされた底部接点層の上面概略図である。

【図 2 0】本発明の一実施形態に係わる、冗長性及び修復部位構成を含む、スマートピク

10

20

30

40

50

セルディスプレイの上面概略図である。

【図21】本発明の一実施形態に係わる、ディスプレイシステムの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の実施形態は、ディスプレイ基板がピクセルのアレイを含み、各ピクセルが、複数のサブピクセルを含み、ピクセル内部の各サブピクセルが、異なる色の発光スペクトル用に設計されている、ディスプレイを説明する。このディスプレイは、マイクロLEDデバイスの対のアレイを含み、各サブピクセルの内部に、一对のマイクロLEDデバイスが実装されている。蛍光体粒子を備える波長変換層のアレイが、マイクロLEDデバイスの対のアレイの上に形成される。一実施形態では、この波長変換層は、ポリマーマトリクス又はガラスマトリクスと、そのマトリクス内部の蛍光体粒子（例えば、そのサイズに起因するルミネセンスを呈する量子ドット、及び、その組成に起因するルミネセンスを呈する粒子）の分散とを含む。この方式で、改善された色域を有する、色スペクトル内の特定の色に、発光を正確に調整することができる。更には、本発明の実施形態に係わるマイクロLEDデバイスの組み込みを使用することにより、照明明用途及びディスプレイ用途の双方に関して、ウェハベースのLEDデバイスの性能、効率、及び信頼性と、薄膜電子装置の高収率、低コスト、混合材料とを、組み合わせることができる。本発明の一部の実施形態で利用することが可能な、例示的なマイクロLEDデバイスが、米国特許第8,426,227号、米国公開第2013/0126081号、米国特許出願第13/458,932号、同第13/711,554号、及び同第13/749,647号で説明され、それらの全てが参照により本明細書に組み込まれる。マイクロLEDデバイスは、発光の効率が高く、消費する電力が、対角線10インチのLCD又はOLEDディスプレイに関しては5~10ワットであることに比較して、極めて小さく（例えば、対角線10インチのディスプレイに関しては250mW）、このマイクロLEDデバイス及び波長変換層を組み込む例示的なディスプレイパネルの、電力消費の低減を可能にする。

【0010】

一態様では、本発明の実施形態は、異なる発光スペクトルの蛍光体粒子が、互いに分離される一方で、依然として、目視者によって知覚される際に、光の良好な混色を提供することが可能となる、構成を提供する。各サブピクセル内に蛍光体粒子を互いに分離することにより、異なるスペクトルを放出する蛍光体粒子から放出された光の、二次吸収（例えば、緑色発光蛍光体粒子から放出された緑色光の、赤色発光蛍光体粒子による吸収）を防止することができる。このことにより、効率を高め、意図せざる色ずれを低減することができる。本発明の実施形態に係わるマイクロLEDデバイスシステムでは、異なる色を放出する区域（例えば、サブピクセル）間の空間的な色分離は、十分に小さく（例えば、約100µm以下に）することができるため、人間の目によって知覚されることがない。この方式で、「マイクロ」LEDデバイスのスケールは、空間的な色分離が人間の目によって知覚されないほど、隣り合うマイクロLEDデバイス又はサブピクセル間の十分に小さいピッチ（例えば、約100µm以下）を有する、マイクロLEDデバイス、配光層、及び蛍光体粒子を含む波長変換層の配置構成を可能にする。そのような構成では、非マイクロLEDデバイスシステムに関連付けられる場合が多い、空間的に不均一な、光源の色を回避することができる。

【0011】

別の態様では、本発明の実施形態は、マイクロLEDデバイスから放出された光が、波長変換層に入る前に発散することを可能にし、また波長変換層（及び、カラーフィルタ）に入る光の光強度も減少させる、1つ以上のマイクロLEDデバイスの上に形成された配光層を説明する。この発散光は、透明な配光層の上に形成される波長変換層からの、より均等な発光をもたらす。その結果として、光密度の低減が、波長変換層内の蛍光体粒子の熱劣化を低減することにより、その発光デバイスの寿命を引き延ばすことができる。このことはまた、波長変換層内での蛍光体粒子の体積添加を増大させることを必要とせず、波長変換層内の蛍光体粒子による色変換の機会も増大させることができる。光の発散

10

20

30

40

50



及び光学強度の低減はまた、マイクロLEDデバイスによって吸収される、波長変換層からの後方反射及び放出の量も、低減することができる。本発明の実施形態によれば、配光層を含めることにより、そのディスプレイに関して、全体的な発光を増大させ、発光の均一性を増大させ、色スペクトルの鮮明度を増大させることができる。

#### 【0012】

別の態様では、本発明の実施形態は、マイクロLEDデバイス、ピクセル、又はマイクロLEDデバイスを含むサブピクセルに関するフィルファクターを増大させることが可能な、ライトパイプ構成を説明する。ウェハベースのLEDデバイスは、点光源として特徴付けられ得るものであり、発光は、小さい面積を占有し、集中した出力を有する、ウェハベースのLEDデバイスが、人間の目によって知覚することが可能となるように、十分に  
10  
(例えば、約100µm以上)離間して固定される場合には、個別のLEDデバイスから放出される光を、小さい点として知覚することが可能となり得る。本発明の実施形態に従って説明されるライトパイプ構成を使用することにより、マイクロLEDデバイス、ピクセル、又はマイクロLEDデバイスを含むサブピクセルに関するフィルファクターが増大するため、個別のマイクロLEDデバイスは、人間の目によって識別することができず、小さい点は知覚されない。

#### 【0013】

別の態様では、本発明の実施形態は、各サブピクセル内部、例えば、サブピクセルに関する各バンク開口部の内部で、複数のマイクロLEDデバイスを接合するために、複数の接合部位が利用可能である、冗長スキームを説明する。一実施形態では、この冗長スキームは、バンク開口部の内部の一对の(又は、それ以上の)接合部位に、接合層(例えば、インジウム柱)を含み、各接合層は、別個のマイクロLEDデバイスを受容するように設計される。一実施形態では、この冗長スキームはまた、マイクロLEDデバイスを受容するために十分に大きい、バンク開口部の内部の修復接合部位も含み得る。この修復接合部位もまた、任意選択的に、接合層を含み得る。この方式で、一実施形態では、各バンク開口部は、サブピクセルの単一の発光色に対応し得るものであり、その発光色の複数のマイクロLEDデバイスを受容する。サブピクセルの内部に実装された一对のマイクロLED  
20  
デバイスのうちの、一方のマイクロLEDデバイスに欠陥がある場合には、他方のマイクロLEDデバイスが、その欠陥マイクロLEDデバイスを補う。更には、必要に応じて、修復接合部位を使用することにより、更なるマイクロLEDデバイスを接合することも  
30  
できる。一実施形態では、冗長性及び修復構成は、バックプレーン構造体内に統合され、このことにより、従来のアクティブマトリクス型有機発光ダイオード(AMOLED)ディスプレイ内に既に組み込まれている、下層の薄膜トランジスタ(TFT)アーキテクチャを変更することを必要とせず、ディスプレイパネル全域にわたる発光の均一性を改善することができる。それゆえ、本発明の実施形態は、AMOLEDディスプレイの従来のTFTバックプレーン技術に対応し得るものであり、マイクロLEDデバイスが、AMOLEDディスプレイ技術の有機発光層に置き換わる。

#### 【0014】

様々な実施形態では、図を参照して説明がなされる。しかしながら、特定の実施形態は、これらの具体的な詳細のうちの1つ以上を伴わずに、あるいは他の既知の方法及び構成  
40  
と組み合わせて、実践することができる。以下の説明では、本発明の完全な理解を提供するために、具体的な構成、寸法、及びプロセスなどの、数多くの具体的な詳細が記載される。他の例では、本発明を不必要に不明瞭にすることがないように、周知の半導体プロセス及び製造技術は、特に詳細には説明されていない。本明細書の全体を通じた「一実施形態」への言及は、その実施形態に関連して説明される特定の機構、構造体、構成、又は特性が、本発明の少なくとも1つの実施形態の中に含まれることを意味する。それゆえ、本明細書の全体を通じた様々な個所での語句「一実施形態では」の表記は、必ずしも、本発明の同じ実施形態に言及するものではない。更には、特定の機構、構造体、構成、又は特性は、1つ以上の実施形態で、任意の好適な方式で組み合わせることができる。

#### 【0015】

10

20

30

40

50

本明細書で使用されるとき、用語「にわたる」、「の上の」、「に」、「間の」、及び「上の」は、1つの層の、他の層に対する相対位置に言及し得るものである。別の層「にわたる」、別の層「の上の」、若しくは別の層「上の」1つの層、又は別の層「に」接合された1つの層は、その別の層と直接接触する場合もあれば、又は1つ以上の介在層を有する場合もある。層の「間の」1つの層は、それらの層と直接接触する場合もあれば、又は1つ以上の介在層を有する場合もある。

**【0016】**

ここで図1A～図1Dを参照すると、本発明の一実施形態に係わる、アクティブマトリクス型ディスプレイパネルの概略上面図及び概略側面図が提供される。そのような実施形態では、下層のTFT基板102は、作動回路機構(例えば、T1、T2)を含む、典型的なAMOLEDバックプレーン内のものと同様とすることができる。図1Aを参照すると、パネル100は、マトリクスとして配置構成された、ピクセル106及びサブピクセル108と、それらのサブピクセルを駆動及び切り替えるための、各サブピクセルに接続された作動回路機構とを含む、ピクセル区域104を、一般的に含む。非ピクセル区域は、各サブピクセルのデータ線に接続されることにより、データ信号(Vdata)をサブピクセルに送信することを可能にする、データ駆動回路109と、サブピクセルの走査線に接続されることにより、走査信号(Vscan)をサブピクセルに送信することを可能にする、走査駆動回路112と、電力信号(Vdd)をTFTに送信するための電力供給線114と、接地信号(Vss)をサブピクセルのアレイに送信するための接地リング116とを、一般的に含む。図示のように、データ駆動回路、走査駆動回路、電力供給線、及び接地リングは全て、フレキシブル回路基板(FCB)113に接続されており、このフレキシブル回路基板113は、電力供給線114に電力を供給するための電源、及び接地リング116に電氣的に接続された電源接地線を含む。本発明の実施形態によれば、サブピクセル108のそれぞれは、対応する下層のTFT回路機構で個別にアドレスすることができ、その一方で、均一な接地信号が、ピクセル区域104の上部に供給される。

**【0017】**

ここで図1B～図1Dを参照すると、開口部131を、作動回路機構に接触するように、平坦化層122内に形成することができる。例示的な平坦化材料としては、ベンゾシクロブテン(BCB)及びアクリルが挙げられる。作動回路機構は、切替トランジスタ、駆動トランジスタ、及び蓄積コンデンサを含む、伝統的な2T1C(2つのトランジスタ、1つのコンデンサ)回路を含み得る。この2T1C回路機構は、例示的であることが意図されるものであり、他のタイプの回路機構、又は伝統的な2T1C回路機構の変更例が、本発明の実施形態に従って想到されることを理解されたい。例えば、より複雑な回路を使用することにより、駆動トランジスタ及びマイクロLEDデバイスのプロセス変動、あるいは、それらの不安定性を補償することができる。更には、本発明の実施形態は、TFT基板102内のトップゲート型トランジスタ構造体に関連して説明及び図示されるが、本発明の実施形態はまた、ボトムゲート型トランジスタ構造体の使用も想到する。更に、本発明の実施形態は、上面発光型構造体に関連して説明及び図示されるが、本発明の実施形態はまた、底面発光型構造体、あるいは上面発光型構造体及び底面発光型構造体の双方の使用も想到する。更には、本発明の実施形態は、接地連絡線及び接地リングを含む、ハイサイド駆動構成に関連して、以下で具体的に説明及び図示される。ハイサイド駆動構成では、LEDは、PMOS駆動トランジスタのドレイン側、又はNMOS駆動トランジスタのソース側に存在し得ることにより、その回路は、LEDのp端子を介して電流を流し出す。本発明の実施形態は、そのように限定されるものではなく、ローサイド駆動構成でも実践することができ、その場合、接地連絡線及び接地リングが、パネル内の電力線となり、電流は、LEDのn端子を介して引き出される。

**【0018】**

バンク開口部128を含む、パターン形成されたバンク層126が、平坦化層122の上に形成される。バンク層126は、インクジェット印刷、スクリーン印刷、ラミネーション、スピンコーティング、CVD、及びPVDなどの、様々な技術によって形成するこ

10

20

30

40

50

とができる。バンク層 126 は、可視波長に対して、不透明、透明、又は半透明とすることができる。バンク層 126 は、限定するものではないが、感光性アクリル、フォトレジスト、シリコン酸化物 ( $\text{SiO}_2$ )、シリコン窒化物 ( $\text{SiN}_x$ )、ポリ(メチルメタクリレート) (PMMA)、ベンゾシクロブテン (BCB)、ポリイミド、アクリレート、エポキシ、及びポリエステルなどの、様々な絶縁材料で形成することができる。一実施形態では、バンク層は、ブラックマトリクス材料などの、不透明材料で形成される。例示的な絶縁性ブラックマトリクス材料としては、有機樹脂、ガラスペースト、並びに、黒色顔料、ニッケル、アルミニウム、モリブデン、及びそれらの合金などの金属粒子、金属酸化物粒子 (例えば、クロム酸化物)、又は金属窒化物粒子 (例えば、クロム窒化物) を含む、樹脂あるいはペーストが挙げられる。

10

#### 【0019】

本発明の実施形態によれば、以下の図に関連して説明されるバンク層 126 の厚さ及びバンク開口部 128 の幅は、その開口部の内部に実装されるマイクロLEDデバイスの高さ、マイクロLEDデバイスを転写する転写ヘッドの高さ、及びディスプレイパネルの解像度に応じて決定することができる。一実施形態では、ディスプレイパネルの解像度、ピクセル密度、及びサブピクセル密度は、バンク開口部 128 の幅を考慮することができる。40 PPI (インチ毎ピクセル) 及び  $211 \mu\text{m}$  のサブピクセルピッチを有する、例示的な 55 インチテレビに関しては、バンク開口部 128 間の、例示的な  $5 \mu\text{m}$  幅の周囲バンク構造体を考慮するために、バンク開口部 128 の幅は、数マイクロメートル ~  $206 \mu\text{m}$  の範囲内とすることができる。440 PPI、及び  $19 \mu\text{m}$  のサブピクセルピッチを有する、例示的なディスプレイパネルに関しては、例示的な  $5 \mu\text{m}$  幅の周囲バンク構造体を考慮するために、バンク開口部 128 の幅は、数マイクロメートル ~  $14 \mu\text{m}$  の範囲内とすることができる。バンク構造体の (すなわち、バンク開口部 128 間の) 幅は、その構造体が、必要とされるプロセスをサポートし、かつ必要とされる PPI へと拡張可能である限りは、任意の好適なサイズにすることができる。

20

#### 【0020】

表 1 は、 $1920 \times 1080 \text{ p}$ 、及び  $2560 \times 1600$  の解像度を有する、様々な赤色 - 緑色 - 青色 (RGB) ディスプレイに関する、本発明の実施形態に係わる例示的な実装のリストを提供する。これらの例示的な実施形態では、40 PPI のピクセル密度は、55 インチ、 $1920 \times 1080 \text{ p}$  の解像度のテレビに対応し得るものであり、326 PPI 及び 440 PPI のピクセル密度は、RETINA (登録商標) (RTM) ディスプレイを有するハンドヘルドデバイスに対応し得る。本発明の実施形態は、RGB 色彩スキーム、又は  $1920 \times 1080 \text{ p}$  若しくは  $2560 \times 1600$  の解像度に限定されるものではなく、それらの具体的な解像度及び RGB 色彩スキームは、例示目的のために過ぎないことを理解されたい。

30

【表 1】

表 1.

ディスプレイ基板	ピクセルのピッチ (x, y)	サブピクセルの ピッチ (x, y)	インチ毎ピ クセル (PPI)	可能な転写 ヘッドアレイのピッ チ
5.5" 1920× 1080	(634 μm, 634 μm)	(211 μm, 634 μm)	40	X: 211 μmの倍数 又は分数 Y: 634 μmの倍数 又は分数
10" 2560× 1600	(85 μm, 85 μm)	(28 μm, 85 μm)	299	X: 28 μmの倍数又 は分数 Y: 85 μmの倍数又 は分数
4" 640×1 136	(78 μm, 78 μm)	(26 μm, 78 μm)	326	X: 26 μmの倍数又 は分数 Y: 78 μmの倍数又 は分数
5" 1920× 1080	(58 μm, 58 μm)	(19 μm, 58 μm)	440	X: 19 μmの倍数又 は分数 Y: 58 μmの倍数又 は分数

10

20

## 【0021】

本発明の実施形態によれば、バンク層 126 の厚さは、バンク構造体が機能するために、過度に厚いものではない。厚さは、マイクロLEDデバイスの高さ、及び既定の視野角によって決定することができる。例えば、バンク開口部 128 の側壁が、平坦化層 122 に対して特定の角度をなす場合、より浅い角度は、そのシステムのより広い視野角に相関し得る。一実施形態では、バンク層 126 の例示的な厚さは、1 μm ~ 50 μm とすることができる。一実施形態では、バンク層 126 の厚さは、マイクロLEDデバイス 400 の厚さの、5 μm 以内である。

30

## 【0022】

次いで、パターン形成された導電層が、パターン形成されたバンク層 126 の上に形成される。一実施形態では、このパターン形成された導電層は、バンク開口部 128 内部に、作動回路機構と電氣的に接触して形成される、反射バンク層 142 を含む。例えば、各サブピクセルに関して、反射バンク層 142 を形成することができ、各反射バンク層は、底部電極として機能し、基板内部の作動回路機構から、個別にアドレス可能である。したがって、サブピクセルの 1 つの反射バンク層に接合されている全てのマイクロLEDデバイスが、一緒にアドレスされる。パターン形成された導電層はまた、任意選択的に、接地連絡線 144 及び/又は接地リング 116 も含み得る。本明細書内で使用するとき、接地「リング」という用語は、円形パターン、又は対象物を完全に囲むパターンを必要とするものではない。更には、以下の実施形態は、ピクセル区域の 3 辺を少なくとも部分的に取り囲む、接地リング 116 の形態の接地線に関連して説明及び図示されるが、本発明の実施形態はまた、ピクセル区域の 1 つの辺（例えば、左、右、下、上）又は 2 つの辺（左、右、下、上のうちの 2 つの組み合わせ）に沿って延びる接地線でも、実践することができる点を理解されたい。したがって、以下の説明では、接地リングに対する言及及び例示は、システム要件が許容する場合、潜在的に接地線に置き換えることが可能であることを理解されたい。

40

## 【0023】

50

パターン形成された導電層は、幾つかの導電材料及び反射材料で形成することができ、かつ2つ以上の層を含み得る。一実施形態では、パターン形成された導電層は、アルミニウム、モリブデン、チタン、チタングステン、銀、又は金、あるいはそれらの合金などの、金属膜を含む。適用例では、パターン形成された導電層は、層又は金属膜のスタックを含み得る。パターン形成された導電層は、アモルファスシリコンなどの導電材料、インジウムスズ酸化物（ITO）及びインジウム亜鉛酸化物（IZO）などの透明導電性酸化物（TCO）、カーボンナノチューブ膜、あるいは、ポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）（PEDOT）、ポリアニリン、ポリアセチレン、ポリピロール、及びポリチオフェンなどの透明導電性ポリマーを含み得る。一実施形態では、パターン形成された導電層は、導電材料及び反射性導電材料のスタックを含む。一実施形態では、パターン形成された導電層は、上層及び底層、並びに反射性中間層を含む3層スタックを含み、上層及び底層のうち一方若しくは双方は、透明である。一実施形態では、パターン形成された導電層は、導電性酸化物-反射性金属-導電性酸化物の3層スタックを含む。この導電性酸化物層は、透明とすることができる。例えば、パターン形成された導電層は、ITO-銀-ITO層のスタックを含み得る。そのような構成では、上部及び底部のITO層により、反射性金属（銀）層の拡散及び/又は酸化を防止することができる。一実施形態では、パターン形成された導電層は、Ti-Al-Tiのスタック、又はMo-Al-Mo-ITOのスタックを含む。一実施形態では、パターン形成された導電層は、ITO-Ti-Al-Ti-ITOのスタックを含む。一実施形態では、パターン形成された導電層は、1 $\mu$ m以下の厚さである。パターン形成された導電層は、限定するものではないが、PVDなどの、好適な技術を使用して堆積させることができる。

#### 【0024】

反射バンク層142、接地連絡線144、及び接地リング116の形成に続けて、任意選択的に、パターン形成された導電層の側壁を覆う絶縁層146を、TFT基板102の上に形成することができる。絶縁層146は、バンク層126及び反射バンク層142、接地連絡線144及び/又は接地リング116を、少なくとも部分的に覆うことができる。図示の実施形態では、絶縁層146は、接地リング116を完全に覆っているが、しかしながら、これは任意選択的である。

#### 【0025】

一実施形態では、絶縁層146は、ラミネーション、スピンコーティング、CVD、及びPVDなどの好適な技術を使用して、ブランケット堆積によって形成され、次いで、反射バンク層142を露出させる開口部、及び接地連絡線149を露出させる開口部149を形成するように、リソグラフィなどの好適な技術を使用して、パターン形成される。一実施形態では、リソグラフィを必要とすることなく、インクジェット印刷又はスクリーン印刷を使用して、絶縁層146、及び絶縁層内の開口部149を形成することができる。絶縁層146は、限定するものではないが、SiO<sub>2</sub>、SiN<sub>x</sub>、PMMA、BCB、ポリイミド、アクリレート、エポキシ、及びポリエステルなどの、様々な材料で形成することができる。例えば、絶縁層146は、厚さ0.5 $\mu$ mとすることができる。絶縁層146は、完成したシステムの発光の抽出を著しく劣化させることがないように、バンク開口部128内部の反射バンク層142の側壁の上に形成される場所では、透明又は半透明とすることができる。絶縁層146の厚さもまた、光抽出効率を高めるように、また、発光デバイスのアレイを反射バンク構造体に転写する間に、転写ヘッドアレイに干渉することもないように、制御することもできる。以下の説明でより明らかとなるように、パターン形成された絶縁層146は、任意選択的であり、導電層を電氣的に分離させるための1つの方式を表すものである。

#### 【0026】

図1B、図1Cに示される実施形態では、反射バンク層142、接地連絡線144、及び接地リング116は、同じ導電層で形成することができる。別の実施形態では、接地連絡線144及び/又は接地リング116は、反射バンク層142とは異なる導電材料で形成することができる。例えば、接地連絡線144及び接地リング116は、反射バンク層1

10

20

30

40

50

42よりも高い導電性を有する材料で形成することができる。別の実施形態では、接地連絡線14及び/又は接地リング116はまた、反射バンク層とは異なる層の内部に形成することもできる。接地連絡線144及び接地リング116はまた、パターン形成されたバンク層126の内部又は下方に形成することもできる。例えば、接地連絡線144及び接地リング116を形成する際、パターン形成されたバンク層126を貫通して、開口部を形成することができる。開口部はまた、パターン形成されたバンク層126及び平坦化層122を貫通して、接地連絡線144に接触するように形成することもできる。一実施形態では、接地リング及び接地連絡線144は、TFT基板102の作動回路機構の形成の間に、形成されたものとして形成することができる。したがって、接地連絡線144及び接地リング116を形成するための、幾つかの可能性が存在することを理解されたい。

10

## 【0027】

図1Bに示される実施形態を参照すると、マイクロLEDデバイスの接合を容易にするために、反射バンク層142上に、複数の接合層140を形成することができる。図示の特定の実施形態では、一对のマイクロLEDデバイスを接合するための、2つの接合層140が示される。一実施形態では、接合層140は、米国特許出願第13/749,647号で説明されるように、共晶合金接合、過渡的液相接合、又は固相拡散接合などの接合メカニズムを通じて、(未だ定置されていない)マイクロLEDデバイス上の接合層と相互拡散する、その能力のために選択される。一実施形態では、接合層140は、250以下の融解温度を有する。例えば、接合層140は、スズ(232)、インジウム(156.7)、又はそれらの合金などの、はんだ材料を含み得る。接合層140はまた、幅よりも大きい高さを有する、柱の形状にすることもできる。本発明の一部の実施形態によれば、より高い接合層140は、マイクロLEDデバイスの転写操作の間の、TFT基板とのマイクロLEDデバイスのアレイの平坦度などの、システム構成要素のレベリングに関して、並びに、共晶合金接合及び過渡的液相接合の間などの接合の間に、液化した接合層が表面の上に広がる際の、その高さの変化による、マイクロLEDデバイスの高さの変動に関して、更なる自由度を提供することができる。接合層140の幅は、マイクロLEDデバイスの底面の幅よりも小さくすることにより、マイクロLEDデバイスの側壁の周囲での接合層140のウィッキング、及び量子井戸構造体の短絡を防止することができる。

20

## 【0028】

図1Cは、本発明の一実施形態に係わる、一对のマイクロLEDデバイス400の転写の後の、図1Aのアクティブマトリクス型ディスプレイパネルの、線X-X及び線Y-Yに沿った概略側面図である。マイクロLEDデバイス400は、米国特許第8,333,860号、同第8,349,116号、同第8,415,771号、同第8,415,767号、又は同第8,415,768号のいずれかで説明されるように、転写接合プロセス、弾性スタンプを使用する転写、あるいは静電転写ヘッドアレイを使用する転写及び接合を含めた、様々な技術を使用して、マイクロLEDデバイス400のアレイの一部として、基板102に転写及び接合することができる。以下の実施形態では、特定の垂直型マイクロLEDデバイス400の構造体に関連して、説明がなされる。図示の特定のマイクロLEDデバイス400は例示的なものであり、本発明の実施形態が限定されるものではないことを理解されたい。例えば、本発明の実施形態はまた、垂直型LEDデバイスではないLEDデバイスでも実践することができる。図示の特定の実施形態では、マイクロLEDデバイス400は、底部接点404と上部接点402との間に、マイクロp-nダイオードを含む。一実施形態では、このマイクロp-nダイオードは、30µm以下、又は更に5µm以下などの、数マイクロメートルの厚さであり、上部接点402及び底部接点404は、厚さ0.1µm~2µmである。このマイクロp-nダイオードは、n型ドープ層409、p型ドープ層405、及びn型ドープ層とp型ドープ層との間の1つ以上の量子井戸層416を含み得る。図1Cに示される特定の実施形態では、n型ドープ層409は、p型ドープ層405の上方に存在するように示されている。あるいは、p型ドープ層405が、n型ドープ層409の上方に存在する場合もある。マイクロLEDデバイス

30

40

50

400は、(上部から底部への)直線状又はテーパ状の側壁406を有し得る。上部接点402及び底部接点404は、1つ以上の層を含み得るものであり、金属、導電性酸化物、及び導電性ポリマーを含めた、様々な導電材料で形成することができる。上部接点402及び底部接点404は、可視波長スペクトル(例えば、380nm~750nm)に対して透明若しくは半透明、又は不透明とすることができる。上部接点402及び底部接点404は、任意選択的に、銀層などの反射層を含み得る。一実施形態では、量子井戸416を電氣的に不活性化するために、p-nダイオードの側壁406に沿って、及び任意選択的に、マイクロp-nダイオードの上面若しくは底面に沿って、共形誘電バリア層407を、任意選択的に形成することができる。共形誘電バリア層407は、その共形誘電バリア層407が上に形成されるp-nダイオードの、トポグラフィの外形を形成するように、p-nダイオードよりも薄いものとすることができる。例えば、共形誘電バリア層407は、厚さ約50~600オングストロームの酸化アルミニウムとすることができる。マイクロLEDデバイス400と反射バンク層142との間に、接合層414を位置決めすることにより、反射バンク層142又は他の介在層への、マイクロLEDデバイス400の底部接点404の接合を容易にすることができる。一実施形態では、接合層414は、インジウム、金、銀、モリブデン、スズ、アルミニウム、シリコン、又はそれらの合金などの材料を含む。接合層414は、マイクロデバイス接合層と接合層140との、合金又は金属間化合物とすることができる。

#### 【0029】

接合層140に加えて、図1A~図1Cに示される実施形態は、マイクロLEDデバイスを受容するために十分に大きい、各バンク開口部128内部の修復接合部位401を含む。この方式で、複数の接合層140及び修復接合部位401により、各バンク開口部128内部に、冗長性及び修復構成が作り出される。図1A~図1Cに示される特定の実施形態では、修復接合部位401は、反射バンク層142上の露出面であるように示されている。しかしながら、本発明の実施形態は、そのように限定されるものではない。他の実施形態では、修復接合部位401もまた、既存の冗長スキームに関して説明及び図示された他の2つの接合層140と同様の、接合層140を含み得る。したがって、一部の実施形態では、接合層140は、反射バンク層142上の、冗長スキームで意図された全てのマイクロLEDデバイスの部位、並びに修復部位401に提供される。

#### 【0030】

図示の実施形態では、接地連絡線144の配置構成は、ディスプレイパネル100のピクセル区域104内のバンク開口部128の間に延ばすことができる。更には、複数の開口部149により、複数の接地連絡線144が露出される。開口部149の数は、バンク開口部128の(上から下への)列の数と、1:1の相関関係を有する場合もあれば、有さない場合もある。例えば、図1Aに示される実施形態では、接地連絡開口部149は、バンク開口部128の各列に関して形成されるが、しかしながら、このことは必須ではなく、接地連絡開口部149の数は、バンク開口部128の列の数よりも多くすることも、又は少なくすることもできる。更に、接地連絡線144の数は、バンク開口部の(左から右への)行の数と、1:1の相関関係を有する場合もあれば、有さない場合もある。例えば、図示の実施形態では、接地連絡線144は、バンク開口部128の2行毎に形成されるが、しかしながら、このことは必須ではなく、接地連絡線144の数は、バンク開口部128の行の数(n)と、1:1の相関関係、又は任意の1:nの相関関係を有し得る。

#### 【0031】

上記の実施形態では、接地連絡線144が、ディスプレイパネル100を横切って、左から右へ水平方向に延びるように説明及び図示されているが、実施形態は、そのように限定されるものではない。他の実施形態では、接地連絡線は、垂直方向に延びることができ、又は水平方向及び垂直方向の双方に延びて、格子を形成することもできる。幾つかの可能な変形形態が、本発明の実施形態に従って想定される。本発明の実施形態によれば、接地連絡線は、ピクセル区域内のバンク開口部128の間に形成され、非ディスプレイ区域内の接地リング116又は接地線に電氣的に接続される。この方式で、接地信号が、より

10

20

30

40

50

均一にサブピクセルのマトリクスに印加されることにより、ディスプレイパネル100全域にわたって、より均一な輝度をもたらすことができる。更には、接地連絡線144を、(未だ形成されていない)上部電極層よりも良好な電気伝導率を有する材料から形成することによって、電気接地経路内での接触抵抗を低減することができる。

#### 【0032】

図1A~図1Cに示される、接地連絡線144を有する垂直型マイクロLEDデバイス400の特定の配置構成は、例示的なものであり、本発明の実施形態はまた、他のマイクロLEDデバイスでも実践することができる点を理解されたい。例えば、図1Dは、図1Cに関連して上述されたものと同様の、ディスプレイ基板102に転写及び接合された、代替的マイクロLEDデバイス400を示す。図1CのマイクロLEDデバイスと同様に、図1DでのマイクロLEDデバイスは、1つ以上の量子井戸層416に対向するドープ層405、409を含む、マイクロp-nダイオードを含む。図1CのマイクロLEDデバイスとは異なり、図1DでのマイクロLEDデバイスは、ドープ層405、409の双方に対する底部接点を含む。例えば、底部接点404が、ドープ層405上に形成され、底部接点403が、ドープ層409上に形成される。共形誘電バリア層407もまた、特に、量子井戸層(複数又は単数)416を含む側壁406を防護するように、図1DのマイクロLEDデバイス上に任意選択的に形成することができる。図1DのマイクロLEDデバイス400は、n型ドープ層及びp型ドープ層の双方に関する底部接点を含むため、反射層142もまた、電気的に分離する2つの層へと分離させて、それぞれ、底部接点404、403と電気的に接触させることができる。したがって、図1DのマイクロLED 10  
20  
デバイス400は、上部接点及び底部接点を有することが必須ではない、本発明の実施形態の内部に実装することができ、このマイクロLEDデバイスは、底部接点と動作可能に接続することができる。

#### 【0033】

ここで図2A~図2Dを参照すると、本発明の実施形態に係わる、サブピクセル108の反射バンク層内部に実装された、マイクロLEDデバイスの配置構成に関する等角図が提供される。図2Aは、前述のようにバンク開口部128の側壁及び底面に沿って、及びバンク開口部128に隣接するパターン形成されたバンク層126の上面に部分的に沿って形成された、反射バンク層142を示す。図2Aに示される実施形態では、一对のマイクロLEDデバイス400が、バンク開口部の長さに沿って、対向する側壁から均等に離間するように、反射バンク層142内部に実装される。したがって、図2Aは、例示的なマイクロLEDデバイス冗長スキームを例示するものである。図2Bに示される実施形態では、一对のマイクロLEDデバイス400は、更なるマイクロLEDデバイスのための余剰が、修復接合部位401に存在するように、反射バンク層142内部に実装される。したがって、図2Bは、修復部位を有する、例示的なマイクロLEDデバイス冗長スキームを例示するものである。 30

#### 【0034】

実際の適用例では、キャリア基板からディスプレイ基板102への、マイクロLEDデバイス400の100%の転写の成功が常に達成され、かつ欠陥、欠落、又は汚染したマイクロLEDデバイスを有さないことは期待できない。本発明の実施形態によれば、マイクロLEDデバイスは、1~100 $\mu\text{m}$ のスケールのものであり、例えば、約20 $\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m}$ 、又は5 $\mu\text{m}$ の最大幅を有し得る。そのようなマイクロLEDデバイスは、例えば静電転写ヘッドアレイを使用する、キャリア基板からのピックアップ及びディスプレイ基板への転写に関して、準備が整っているように製造される。欠陥マイクロLEDデバイスは、汚染、応力破損、及び導電層間の短絡などの、様々な原因から生じ得る。マイクロLEDデバイスはまた、キャリア基板の非平面性、汚染(例えば、微粒子)、又はキャリア基板に対するマイクロLEDデバイスの不規則な付着などの様々な理由により、転写操作の間にピックアップされない恐れもある。マイクロLEDデバイス400の転写操作が完了した後、欠陥、欠落、又は汚染したマイクロLEDデバイスを検出して、いずれかの修復操作を実行する必要があるか否かを判定するために、試験を実行することができる。 40  
50



## 【 0 0 3 5 】

図 2 C、図 2 D は、欠陥、欠落、又は汚染したマイクロ LED デバイスが検出された後に、修復部位に更なるマイクロ LED デバイスを定置する、例示的な適用を示す。例えば、図 2 B に示すマイクロ LED デバイス 4 0 0 の転写及び接合に続けて、ディスプレイ基板に転写されたそれらのマイクロ LED デバイスを検査することができる。マイクロ LED デバイス 4 0 0 X に欠陥があるか、又は汚染されていることが判明した場合には、図 2 C に示されるように、修復マイクロ LED デバイス 4 0 0 を、修復部位 4 0 1 に接合することができる。あるいは、意図された接合部位に、マイクロ LED デバイスが転写されなかったことが判明すると、図 2 D に示されるように、修復マイクロ LED デバイス 4 0 0 を、修復部位 4 0 1 に接合することができる。

10

## 【 0 0 3 6 】

ここで図 3 A ~ 図 3 C を参照すると、本発明の実施形態に係わる、個別のマイクロ LED デバイスの上に、別個の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロ LED デバイスの配置構成の等角図が示される。図 3 A に示されるように、一对のマイクロ LED デバイスのうちの個別のマイクロ LED デバイス 4 0 0 のそれぞれの上に、別個の波長変換層 3 1 0 が形成される。図 3 B に示されるように、修復マイクロ LED デバイス 4 0 0 が、反射バンク層 1 4 2 に転写されており、一对の LED デバイスのうちの個別のマイクロ LED デバイス 4 0 0 のそれぞれの上に、別個の波長変換層 3 1 0 が形成される。この構成では、波長変換層 3 1 0 は、欠陥又は汚染されたマイクロ LED デバイス 4 0 0 X の上には形成されていない。図 3 C は、図 3 B と同様のもの

20

## 【 0 0 3 7 】

図 4 A ~ 図 4 C は、本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロ LED デバイスの上に、単一の波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロ LED デバイスの配置構成の等角図を示す。図 4 A ~ 図 4 C でのマイクロ LED デバイスの配置構成は、図 3 A ~ 図 3 C に示される例示的配置構成と同じであるが、単一の波長変換層 3 1 0 が、サブピクセル内部又は反射バンク層 1 4 2 内部の、全てのマイクロ LED デバイス 4 0 0 の上に形成されるという相違点がある。図 4 B、図 4 C に示されるように、波長変換層 1 3 0 はまた、欠陥若しくは汚染されたマイクロ LED デバイス 4 0 0 X の上、又は欠落したマイクロ LED デバイスに対応する接合層 1 4 0 の上にも形成することができる。

30

## 【 0 0 3 8 】

図 4 A ~ 図 4 C に示される実施形態では、波長変換層 1 3 0 は、サブピクセル内部の反射バンク層 1 4 2 の内部に存在するように示されるが、しかしながら、他の実施形態では、波長変換層 1 3 0 は、図 5 に示されるように、反射バンク層 1 4 2 全体の上に形成される。他の実施形態では、波長変換層 1 3 0 は、反射バンク層 1 4 2 の少なくとも底面及び側壁の上に形成される。パターン形成されたバンク層 1 2 6 の上部に形成された反射バンク層 1 4 2 の諸部分の上に、ブラックマトリクス材料又はホワイトマトリクス材料を形成することができる。この方式で、目視者によって可視の、反射バンク層 1 4 2 内部のマイクロ LED デバイスから放出される全ての光が、波長変換層を通過する。更には、そのような構成により、ディスプレイの外側などの他の供給源からの反射光は、必然的に波長変換層 3 1 0 を通過することになる。図 5 は、図 2 B のマイクロ LED デバイス 4 0 0 の対の構成を示すものであるが、図 5 の波長変換層 3 1 0 は、例えば、上記の図 2 A、図 2 C、及び図 2 D に示されるものを含めた、反射バンク層 1 4 2 内部に実装される任意のマイクロ LED デバイス構成の上に形成することができる点を理解されたい。

40

## 【 0 0 3 9 】

ここまでのところ、図 3 A ~ 図 5 での波長変換層 1 3 0 は、ドーム形状の構成であるように示されているが、この構成は、波長変換層 1 3 0 及び任意選択的な更なる層から形成することができる。例えば、以下の説明で更に詳細に説明されるように、波長変換層の下

50

に、配光層を形成することができる。このドーム形状のプロファイルは、半球状とするか、平坦化、又は狭小化することができる。例えば、半球状のプロファイルは、光抽出を向上させて、ランバート発光パターンを作り出すことができる。ドーム型プロファイルの平坦化又は狭小化を使用することにより、その発光デバイスに関する視野角を調節することができる。本発明の実施形態によれば、これらの層の厚さ及びプロファイルは、マイクロLEDデバイスからの発光ビームプロファイルを変更するために、並びに、エッジ効果に関連し得るディスプレイの角度特性を介して色を変更するために、調節することができる。

#### 【0040】

ここで図6A～図8Bを参照すると、細長ドーム形状の波長変換層を含む、様々な構成が示されるが、それらの構成は、波長変換層130及び任意選択的な更なる層から形成することができる。例えば、以下の説明で更に詳細に説明されるように、波長変換層の下に、配光層を形成することができる。この方式で、配光層は、ライトパイプとして機能することにより、反射バンク層内部のマイクロLEDデバイスに関するフィルファクターを増大させることができる。

#### 【0041】

図6A～図6Cは、本発明の実施形態に係わる、複数のマイクロLEDデバイスの上に、単一の細長い波長変換層が形成されている、サブピクセルの反射バンク層内部に実装されたマイクロLEDデバイスの配置構成の等角図を示す。図6A～図6CでのマイクロLEDデバイスの配置構成は、図3A～図3Cに示される例示的配置構成と同じであるが、単一の細長い波長変換層310が、サブピクセル内部又は反射バンク層142内部の、全てのマイクロLEDデバイス400の上に形成されるという相違点がある。図6B、図6Cに示されるように、細長い波長変換層130はまた、欠陥若しくは汚染されたマイクロLEDデバイス400Xの上、又は欠落したマイクロLEDデバイスに対応する接合層140の上にも形成することができる。

#### 【0042】

図6A～図6Cに示される実施形態では、波長変換層130は、サブピクセル内部の反射バンク層142の底面上にのみ存在するように示されている。図7Aは、波長変換層130が、反射バンク層142の少なくとも底面及び側壁の上に形成される実施形態を示す。図7Bは、波長変換層130が、反射バンク層142全体の上に形成される実施形態を示す。この方式で、目視者によって可視の、反射バンク層142内部のマイクロLEDデバイスから放出される全ての光が、波長変換層を通過する。図7Bに示される構成により、ディスプレイの外側などの、マイクロLEDデバイス以外の他の供給源を発生源とする、反射バンク層142によって反射される光は、必然的に波長変換層310を通過することになる。図6A～図6C、及び図7Aに示される構成では、パターン形成されたバンク層126の上部に形成された反射バンク層142の諸部分の上に、ブラックマトリクス材料又はホワイトマトリクス材料を形成することができる。図7A、図7Bは、図2BのマイクロLEDデバイス400の対の構成を示すものであるが、図7A、図7Bの波長変換層310は、例えば、上記の図2A、図2C、及び図2Dに示されるものを含めた、反射バンク層142内部に実装される任意のマイクロLEDデバイス構成の上に形成することができる点を理解されたい。

#### 【0043】

この時点までは、単一の反射バンク層142の上に波長変換層が形成される構成が示されている。図8A、図8Bに示される実施形態では、波長変換層は、複数の反射バンク層142の上に、又は複数の反射バンク層142にわたって形成されるように示されている。例えば、各反射バンク層142は、ピクセルの内部のサブピクセルに対応し得る。図8Aは、本発明の一実施形態に係わる、複数のサブピクセルに対応する複数の反射バンク層142の上に形成された、細長ドーム形状の波長変換層310を含む、ピクセルの等角図である。図示のように、波長変換層310は、ピクセル内部の全ての反射バンク層142の上に形成することができる。図8Bは、本発明の一実施形態に係わる、複数のサブピク

10

20

30

40

50

セルに対応する複数の反射バンク層 1 4 2 の上に形成された細長ドーム形状の波長変換層 3 1 0、及び単一のサブピクセルに対応する単一の反射バンク層 1 4 2 の上に形成された細長ドーム形状の波長変換層 3 1 0 の双方を含む、ピクセルの等角図である。

【 0 0 4 4 】

この時点までは、波長変換層 3 1 0 は、単一層のシステムとして示されている。一部の実施形態では、幾つかの更なる層を、波長変換層の下又は上に形成することができる。例えば、波長変換層は、マイクロ LED デバイス 4 0 0 からの発光ビームプロファイルを変更するように成形することが可能な、マイクロレンズ構成内に含めることができる。

【 0 0 4 5 】

ここで図 9 A を参照すると、本発明の一実施形態に係わる、マイクロ LED デバイスの周囲の、ライトパイプの形態の配光層、及びそのライトパイプの上の波長変換層の、組み合わせ図が提供される。図 9 A が組み合わせ図と称される理由は、この図が、マイクロ LED デバイスの場所に関する等角図、平面図と、層の断面図との特性を含むためである。以下の実施形態では、特定の垂直型マイクロ LED デバイス 4 0 0 構造体に関連して、説明がなされる。図示の特定のマイクロ LED デバイス 4 0 0 は例示的なものであり、本発明の実施形態が限定されるものではないことを理解されたい。例えば、本発明の実施形態はまた、図 1 D に関連して説明及び図示されたものなどの LED デバイスでも実践することができる。以下の説明はまた、ライトパイプの形態の配光層 3 2 0 に関連しても実施される。そのような構成は、数多くの可能な層の配置構成及び形状を適切に説明するために選択されており、それらの層の配置構成はまた、特にドーム形状及び細長ドーム形状などの、前述のプロファイルのうちのいずれかを形成するためにも使用することができる点を理解されたい。

【 0 0 4 6 】

図 9 A に示されるように、波長変換層 3 2 0 を形成する前に、配光層 3 2 0 が、1 つ以上のマイクロ LED デバイス 4 0 0 の周囲に、任意選択的に形成される。本明細書で説明されるように、マイクロ LED デバイスの「周囲」の層は、そのマイクロ LED デバイスの側方に、上に、又は下に形成することができる。それゆえ、マイクロ LED デバイスの「周囲」という用語は、その層が、マイクロ LED デバイスからの全ての方向で配置されていることを必要とするものではない。むしろ、用語「周囲」とは、マイクロ LED デバイスからの発光ビーム経路が通過するように設計されている、隣接区域を指すことを意図するものである。図 9 A に示される特定の実施形態では、マイクロ LED デバイス 4 0 0 の周囲のライトパイプは、マイクロ LED デバイスの側方及びマイクロ LED デバイスの上の双方に存在する。

【 0 0 4 7 】

ライトパイプの形態の配光層 3 2 0 は、そのライトパイプを出て波長変換層 3 1 0 に向かう、マイクロ LED デバイス 4 0 0 からの入射光の屈折を可能にすると共に、配光層 3 2 0 内部に、マイクロ LED デバイス 4 0 0 からの入射光の内部反射及び横方向拡散を引き起こすように、成形することができる。配光層 3 2 0 は、マイクロ LED デバイス 4 0 0 よりも厚くすることができる。一実施形態では、配光層 3 2 0 は、厚さ  $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$  である。この配光層の横方向の長さ/幅は、入射光の横方向拡散に対応するために、配光層の厚さよりも大きくすることができる。例示の実施形態では、広さ  $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$  のサブピクセルを考慮すると、配光層 3 2 0 は、 $100 \mu\text{m}$  の横方向の長さ、 $100 \mu\text{m}$  の横方向の幅、及び、最大の横方向の長さ又は幅以下の高さを有し得る。

【 0 0 4 8 】

配光層 3 2 0 はまた、ドーム形状にすることにより、ライトパイプの外に屈折する光の、放射状拡散を作り出すことができる。このドーム形状のプロファイルは、半球状とすることができる。このドーム形状はまた、平坦化又は狭小化することもできる。一部の実施形態では、配光層 3 2 0 は、細長ドーム形状である。一実施形態では、この配光層 3 2 0 の厚さ及びプロファイルは、マイクロ LED デバイス 4 0 0 からの発光ビームプロファイルを変更するために、並びに、エッジ効果に関連し得るディスプレイの角度特性を介して

色を変更するために、マイクロレンズ構造体がある上に形成される、基底構造を提供する。配光層320は、エポキシ、シリコン、及びアクリルなどの、様々な透明材料で形成することができ、公称波長590nmで、以下に報告される屈折率(n)を有する：n = 1.51 ~ 1.57 (エポキシ)、n = 1.38 ~ 1.58 (シリコン)、n = 1.49 (アクリル)。一実施形態では、配光層320は、インクジェット印刷によって形成される。一実施形態では、配光層320は、溶融ガラスの適用によって形成される。ガラス組成物は、エポキシ、シリコン、又はアクリルなどの、波長変換層310を形成するマトリクス材料の屈折率に整合し得る屈折率を保有する、アクリルガラス、クラウンガラス、フロントガラス、及びホウケイ酸ガラスの範囲にわたる、様々な組成物の範囲にわたり得る。配光層320の特定のプロファイルは、幾つかの加工処理技術を通じて作り出すことができる。1つの方法は、インク印刷材料の表面張力を調整することによるものである。マイクロレンズを形成するために使用されるもののような、リソグラフィ又は他のウェハレベル光学技術もまた、使用することができる。成型又はインプリントリソグラフィなどの物理的技術もまた、使用することができる。

#### 【0049】

図9Bは、本発明の一実施形態に係わる、マイクロLEDデバイスの周囲の、ライトパイプの形態の配光層、及びそのライトパイプの上の波長変換層の側断面図である。図9Bに示されるように、マイクロLEDデバイス400から放出される入射光は、配光層320の外、及び波長変換層310内の双方に屈折することができ、また、配光層320内部で内部反射することにより、マイクロLEDデバイスからの入射光の横方向拡散を引き起こすこともでき、この反射光は、最終的に、配光層320の外、及び波長変換層310内に屈折する。図9C、図9Dは、本発明の実施形態に係わる、ライトパイプの形態であり、かつテーパ状プロファイルを有する、配光層の側断面図である。図9Cに示される特定の形態では、配光層320は、側縁部に向けてテーパ状であることにより、この配光層は、縁部が中間部よりも薄い。配光層320の厚さをテーパ状にすることにより、反射の増大がもたらされ、最終的に、光を縁部に通過させるのではなく、配光層の上面に通過させて屈折させることができる。図9Dに示される実施形態では、一对のマイクロLEDデバイスは、一方の側から他方へとテーパ状である配光層320の、一方の縁部により近く定置される。この方式で、配光層320は、配光層の一方の側から他方へと光を誘導することができ、光は、配光層の側面を通過するのではなく、上面を通過して屈折する。

#### 【0050】

マイクロLEDデバイス400からの入射光の屈折及び反射を可能にすることに加えて、配光層320はまた、マイクロLEDデバイス400から放出される光が、波長変換層310に入る前に発散することも可能にし、このことにより、波長変換層に入る光の光強度が減少する。一態様では、内部反射光は、マイクロLEDデバイス400、ピクセル、又はマイクロLEDデバイスを含むサブピクセルの、改善されたフィルファクターを可能にする。別の態様では、発散光(反射されない入射光、並びに反射光を含む)は、配光層の上に形成される波長変換層310からの、より均等な発光をもたらす。別の態様では、配光層320は、放出される前に光がデバイス内で進む長さを、増大させる機能を果たし得る。このことは、光密度の低減をもたらす、波長変換層内の蛍光体粒子の熱劣化を低減することにより、そのディスプレイデバイスの寿命を引き延ばすことができる。このことはまた、波長変換層内での蛍光体粒子の体積添加を増大させることを必要とせず、波長変換層内の蛍光体粒子による色変換の機会も増大させることができる。更に別の態様では、光の発散及び光強度の低減により、通常であればマイクロLEDデバイス400によって再吸収される可能性がある、波長変換層からの後方反射の量を、低減することができる。本発明の実施形態によれば、配光層320は、ディスプレイデバイスに関して、フィルファクターを増大させ、全体的な発光を増大させ、発光の均一性を増大させ、色スペクトルの鮮明度を増大させることができる。この配光層の厚さ及びプロファイルはまた、マイクロLEDデバイス400からの発光ビームプロファイルを変更するために、並びに、エッジ効果に関連し得るディスプレイの角度特性を介して色を変更するために、マイク

10

20

30

40

50

ロレンズ構造体が形成される、基底構造も提供することができる。

【0051】

任意選択の配光層320の形成に続き、波長変換層310を形成する前に、配光層320の上に、整合層222を任意選択的に形成することができる。整合層322は、配光層320及び波長変換層310に関する屈折率を整合させて、光の後方反射を低減する機能を果たし得る。例えば、層320、310が、例えば異なる屈折率を有するエポキシ、シリコン、アクリル、又はガラスで形成される場合、整合層322は、層320と層310との間の屈折率を有するエポキシ、シリコン、アクリル、又はガラスで形成される。本発明の実施形態によれば、層320、310を形成するポリマーマトリクスは同じものであり、層320、310は、同一の屈折率を有する。別の実施形態では、層320、310に関する屈折率は、0.3以内、又はより詳細には、0.1以内である。一実施形態では、整合層は、2µm以下の厚さである。一実施形態では、整合層322の硬化は、熱又はUVによるものとすることができる。

10

【0052】

本発明の実施形態によれば、マイクロLEDデバイス400の上に、かつ存在する場合には、任意選択の配光層320及び整合層の上に、波長変換層310が形成される。一実施形態では、波長変換層は、発光スペクトルを制御するための蛍光体粒子を含む。一実施形態では、波長変換層は、混色の発光スペクトル（例えば、赤色、青色、緑色、黄色などのうちのいずれかの組み合わせ）用の、種々の（設計されたサイズ若しくは形状、又は組成が異なる）蛍光体粒子を含む。別の実施形態では、波長変換層は、単色の発光スペクトル（例えば、赤色、青色、緑色、黄色など）用に設計された蛍光体粒子を含む。

20

【0053】

一実施形態では、波長変換層310は、蛍光体粒子で形成される。例えば、波長変換層は、噴霧堆積法の後に続く、溶媒の除去によって形成される。一実施形態では、波長変換層は、ポリマーマトリクス又はガラスマトリクス材料などのマトリクス材料中の、蛍光体粒子の分散を含む。顔料、染料、又は散乱粒子などの、他の充填材料もまた、マトリクスの内部に、又は、マトリクス材料が存在しない場合には蛍光体粒子自体の間に、分散させることができる。一実施形態では、波長変換層310は、インクジェット印刷によって形成され、UV硬化される。一実施形態では、波長変換層310は、熔融ガラスの適用によって形成され、その熔融ガラス内部で、充填剤が熱的及び化学的に安定する。波長変換層310の厚さ、並びに、充填剤、例えば蛍光体粒子、顔料、染料、又は光散乱粒子の濃度を調整することにより、必要な色スペクトルを達成する。例えば、一実施形態では、それらの厚さ及び濃度は、波長変換層を通した、マイクロLEDデバイスからの色滲みを最小限に抑え、蛍光体粒子からの発光を最大化するように、調整される。波長変換層310（並びに、配光層）の厚さはまた、マイクロLEDデバイス間の間隔によっても、部分的に決定することができる。例えば、照明用途と比較して、高解像度ディスプレイの用途では、マイクロLEDデバイスは、より密接な間隔で配置することができる。一実施形態では、波長変換層310は、例示的な幅5µm及び高さ3.5µmのマイクロLEDデバイス400に関しては、厚さ5µm~100µm、又は、より具体的には厚さ30µm~50µmである。一部の実施形態では、波長変換層の厚さ及び充填剤の濃度は、マイクロLEDデバイス400からの一部の光が通過して、マイクロLEDデバイスの光スペクトルと、変換された光スペクトルとの混合がもたらされることにより、混合された発光スペクトル、例えば、白色光が達成されることを可能とするように、設計することができる。色変換材料（例えば、蛍光体粒子、顔料、染料）の濃度、並びに層の厚さは、その発光デバイスの具体的な用途、例えば、完全な色変換（例えば、青色から赤色、又は青色から緑色など）を生じさせるか否か、下層のマイクロLEDデバイスからの光の漏洩若しくは滲みを生じさせるか否か、又は変換材料の混合が採用されるか否かに応じて、決定することができる。完全な色変換（例えば、青色から赤色、又は青色から緑色など）が生じる実施形態では、50%超の体積添加百分率の色変換材料を、波長変換層内に含めることができる。一実施形態では、波長変換層は、50%超の体積添加の蛍光体粒子を含む。配光層320

30

40

50

は、波長変換層内の蛍光体粒子の体積添加を増大させることを必要とせず、波長変換層 310 内の蛍光体粒子による色変換の機会を増大させるために、放出される前に光がデバイス内で進む長さを増大させる機能を果たし得る。

【0054】

本発明の実施形態によれば、用語「蛍光体」とは、1つの波長の光を吸収し、別の波長の光を放出する、任意のタイプの波長変換材料を指すことができる。1つのタイプの蛍光体粒子は、量子ドットである。量子ドットは、その構造体のサイズが十分に小さいもの（数十ナノメートル未満）であるため、量子閉じ込め効果により、電気的特性及び光学的特性がバルク特性とは異なる、半導体材料である。例えば、量子ドットの発光特性は、それらの組成に加えて、それらのサイズ及び形状に関連する。量子ドットの蛍光は、特定の波長を吸収することによって、価電子を励起した後に続く、その励起電子が基底状態に戻る際の、光子の形態での、より低いエネルギーの放出の結果である。量子閉じ込めは、価原子と伝導帯とのエネルギー差を、量子ドットのサイズ及び形状に基づいて変化させるものであり、このことは、放出される光子のエネルギー及び波長が、量子ドットのサイズ及び形状によって決定されることを意味する。量子ドットが大きいほど、その蛍光スペクトルのエネルギーは低くなる。したがって、より小さい量子ドットは、より青い光（より高いエネルギー）を放出し、より大きい量子ドットは、より赤い光（より低いエネルギー）を放出する。このことにより、鮮明な発光スペクトル及び高い量子効率を有する、可視スペクトル全体にわたる、半導体光ルミネセンス発光波長の、サイズ依存性の調整が可能となる。

【0055】

量子ドット材料の例としては、限定するものではないが、II-VI族、III-V族、IV-VI族半導体材料が挙げられる。一部の例示的な化合物半導体としては、CdS、CdSe、CdTe、ZnS、ZnSe、ZnTe、GaAs、GaP、GaAs、GaSb、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、AlAs、AlP、AlSbが挙げられる。一部の例示的な合金半導体としては、InGaP、ZnSeTe、ZnCdS、ZnCdSe、及びCdSeSが挙げられる。マルチコア構造もまた可能である。例示的なマルチコア構成は、半導体コア材料、このコアを酸化から防護し、格子整合を支援するための薄い金属層、及びルミネセンス特性を増強するためのシェルを含み得る。このシェルは、量子ドットからの発光スペクトルとは異なる、特定のスペクトルの光を吸収する機能を果たし得る。コア層及びシェル層は、同じ材料で形成することができ、上記に列挙した例示的な化合物半導体又は合金半導体のうちのいずれかで形成することができる。金属層は、多くの場合、Zn又はCdを含む。

【0056】

本発明の実施形態によれば、蛍光体粒子の1つのタイプは、その組成に起因するルミネセンスを呈する粒子である。その組成に起因するルミネセンスを呈する、一部の例示的な蛍光体粒子としては、硫化物、アルミン酸塩、酸化物、ケイ酸塩、窒化物、YAG（任意選択的にセリウムでドーブ）、及びテルビウムアルミニウムガーネット（TAG）ベースの材料が挙げられる。他の例示的な材料としては、黄色-緑色発光蛍光体： $(Ca, Sr, Ba)Al_2O_4:Eu$ （緑色）、 $(Lu, Y)_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ （LuAG, YAG）（黄色-緑色）、 $Tb_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ （TAG）（黄色-緑色）；橙色-赤色発光蛍光体： $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}(Mn^{2+})$ 、 $Ca_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ （橙色-赤色）、 $(Zn, Mg)S:Mn$ （緑色、赤色）、 $(Ca, Sr, Ba)S:Eu^{2+}$ （赤色）；青色及び黄色-緑色発光用のuv-紺青色吸収蛍光体： $(Mg, Ca, Sr, Ba)_2SiO_4:Eu^{2+}$ （uv-青色励起、黄色発光）、 $(Mg, Ca, Sr, Ba)_3Si_2O_7:Eu^{2+}$ （uv-紺青色励起、青色-緑色発光）、 $Ca_8Mg(SiO_4)_4Cl_2:Eu^{2+}$ （uv-紺青色励起、青色発光）；及び組成及び処理に応じて可視スペクトルの全範囲にわたって発光することが可能な蛍光体 $(Sr, Ca, Ba)Si_xO_yN_z:Eu^{2+}$ （ $y > 0$  緑色、 $y = 0$  赤色）、 $Y_2O_2S:Eu^{3+}$ （青色-緑色）、 $(Ca, Mg, Y)_vSi_wAl_xO_yN_z:Eu^2$ （黄色-緑色-赤色）が挙げられる。一部の実施形態では、その

ような蛍光体粒子に関する粒径は、 $1\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ とすることができる。他の実施形態では、そのような蛍光体粒子に関する粒径は、 $100\ \text{nm} \sim 1\ \mu\text{m}$ とすることができる。蛍光体粒子はまた、 $1\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ の粒子と $100\ \text{nm} \sim 1\ \mu\text{m}$ のナノ粒子とのブレンドも含み得る。ナノ粒子は、例えば、硬化又は溶媒除去の前に、波長変換層のマトリクス材料内部に分散される際の、沈降の量を低減するために役立つものであり、このことは、より均等なナノ粒子の分布及び発光デバイスの発光をもたらし得る。

#### 【0057】

他の材料もまた、波長変換層の内部に分散させることができる。例えば、波長変換層のガラスマトリクス又はポリマーマトリクスなどの、マトリクス材料の内部に、他の材料を分散させることができる。一実施形態では、 $\text{TiO}_2$ 又は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粒子などの光散乱剤が、波長変換層の内部に分散される。そのような光散乱剤は、波長変換層内部の散乱光を増大させることによって、蛍光体粒子の効率を高める効果を有し得る。そのような光散乱剤は、波長変換層を通した、マイクロLEDデバイスの放出光の滲みを、低減する効果を更に有し得る。光散乱粒子はまた、いつどこでマイクロレンズ構造体から光が放出されるかを制御するためにも、使用することができる。例えば、より高濃度の光散乱粒子を、マイクロレンズ構造体の端部に、例えば、波長変換層の側縁部に配置することにより、光を外に方向付けることができる。一実施形態では、顔料又は染料を、波長変換層310の内部に分散させることができる。このことは、波長変換層内にカラーフィルタを組み込む効果を有し得る。一実施形態では、この顔料又は染料は、蛍光体粒子の発光波長と同様の色を有し得る。この方式で、その顔料又は染料は、蛍光体粒子から放出されている波長以外の波長を吸収することにより、そのアセンブリの発光スペクトルを更に鮮明化することができる。例えば、特定の実施形態では、マイクロLEDデバイス400は、窒化ガリウム( $\text{GaN}$ )ベースの材料であり、青色(例えば、 $450\ \text{nm} \sim 495\ \text{nm}$ )又は紺青色(例えば、 $420\ \text{nm} \sim 450\ \text{nm}$ )の光を放出する。マイクロLEDデバイス400からの青色発光又は紺青色発光を吸収し、その発光波長を赤色に変換するために、赤色発光用に設計された量子ドットを、波長変換層310内に分散させることができる。そのような実施形態では、赤色顔料又は赤色染料もまた、波長変換層310の内部に分散させることにより、赤色以外の色もまた吸収することができる。この方式で、赤色顔料又は赤色染料が、更なる青色光又は紺青色光を吸収することにより、未変換の青色光又は紺青色光の滲みを低減することができる。例示的な顔料としては、リソールルピン(赤色)、B-銅タロシアニン(青色)、及びジアリライドイエロー(黄色)が挙げられる。青色マイクロLEDデバイス、及び赤色顔料若しくは赤色染料を有する赤色蛍光体粒子は、例示的なものであり、マイクロLEDデバイス、及び存在する場合には、波長変換層に関する、様々な発光スペクトル構成が可能である。

#### 【0058】

本発明の一部の実施形態によれば、波長変換層310を形成するポリマーマトリクスは、酸素又は水分に対して透過性である場合がある。一実施形態では、波長変換層310の形成に続けて、酸素又は水分の吸収から波長変換層310を保護するために、酸素バリア膜324を、任意選択的に形成することができる。例えば、波長変換層310が量子ドットを含む場合、酸素バリア膜324は、量子ドットによる酸素又は水分の吸収に対するバリアとしての役割を果たすことにより、ディスプレイデバイス内の量子ドットの寿命を引き延ばすことができる。酸素バリア膜324に関する好適な材料としては、限定するものではないが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}_x$ 、及びガラスが挙げられる。酸素バリア膜324に関する堆積法は、量子ドット又は他の充填剤を熱的に劣化させないための、低温法とすることができる。例示的な共形堆積法としては、原子層堆積(ALD)、スパッタリング、スピンオン、及びラミネーションが挙げられる。この酸素バリア膜はまた、基板全体の上に、又は全てのマイクロLEDデバイスの上に、ブランケット堆積させることもできる。一実施形態では、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 酸素バリア膜が、原子層堆積(ALD)によって堆積される。

#### 【0059】

10

20

30

40

50

ここで図10A～図10Cを参照すると、配光層320がライトパイプの形態である場合の、マイクロLEDデバイス400の真上に反射層330を含む実施形態に関する、組み合わせ図及び側断面図が提供される。反射層330は、種々の場所に提供することができ、このことにより、ライトパイプ及び波長変換層の構成に対する、種々の効果をもたらすことができる。図10Bに示される一実施形態では、反射層330は、波長変換層310の上に形成される。この方式で、反射層は、光強度が最大となり得る、マイクロLEDデバイスに最も近接する場所で、マイクロLEDデバイス400から放出される入射光が、波長変換層310を通して滲むことを阻止することができる。この入射光の反射はまた、光を横方向に拡散させることにより、フィルファクターを改善する効果も有し得る。反射層330の別の効果はまた、波長変換層を通る入射光の通過の数も増大させることであり得る。例として、波長変換層310を、入射光が3回及び5回通過する状況を示す。通過するたびに、蛍光体粒子が励起され、変換スペクトルを放出する。この方式で、波長変換層310内の蛍光体粒子の効率が高められることにより、そのシステムの変換スペクトルの光強度が増大すると同時に、フィルファクターもまた改善され、より均等な波長変換層310からの発光を提供することができる。

10

**【0060】**

図10Cに示される別の実施形態では、反射層330は、配光層320と波長変換層310との間に形成される。そのような構成では、反射層は、入射光の横方向拡散に影響を及ぼして、フィルファクターを改善することができる。そのような構成はまた、光強度が最大となり得る、マイクロLEDデバイスに最も近接する場所で、入射光が波長変換層310に入ることも阻止することができる。それゆえ、波長変換層310を通る入射光の滲みを低減することができる。この構成はまた、特に、光強度が最大となったであろう場所での、蛍光体粒子の寿命も増大させることができる。

20

**【0061】**

図10D～図10Fは、図10A～図10Cに関連して図示及び説明されたものと同様の実施形態を示す。図10D～図10Fに示される実施形態では、反射層330は、修復マイクロLEDデバイスを含む、マイクロLEDデバイス400の対の上に形成され、任意選択的に、欠落、欠陥、又は汚染したマイクロLEDデバイス400Xの上には形成されない。あるいは、反射層はまた、欠落、欠陥、又は汚染したマイクロLEDデバイス400Xの上にも形成することができる。

30

**【0062】**

図10A～図10Fに示される上述の反射層130は、平坦層であるように示されている。しかしながら、反射層330が平坦であることは必須ではない。任意の構成が可能であり、反射層330は、発光の方向を制御するように成形することができる。反射層330はまた、マイクロLEDデバイスの真上に形成されることも必須ではなく、ライトパイプ又は波長変換層の側縁部に沿った場所などの、他の場所に形成することもできる。

**【0063】**

本発明の実施形態によれば、マイクロLEDデバイス及び波長変換層を含む、この発光デバイスの構成は、様々なディスプレイデバイス内に組み込むことができる。例示的なディスプレイ用途としては、ディスプレイ標識、ディスプレイパネル、テレビ、タブレット、電話機、ラップトップ、コンピュータモニタ、キオスク、デジタルカメラ、ハンドヘルド型ゲーム機、メディアディスプレイ、電子書籍ディスプレイ、又は大面積標識ディスプレイが挙げられる。

40

**【0064】**

波長変換層は、全てが同じ色の発光スペクトルを放出するように設計することができ、又は、波長変換層は、複数の波長変換層のグループへと分割して、各グループが、異なる色の発光スペクトルを放出するように設計することができる。この方式で、それらのディスプレイは、マイクロLEDデバイス及び波長変換層の配置構成並びに内容に応じて、任意の色又は色のパターンを放出することができる。一実施形態では、青色発光(例えば、450nm～495nm)マイクロLEDデバイスの上に位置決めされた波長変換層内に

50



、赤色（例えば、620nm～750nm）及び緑色（例えば、495nm～570nm）発光蛍光体粒子を組み込むことによって、白色光を生成することができる。別の実施形態では、ピクセル内に複数のマイクロLEDデバイスを組み込み、各マイクロLEDデバイスが、同じ発光スペクトル（例えば、可視スペクトル又はUVスペクトル）を放出するように設計され、種々の波長変換層が色発光を変換するように設計されることによって、白色光を生成することができる。この方式で、各配光層の上に、単色の発光スペクトルの蛍光体粒子を含めることによって、種々の蛍光体粒子の種々の発光スペクトルから放出される光の、二次吸収が回避される。このことにより、効率を高め、意図せざる色ずれを低減することができる。

#### 【0065】

ここで図11Aを参照すると、ディスプレイ基板102に接合された複数のマイクロLEDデバイス400と、複数のマイクロLEDデバイス400の周囲の、ライトパイプの形態の複数の配光層320と、複数の配光層320の上の複数の波長変換層310を含む、ディスプレイの組み合わせ図が提供される。図示の特定の実施形態では、ピクセル106は、配光層320内部の複数のマイクロLEDデバイス400、及び、例えばRGBサブピクセル配列で、発光を変換するように設計された波長変換層310を含む。一実施形態では、基板102の上、及びライトパイプの間に、ブラックマトリクス材料202を形成することにより、光を吸収して、隣接するピクセル106又はサブピクセル108内への色滲みを防止することができる。あるいは、ブラックマトリクス材料202をホワイトマトリクス材料で置き換えることにより、光を反射して、隣接するピクセル106又はサブピクセル108内への色滲みを防止することができる。

#### 【0066】

ピクセル構成内に配置構成される場合、各サブピクセル108は、存在する場合、単一の蛍光体の色発光を含み得る。各サブピクセルは、更に、存在する場合、異なる蛍光体の色発光を含み得る。この方式で、異なるスペクトルを放出する蛍光体粒子から放出された光の、二次吸収（例えば、緑色発光蛍光体粒子から放出された緑色光の、赤色発光蛍光体粒子による吸収）を回避することができる。このことにより、効率を高め、意図せざる色ずれを低減することができる。そのようなピクセル及びサブピクセルの構成は、白色光又は任意の他の光の色の最終出力のために使用することができる。

#### 【0067】

例えば、1つのピクセルは、3つのライトパイプ内に3つのマイクロLEDデバイスを含み得るか、又は各ライトパイプ内に一对のマイクロLEDデバイスを含み得るものであり、それらの全てのマイクロLEDデバイスが、青色光を放出するように設計され、1つのライトパイプの上に1つの赤色発光波長変換層、第2のライトパイプの上に1つの緑色発光波長変換層を有し、第3のライトパイプは、その上に波長変換層を含まないか、又は、その上に青色発光波長変換層を含む。一実施形態では、ピクセル内に複数のマイクロLEDデバイスを組み込み、各マイクロLEDデバイスが、UV光を放出するように設計され、第1のライトパイプの上に1つの赤色発光変換層、第2のライトパイプの上に1つの緑色発光波長変換層、第3のライトパイプの上に1つの青色発光波長変換層を有することによって、白色光を生成することができる。別の実施形態では、異なる発光スペクトル用に設計されたマイクロLEDデバイスの組み合わせ、及び種々の波長変換層を組み込むことによって、又は波長変換層を組み込まないことによって、白色光を生成することができる。別の例示的实施形態では、上層の波長変換層を有さない、赤色発光用に設計されたマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプと、緑色発光用に設計された上層の波長変換層を有する、青色発光用に設計されたマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプと、上層の波長変換層を有さない、青色発光用に設計されたマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプとを使用して、白色光を生成することができる。

#### 【0068】

上記の例示的实施形態では、赤色 - 緑色 - 青色（RGB）サブピクセル配列が得られ、各ピクセルは、赤色光、緑色光、及び青色光をそれぞれ放出する、3つのサブピクセルを

10

20

30

40

50

含む。このRGB配列は例示的なものであり、実施形態は、そのように限定されるものではないことを理解されたい。利用することが可能な、他のサブピクセル配列の実施例としては、限定するものではないが、赤色 - 緑色 - 青色 - 黄色 (RGBY)、赤色 - 緑色 - 青色 - 黄色 - シアン (RGBYC)、又は赤色 - 緑色 - 青色 - 白色 (RGBW)、あるいは、商標名 Pen Tile . RTMで製造されているディスプレイなどの、異なる数のサブピクセルをピクセルが有し得る、他のサブピクセルマトリクススキームが挙げられる。

#### 【0069】

図11B～図11Eは、本発明の実施形態に係わる、様々なピクセル構成の概略側面図である。具体的には示されないが、各マイクロLEDデバイス400は、例えば、図1A～図1Dに関連して上記で図示及び説明されたように、サブピクセル108の反射バンク層142内部に実装された、一対のマイクロLEDデバイス400のうちの1つとすることができる。

10

#### 【0070】

図11Bは、本発明の一実施形態に係わる、ピクセル106の概略側面図である。図11Bに示されるように、各マイクロLEDデバイス400は、紺青色(DB)の色スペクトルを放出するように設計される。そのような実施形態では、異なる波長変換層310は、RGBサブピクセル配列での、赤色(R)、緑色(G)、及び青色(B)を放出するように設計することができる。

#### 【0071】

図11Cは、本発明の一実施形態に係わる、ピクセル106の概略側面図である。図11Cに示されるように、各マイクロLEDデバイス400は、青色(B)の色スペクトルを放出するように設計される。そのような実施形態では、異なる波長変換層310は、赤色(R)及び緑色(G)を放出するように設計することができる。第3の配光層320の上には、波長変換層310は形成されない。この方式で、青色発光サブピクセルからの青色光を変換することを必要とせず、RGBサブピクセル配列が達成される。一実施形態では、第3の配光層320は、同様のマイクロレンズ特性を達成するために、波長変換層310が上に形成される他の2つの配光層320よりも、厚く作製することができる。例えば、第3の配光層320の厚さは、第1の配光層320及び第1の赤色波長変換層310(及び、あらゆる中間層)の総厚と同様のものとしてすることができる。

20

30

#### 【0072】

図11Dは、本発明の一実施形態に係わる、ピクセル106の概略側面図である。図11Dに示されるように、各マイクロLEDデバイス400は、紫外線(UV)の色スペクトルを放出するように設計される。そのような実施形態では、異なる波長変換層310は、赤色(R)、緑色(G)、及び青色(B)を放出するように設計することができる。

#### 【0073】

図11Eは、本発明の一実施形態に係わる、ピクセル106の概略側面図である。図11Eに示されるように、ピクセル106は、赤色(R)又は青色(B)の色発光スペクトルを放出するように設計された、マイクロLEDデバイス400を含む。図示のように、緑色(G)発光波長変換層310が、青色発光マイクロLEDデバイス400のうちの一方の周囲の、配光層320のうちの一方の上に形成され、赤色発光マイクロLEDデバイス400又は他方の青色発光マイクロLEDデバイス400の周囲に形成された配光層320の上には、波長変換層310を形成することが必要とされない。そのような構成は、例えば、緑色発光マイクロLEDデバイス400よりも効率的な青色発光マイクロLEDデバイス及び赤色発光マイクロLEDデバイスを、製造並びに統合することが可能な場合に、実装することができる。そのような実施形態では、波長変換層を使用して、青色光を緑色光に変換することが、より効率的であり得る。そのような構成はまた、約555nmの視覚反応ピークで、広域スペクトルを提供する場合にも有用であり得る。そのような構成はまた、例えば、より広域の蛍光体粒子発光スペクトルではなく、マイクロLEDデバイスからの、より狭域の赤色(又は、青色)発光スペクトルを使用することによって、演

40

50

色評価数(CRI)を向上させるためにも有用であり得る。そのような構成はまた、発光デバイスの相関色温度(CCT)の制御も可能にすることにより、赤色スペクトルでの変換によりルーメンを喪失することなく、暖色効果を制御することができる。図11Cに関連して上述されたように、図11Eでの、赤色発光マイクロLEDデバイス又は他方の青色発光マイクロLEDデバイスの周囲に形成される配光層320は、同様のマイクロレンズ特性を達成するために、波長変換層が上に形成される他の配光層よりも、厚く作製することができる。

#### 【0074】

ここで図11F~図11Jを参照すると、図11A~図11Eに関連して上記で図示及び説明されたものと同様の、様々なピクセル構成が示されるが、ライトパイプの形態の各配光層320が、ピクセル108内部の複数のサブピクセルの全体にわたるといって、1つの相違点がある。例えば、図11Fに示される実施形態は、ライトパイプ320が、ピクセル204の各サブピクセル内のマイクロLEDデバイスの対の周囲に形成される、例示的なRGBサブピクセル配列とすることができるが、しかしながら、限定するものではないが、RGBY、RGBYC、RGBW、又は他のものなどの、他のサブピクセル配列が可能である。図示の特定の断面図では、一对のうちの単一のマイクロLEDデバイス400のみが示される。そのような配置構成では、ピクセル内部の複数のサブピクセルの全体にわたるライトパイプにより、サブピクセル間での混色が可能となる。そのような構成は、マイクロLEDデバイス又はサブピクセルが、通常であれば人間の目によって知覚される可能性があるほど、十分に(例えば、約100µm以上)離間しており、小さい点として知覚される用途で、使用することができる。図11F~図11Jのライトパイプ構成に関連付けられる混色を使用して、マイクロLEDデバイスの発光を、人間の目によって知覚されないように混合することができる。1つの可能な用途は、視距離が短く、目視者が、個別のサブピクセル又はマイクロLEDデバイスからの発光スペクトルを知覚することが可能となる可能性がより高い、ヘッドアップディスプレイでの用途とすることができる。

#### 【0075】

具体的には示されないが、図11G~図11Jでの各マイクロLEDデバイス400は、例えば、図1A~図1Dに関連して上記で図示及び説明されたように、サブピクセル108の反射バンク層142内部に実装された、一对のマイクロLEDデバイス400のうちの一つとすることができる。マイクロLEDデバイス400及び波長変換層310に関する、発光スペクトルの配置構成は、図11B~図11Eのものと同様であるが、ライトパイプ320の特定の部分の上のみ、波長変換層310が形成され、ピクセル108内のマイクロLEDデバイス400によって共有されるという、1つの相違点がある。更なる変更例もまた、図11G~図11Jに示される構成内に組み込むことができる。ライトパイプ320のプロファイルは、特定のマイクロLEDデバイス400の上で変化させることができる。例えば、波長変換層310が上に形成されない、「裸」のマイクロLEDデバイス400の上では、ライトパイプ320を、より厚く作製することができる。図11A~図11Jのライトパイプ320はまた、例えば図9C、図9Dに関連して前述されたように、テーパ状にすることもでき、又は図10A~図10Fに関連して前述されたように、反射層を含む場合もある。

#### 【0076】

ここで図12A~図12Fを参照すると、マイクロLEDデバイスの対を実装するための、様々な構成が説明される。図12A~図12Fに関連して図示及び説明される実施形態は、本明細書で説明される他の構成と組み合わせ可能とすることができる。例えば、図12A~図12Eに関連して図示及び説明される構成は、図11A~図11Eに関連して上述されたピクセル配列と組み合わせ可能とすることができ、図12Fに関連して図示及び説明される構成は、図11F~図11Jに関連して上述されたピクセル配列と組み合わせ可能とすることができる。

#### 【0077】

10

20

30

40

50

図12Aは、図7Bに示される矩形形状の反射バンク層142の、より短い幅を横断する側断面図を示し、その一方で、図12Bは、図7Bに示される矩形形状の反射バンク層142の、より短い幅に直交する、より長い幅の図である。図12A～図12Fに示される特定の実施形態は、調整可能な色の発光スペクトルのために波長変換層と組み合わせられた、冗長性及び修復スキーム内に、マイクロLEDデバイスの対を統合するための、特定の実施例を示すために提供されることを理解されたい。図示の特定の実施形態は、ライトパイプの形態の、細長ドーム形状の配光層320の上に形成された、波長変換層310を含み、この波長変換層310はまた、反射バンク層142の上に形成される。更には、図12A～図12Fは、様々な上部電極構成を示す。しかしながら、先行の実施形態及び図で前述されたように、本発明の実施形態は、そのように限定されるものではない。したがって、本発明の実施形態は、図12A～図12Fに示される、上部電極構成と冗長性及び修復スキームとの特定の組み合わせに限定されるものではない。

10

**【0078】**

一実施形態では、一对のマイクロLEDデバイス400が、下層の回路機構210を含む基板102上、又は基板102内部の、反射バンク層142に接合される。マイクロLEDデバイス400は、前述のように、転写接合プロセス、弾性スタンプを使用する転写、あるいは静電転写ヘッドアレイを使用する転写及び接合を含めた、様々な技術を使用して、マイクロLEDデバイス400のアレイの一部として、基板102に転写及び接合することができる。この転写プロセスに続けて、図12A～図12Fに示される不活性化層316及び上部電極層318の形成の前に、欠陥、欠落、又は汚染したマイクロLEDデバイスに関して、ディスプレイ基板102を検査することができる。この方式で、不活性化層316及び上部電極層318、並びに波長変換層の堆積パターンを潜在的に変更するために、及び必要な場合に、交換用マイクロLEDデバイスを潜在的に転写するために、欠陥、欠落、又は汚染したマイクロLEDデバイスの検出を使用することができる。

20

**【0079】**

更に図12A、図12Bを参照すると、マイクロLEDデバイス400の側壁の周囲に、側壁不活性化層316を形成することができる。マイクロLEDデバイス400が垂直型LEDデバイスである一実施形態では、側壁不活性化層316は、量子井戸構造体408を覆ってわたる。本発明の実施形態によれば、側壁不活性化層316は、マイクロLEDデバイス400の側壁からの光抽出効率を著しく劣化させないように、可視波長スペクトルに対して、透明又は半透明とすることができる。側壁不活性化層316は、限定するものではないが、シリコン、アクリル、ポリ(メチルメタクリレート)(PMMA)、ベンゾシクロブテン(BCB)、ポリイミド、及びポリエステルなどの、様々な材料で形成することができる。一実施形態では、側壁不活性化層316は、発光デバイス400の周囲にインクジェット印刷した後に、硬化させることによって形成される。一実施形態では、側壁不活性化層316は、硬化の結果としての体積変化を最小限に抑え、マイクロLEDデバイスと反射バンク層142との接合の完全性を保護するために、紫外線(UV)光で硬化されるが、熱硬化もまた、実行することができる。側壁不活性化層316はまた、スリットコーティング、窒化物若しくは酸化物などの誘電体材料の物理的気相成長又は化学的気相成長、スピノンガラスなどのスピノン技術、あるいは噴霧コーティングの後に続く溶媒蒸発などの、他の技術を使用して堆積させることもできる。一実施形態では、側壁不活性化層は、マイクロLEDデバイス400を接合する前に、基板102の上に既に形成されている、aステージ又はbステージのコーティングであり、マイクロLEDデバイスは、転写及び接合操作の間に、このコーティングを貫通して打ち抜き、次いで、マイクロLEDデバイス400の接合の後に、このコーティングが硬化される。

30

40

**【0080】**

一実施形態では、側壁不活性化層316は、反射バンク層142を少なくとも部分的に覆う。側壁不活性化層は、反射バンク層142を完全に覆うことができるが、しかしながら、このことは必須ではない。他の絶縁層の任意の組み合わせを使用して、反射バンク層142を、他の導電層から電氣的に絶縁することができる。例えば、反射バンク層142

50

の縁部の上に、絶縁層 146 を堆積させることができる。反射バンク層 142 は、例えば、マイクロ LED デバイス 400 と電気連通する反射バンク層 142 の底面に、側壁が電氣的に接続されないように、不連続なものにすることができる。本発明の実施形態によれば、側壁不活性化層 316 は、共形誘電バリア層 107 が、マイクロ LED デバイス 400 の側壁に沿って存在する場合、必要とされない場合がある。あるいは、側壁不活性化層 316 は、既存の共形誘電バリア層 107 と組み合わせて形成することができる。

#### 【0081】

垂直型マイクロ LED デバイスの対を含む実施形態では、任意選択の側壁不活性化層 316 の形成に続けて、マイクロ LED デバイス 400 の対上に、上部接点 402 及び接地連絡線 144 と電氣的に接触する、上部電極層 318 が形成される。具体的な用途に応じて、上部電極層 318 は、可視波長に対して、不透明、反射性、透明、又は半透明とすることができる。例示的な透明導電材料としては、アモルファスシリコン、インジウムスズ酸化物 (ITO) 及びインジウム亜鉛酸化物 (IZO) などの透明導電性酸化物 (TCO)、カーボンナノチューブ膜、あるいは、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン) (PEDOT)、ポリアニリン、ポリアセチレン、ポリピロール、及びポリチオフェンなどの透明導電性ポリマーが挙げられる。一実施形態では、上部電極層 318 は、厚さ約 50 nm ~ 1 µm の ITO-銀-ITO スタックであり、この銀層は、可視波長スペクトルに対して透明であるほど十分に薄い。特定の実施形態では、上部電極層 318 は、インクジェット印刷によって形成される。一実施形態では、上部電極層 318 は、厚さ約 50 nm ~ 1 µm の PEDOT である。他の形成方法としては、コーティングすべき所望の区域、及びいずれかの熱的制約に応じて、化学的気相成長 (CVD)、物理的気相成長 (PVD)、又はスピンコーティングを挙げることができる。

#### 【0082】

本発明の実施形態によれば、1つ以上の上部電極層 318 を使用することにより、サブピクセルのアレイから接地連絡線 144 に、マイクロ LED デバイス 400 の対を電氣的に接続することができる。種々の冗長性及び修復構成を有する、様々な構成が可能である。明瞭性のために、図 12A ~ 図 12E は、単一のサブピクセル内部での例示的な上部電極層 318 の構成に限定され、図 12F は、単一のピクセル内部での例示的な上部電極層 318 の構成を示す。より詳細な説明は、ピクセル区域全体にわたる様々な上部電極層の構成に関する、図 15 ~ 図 19 に関連して提供される。

#### 【0083】

再び図 12B を参照すると、一実施形態では、単一の上部電極層が、マイクロ LED デバイス 400 の対の双方を、接地 144 / 116 に接続するように示されている。例えば、そのような構成は、双方のマイクロ LED デバイス 400 が、ディスプレイ基板に転写され、欠陥がなく汚染もされていないと判定された場合に、使用することができる。図 12C を参照すると、マイクロ LED デバイス 400X が、欠陥があるか又は汚染されていると判定される場合の、一実施形態が示される。図示の実施形態では、次いで、修復マイクロ LED デバイス 400 が、反射バンク層 142 に接合され、次いで、1つ以上の上部電極層 318 が、動作可能なマイクロ LED デバイス 400 の対の上のみ形成されることにより、それらを接地 144 / 116 に電氣的に接続する。図 12D、図 12E は、欠陥若しくは汚染されたマイクロ LED デバイス 400X の上、又は欠落したマイクロ LED デバイスの接合層 140 の上に、不活性化層 316 を形成することが可能な、実施形態を示す。図 12D に示される実施形態では、単一の上部電極層 318 が、動作可能なマイクロ LED デバイス、及び欠陥、汚染、若しくは欠落したマイクロ LED デバイスの上に形成され、不活性化層 316 が、その欠陥、汚染、又は欠落したマイクロ LED デバイスとの電氣的接触を防止する。図 12E に示される実施形態では、1つ以上の上部電極層 318 が、動作可能なマイクロ LED デバイスの上のみ形成される。

#### 【0084】

次いで、図 9A に関連して上述されたように、任意選択の波長分散層 320、任意選択の整合層 322、波長変換層 310、及び任意選択のバリア層 324 を形成することがで

10

20

30

40

50

きる。図11A、図11Fに戻り、手短に参照すると、光透過を阻止するため、及び隣接するサブピクセルの間の光の滲みを分離するために、反射バンク層142の間に、ブラックマトリクス（又は、代替的にホワイトマトリクス）材料202が示されている。ブラック（又は、ホワイト）マトリクス202は、使用される材料、及び既に形成されている層の組成に基づいて、適切な方法により形成することができる。形成の方式はまた、ブラック（又は、ホワイト）マトリクスが、片面方式（図14Aを参照）又は上面押下方式（図14Bを参照）のいずれで形成されるかによっても、決定することができる。例えば、ブラック（又は、ホワイト）マトリクス202は、インクジェット印刷、スパッタ及びエッチング、リフトオフを使用するスピンコーティング、あるいは特定の印刷方法を使用して、適用することができる。一部の実施形態では、ブラック（又は、ホワイト）マトリクス202は、既に形成されている波長変換層110内の蛍光体粒子を、熱的に劣化させないために、インクジェット印刷及びUV硬化によって形成される。例示的なブラックマトリクス材料としては、炭素、金属膜（例えば、ニッケル、アルミニウム、モリブデン、及びそれらの合金）、金属酸化物膜（例えば、酸化クロム）、及び金属窒化物膜（例えば、窒化クロム）、有機樹脂、ガラスペースト、並びに、黒色顔料若しくは銀粒子を含む樹脂又はペーストが挙げられる。例示的なホワイトマトリクス材料としては、例えば、ポリマー、有機樹脂、若しくはガラスペースト内に充填された、金属粒子又はTiO<sub>2</sub>粒子が挙げられる。

#### 【0085】

再び図12A～図12Eを参照すると、波長変換層310の上に、カラーフィルタ層328を任意選択的に形成することにより、波長変換層310を通過して放出される、所望の色以外の色をフィルタ除去することができ、発光デバイスの発光スペクトルを鮮明化することができる。例として、赤色以外の色をフィルタ除去するために、赤色発光蛍光体粒子を含む波長変換層310の上に、赤色カラーフィルタ層328を定置することができ、緑色以外の色をフィルタ除去するために、緑色発光蛍光体粒子を含む波長変換層310の上に、緑色カラーフィルタ層328を定置することができ、青色以外の色をフィルタ除去するために、青色発光蛍光体粒子を含む波長変換層310の上に、青色カラーフィルタ層328を定置することができる。図11Bに戻って参照すると、一実施形態では、青色カラーフィルタは、青色波長変換層310の上には必要ではない場合があり、下層のマイクロLEDデバイス400が、紺青色発光している。図11Cに戻って参照すると、一実施形態では、青色カラーフィルタは、裸の（例えば、波長変換層がない）青色発光する下層のマイクロLEDデバイス400の上には、必要ではない場合がある。これらの構成は例示的なものであり、所望の発光スペクトルに応じて、様々な構成が可能であることを理解されたい。カラーフィルタに関して好適な材料としては、前述のような顔料又は染料が挙げられる。一実施形態では、カラーフィルタ層328は、透明マトリクス材料内に分散された、顔料又は染料を含む。一実施形態では、このマトリクス材料は、エポキシ、シリコン、又はアクリルなどの、波長変換層310に関して使用されるものと同じポリマーである。更に、カラーフィルタは、UV硬化を使用するインクジェット印刷などの、同様の技術を使用して形成することができる。一実施形態では、波長変換層310は、0.3以内の屈折率、より詳細には、波長変換層310に関する0.1以内の屈折率を有する。図12A～図12Eに示される実施形態では、カラーフィルタ層328は、ブラックマトリクス202の後に形成される。他の実施形態では、カラーフィルタ層328は、ブラックマトリクス202の前に形成される。

#### 【0086】

ここで図12Fを参照すると、本発明の実施形態に係わる、複数の反射バンク構造体内部の、上部接点及び底部接点を有する複数のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、並びにそのライトパイプの上の波長変換層の、側断面図が提供される。図12Fに示される構成は、図12Aの構成と同様であるが、ライトパイプ320が、ピクセル内の複数のサブピクセルの上に形成され、各反射バンク層142が、それ自体の下層の回路機構210によって個別にアドレス可能な、別個のサブピクセルに対応しているという相違点

10

20

30

40

50

がある。他の構成と同様に、波長変換層 310 は、複数の反射バンク層 142 を含むパターン形成されたバンク層 304 内の開口部よりも、幅広にすることができる。

【0087】

図 13A、図 13B は、本発明の実施形態に係わる、1つの反射バンク構造体内部の、底部接点を有する複数のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、及びそのライトパイプの上の波長変換層の、側断面図である。図 13C は、本発明の実施形態に係わる、複数の反射バンク構造体内部の、底部接点を有する複数のマイクロLEDデバイスの周囲のライトパイプ、及びそのライトパイプの上の波長変換層の、側断面図である。図 13A ~ 図 13C は、図 12A、図 12B、及び図 12F のものと同様であるが、マイクロLEDデバイス 400 が、底部接点及び上部接点の双方ではなく、底部接点 404、403 を含むという1つの相違点がある。結果として、接地連絡線 144 に接触するために上部電極層を形成することは、不必要となり得る。側壁不活性化層 316 もまた、省略することができ、ライトパイプ 320 又は他の層により、反射バンク構造層 142A、142B、及び量子井戸構造体 408 を、電氣的に絶縁することができる。図示のように、反射バンク構造層 142A、142B は、互いに電氣的に絶縁される。

10

【0088】

ここで図 14A、図 14B を参照すると、実施形態に係わる、ディスプレイをパッケージ化するための代替的なカバー設計が、説明及び図示される。図 14A は、一実施形態に係わる、波長変換層、及びサブピクセルの間のブラック（又は、ホワイト）マトリクスを適用するための、片面製造方式の図である。図示のように、波長変換層 310 及びマトリクス 202 は、発光デバイスの上にカバー 500 を適用する前に、基板 102 上に形成される。上部カバー 500 は、剛性又は可撓性とすることができ、様々な方式で適用することができる。一実施形態では、上部カバー 500 は、透明プラスチック材料であり、ディスプレイ基板 102 上に積層される。一実施形態では、上部カバー 500 は、光ディスプレイ基板 102 の上に適用される剛性のガラス板であり、ディスプレイ基板 102 の周縁部の周りを、シーラントで封止される。特に、波長変換層が量子ドットを含む場合には、水分を吸収するために、マイクロLEDデバイス及び波長変換層 310 を収容する封止領域の内側に、ゲッタ材料を任意選択的に定置することができる。

20

【0089】

図 14B は、一実施形態に係わる、波長変換層、及びサブピクセルの間のブラック（又は、ホワイト）マトリクスを適用するための、上面押下方式の図である。図 14B に示される実施形態では、マトリクス 202、波長変換層 310、酸素バリア膜 324、及び任意選択のカラーフィルタ層 328 が、上部カバー 500 上に形成され、マイクロLEDデバイス 400 及び配光層 320 のアレイの上に押下される。一実施形態では、図 14B の上部カバー 500 は、剛性のガラス板であり、ディスプレイ基板 102 の周縁部の周りを、シーラントで封止される。特に、波長変換層が量子ドットを含む場合には、水分を吸収するために、マイクロLEDデバイス及び波長変換層 310 を収容する封止領域の内側に、ゲッタ材料を任意選択的に定置することができる。本明細書で説明及び図示されるディスプレイデバイスを形成する際に、図 14A、図 14B の上部カバー構成のいずれかを使用することができる。

30

40

【0090】

図 15 は、本発明の実施形態に係わる、図 12A ~ 図 12F で説明された様々な構成を含む、マイクロLEDデバイスのアレイの上面概略図である。図 15 に示される特定の実施形態では、上部電極層 318 は、複数のバンク開口部 128 の上に形成され、複数のサブピクセル又はピクセル 106 の上に形成することができる。一実施形態では、上部電極層 318 は、ピクセル区域内の全てのマイクロLEDデバイス 400 の上に形成される。

【0091】

図 12B に示される実施形態は、いずれの欠落、欠陥、又は汚染したマイクロLEDデバイスも検出されることなく、マイクロLEDデバイス 400 の対が転写されている、標識されたピクセル 106 内に示されるものである。この実施形態では、修復マイクロLED

50

D 部位 4 0 1 は空位であり、修復マイクロLEDデバイスは転写されていない。

【 0 0 9 2 】

図 1 2 D に示される実施形態もまた、修復マイクロLEDデバイスを含む、図 1 5 内の赤色発光サブピクセルのうちの 1 つとして示されるものであり、上部電極層 3 1 8 は、赤色発光マイクロLEDデバイス 4 0 0、及び欠陥若しくは汚染されたマイクロLEDデバイス 4 0 0 X の双方の上に形成され、欠陥若しくは汚染されたマイクロLEDデバイス 4 0 0 X は、不活性化層 3 1 6 で覆われる。

【 0 0 9 3 】

同様に、修復マイクロLEDデバイスを含む、図 1 5 の青色発光サブピクセルのうちの 1 つに関する実施形態が示され、上部電極層 3 1 8 は、青色発光マイクロLEDデバイス 4 0 0、及び欠落したマイクロLEDデバイスに対応する接合層 1 4 0 の双方の上に形成される。

【 0 0 9 4 】

図 1 6 は、本発明の実施形態に係わる、図 1 2 A ~ 図 1 2 F で説明された様々な構成を含む、マイクロLEDデバイスのアレイの上面概略図である。図 1 6 に示される特定の実施形態では、マイクロLEDデバイス 4 0 0 の配置構成は、図 1 5 に関連して上述されたものと同じである。図 1 6 に示される実施形態は、特に、複数の別個の上部電極層 3 1 8 の形成の点で、図 1 5 に示される実施形態とは異なる。マイクロLEDデバイス 4 0 0 が修復接合部位 4 0 1 上に定置されない、標識されたピクセル 1 0 6 内に示されるものなどの一実施形態では、その上に上部電極層 3 1 8 を形成することは必要とされない。したがって、上部電極層 3 1 8 の長さは、交換用マイクロLEDデバイスが追加されるか否かに基づいて、決定することができる。上部電極層 3 1 8 はまた、接合部位 4 0 1 の上にも形成することができる。

【 0 0 9 5 】

一部の実施形態では、上部電極層 3 1 8 は、インクジェット印刷又はスクリーン印刷によって形成される。特にインクジェット印刷は、非接触式の印刷方法であるため、好適とすることができる。従来の AMOLED バックプレーン加工処理シーケンスは、典型的には、堆積チャンバ内で上部電極層をプランケット堆積させ、その後、大型の基板からの個別のバックプレーンの個片化が続く。本発明の実施形態によれば、ディスプレイ基板 1 0 2 は、マイクロLEDデバイスのアレイを転写する前に、大型の基板から個片化することができる。一実施形態では、インクジェット印刷又はスクリーン印刷により、冗長性及び修復スキームでの、それぞれの特定の構成に関して、別個のマスク層を必要とすることなく、個別の上部電極層をパターン形成するための、実際的な手法が提供される。上部電極層 1 1 8 に関する線幅もまた、用途に応じて変更することができる。例えば、この線幅は、サブピクセル区域の幅に近づけることができる。あるいは、この線幅は、最小限度のものにすることもできる。例えば、約 1 5 マイクロメートルの低さの線幅は、市販のインクジェット印刷機を使用して達成することができ、約 3 0 マイクロメートルの低さの線幅は、市販のスクリーン印刷機を使用して達成することができる。したがって、この線幅は、マイクロLEDデバイスの最大幅よりも大きくすることも、又は小さくすることもできる。

【 0 0 9 6 】

図 1 7 は、本発明の実施形態に係わる、図 1 2 A ~ 図 1 2 F で説明された様々な構成を含む、マイクロLEDデバイスのアレイの上面概略図である。図 1 7 に示される特定の実施形態では、マイクロLEDデバイス 4 0 0 の配置構成は、図 1 5、図 1 6 に関連して上述されたものと同じである。図 1 7 に示される実施形態は、特に、上部電極層 3 1 8 の形成の点で、図 1 6 に示される実施形態とは異なる。図 1 6 に示される実施形態は、上部電極層 3 1 8 の長さを変更するものとして示されていたが、図 1 7 に示される実施形態は、上部電極層 3 1 8 の経路及び / 又は上部電極層 3 1 8 の数を変更するものとして示される。例えば、図 1 7 に示される上部電極層 3 1 8 は、図 1 2 C 及び図 1 2 E に示されるものに対応し得る。赤色発光マイクロLEDデバイス及び緑色発光マイクロLEDデバイスに

10

20

30

40

50



関する、図17に示される例示的实施形態では、サブピクセル内の各マイクロLEDデバイス400に関して、別個の電極層318を形成することができる。一番下の青色発光サブピクセル内に示される実施形態では、サブピクセル内の複数のマイクロLEDデバイス400に関して、単一の上部電極層318を形成することができ、その経路は、接合層140、又は代替的に、欠陥若しくは汚染されたマイクロLEDデバイスを、回避するように調節される。この方式で、欠陥若しくは汚染されたマイクロLEDデバイス、又は欠落したマイクロLEDデバイスの接合部位を覆うように、不活性化層316の堆積を調節することの代わりに、あるいは、その不活性化層316の堆積の調節に加えて、上部電極層318の経路の調節を使用することができる。

#### 【0097】

別個の上部電極層(複数又は単数)318の形成により、それらの上部電極層(複数又は単数)318の形成の後の、ディスプレイ基板102の電氣的試験の間に、更なる利益をもたらすことができる。例えば、上部電極層318の形成の前には、マイクロLEDデバイス400Sの短絡をもたらす特定の欠陥を検出することは、不可能であった恐れがある。短絡マイクロLEDデバイス400Sの意味するところは、全ての電流が、そのサブピクセル内の他のマイクロLEDデバイスのいずれでもなく、その短絡マイクロLEDデバイス400Sを通して流れる、暗いサブピクセルをもたらす恐れがあることである。図18に示される実施形態では、短絡マイクロLEDデバイス400Sに接続された上部電極層318は、レーザスクライビングなどの、好適な技術を使用して切断される。この方式で、前述の統合試験法の間に検出することが不可能であった恐れがあるか又は検出されなかつた電氣的短絡は、上部電極層318の形成の後の、ディスプレイを流れる電流の印加を使用する電氣的試験の間に、潜在的に検出することが可能である。そのような実施形態では、マイクロLEDデバイス400Sが短絡している場合には、マイクロLEDデバイス400Sに対する上部電極層318を切断することにより、冗長及び/又は修復マイクロLEDデバイスが、そのサブピクセルからの発光を提供することを、可能にすることができる。

#### 【0098】

図19は、上部電極層318を切断又はスクライビングするのではなく、不規則マイクロLEDデバイスを分離するために、レーザスクライビングなどの好適な技術を使用して切断することが可能な、複数の底部接点区域124を含むように、反射バンク層142を形成することができる、代替的实施形態を示す。図示の特定の实施形態では、底部接点区域124は、マイクロLEDデバイス用の、別個の降着区域を含む。図示の特定の实施形態では、マイクロLEDデバイス400Sを支持する底部接点区域124は、レーザスクライビングなどの好適な技術を使用して切断されることにより、不規則マイクロLEDデバイスを、充填開口部131を通じて下層のTFT回路機構と電氣連通しないように分離する。

#### 【0099】

この時点までは、本発明の実施形態は、ディスプレイ基板102が下層の回路機構210を含む状態で、図示及び説明されてきた。しかしながら、本発明の実施形態は、そのように限定されるものではない。例えば、この回路機構は、マイクロチップの形態で、基板の上部に提供することができる。図20は、本発明の一実施形態に係わる、冗長性及び修復部位構成を含む、スマートピクセルディスプレイの上面概略図である。図示のように、ディスプレイパネル200は、不透明、透明、剛性、又は可撓性とする事が可能な、基板201を含む。スマートピクセル区域206は、異なる発光色の別個のサブピクセルと、TFT基板に関連して上述された作動回路機構を含むマイクロコントローラチップ208とを含み得る。この方式で、作動回路機構を含むTFT基板上にピクセル区域を形成するのではなく、マイクロLEDデバイス400及びマイクロコントローラチップ208は、双方とも、基板201の同じ側又は同じ表面に転写される。TFT基板の場合と同様に、配電線により、マイクロコントローラチップ208を、データ駆動回路109及び走査駆動回路112に接続することができる。更に、TFT基板に関して上述されたように、

10

20

30

40

50

基板 201 上に反射バンク層構造体を同様に形成することにより、マイクロLEDデバイス 400 及び修復接合部位 401 を收容することができる。同様に、TF T 基板構成に関連して上述されたように、1 つの上部電極層 318、又は別個の上部電極層 318 により、マイクロLEDデバイス 400 を、接地連絡線 144 又は接地リング 116 に、同様に接続することができる。波長変換層及び他の任意選択層もまた、上述のように、マイクロLEDデバイス 400 の上に形成することにより、決定された色の発光スペクトルを生成することができる。それゆえ、TF T 基板構成に関して上述されたように、波長変換層、冗長性及び修復部位構成を含む、同様の色発光構成を、スマートピクセル構成で形成することができる。

#### 【0100】

図 21 は、一実施形態に係わるディスプレイシステム 2100 を示す。このディスプレイシステムは、プロセッサ 2110、データ受信機 2120、ディスプレイ 2130、並びに、走査駆動 IC 及びデータ駆動 IC とすることができる 1 つ以上のディスプレイ駆動 IC 2140 を收容する。データ受信機 2120 は、無線又は有線でデータを受信するように、構成することができる。無線は、限定するものではないが、Wi-Fi (登録商標) (IEEE 802.11 ファミリ)、WiMAX (登録商標) (IEEE 802.16 ファミリ)、IEEE 802.20、ロングタームエボリューション (LTE)、Ev-DO、HSPA+、HSDPA+、HSUPA+、EDGE (登録商標)、GSM (登録商標)、GPRS、CDMA、TDMA、DECT、Bluetooth (登録商標)、これらの派生、並びに、3G、4G、5G、及びそれ以上として指定される任意の他のプロトコルを含めた、幾つかの無線規格あるいは無線プロトコルのうちのいずれかで、実装することができる。1 つ以上のディスプレイ駆動 IC 2140 は、ディスプレイ 2130 に、物理的及び電氣的に結合することができる。

#### 【0101】

一部の実施形態では、ディスプレイ 2130 は、上述の本発明の実施形態に従って形成される、1 つ以上のマイクロLEDデバイス 400 及び波長変換層 310 を含む。例えば、ディスプレイ 2130 は、複数のマイクロLEDデバイス、それらのマイクロLEDデバイスの周囲の複数の配光層、及びそれらの配光層の上の複数の波長変換層を含み得る。

#### 【0102】

その用途に応じて、ディスプレイシステム 2100 は、他の構成要素を含み得る。これらの他の構成要素としては、限定するものではないが、メモリ、タッチスクリーンコントローラ、及びバッテリーが挙げられる。様々な実装では、ディスプレイシステム 2100 は、テレビ、タブレット、電話機、ラップトップ、コンピュータモニタ、キオスク、デジタルカメラ、ハンドヘルド型ゲーム機、メディアディスプレイ、電子書籍ディスプレイ、又は大面積標識ディスプレイとすることができる。

#### 【0103】

本発明の様々な態様を利用する際に、上記の実施形態の組み合わせ又は変形形態が、マイクロLEDデバイス及び波長変換層を、ディスプレイ用途に統合するために可能であることが、当業者には明らかとなるであろう。本発明は、構造的特徴及び/又は方法論的行為に特有の言語で説明されているが、添付の特許請求の範囲で定義される本発明は、必ずしも、説明される特定の特徴又は行為に限定されるものではないことを理解されたい。むしろ、開示される特定の特徴及び行為は、本発明を例示するために有用な、特許請求される発明の特に秀麗な実装として理解されたい。

10

20

30

40

【 1 A 】

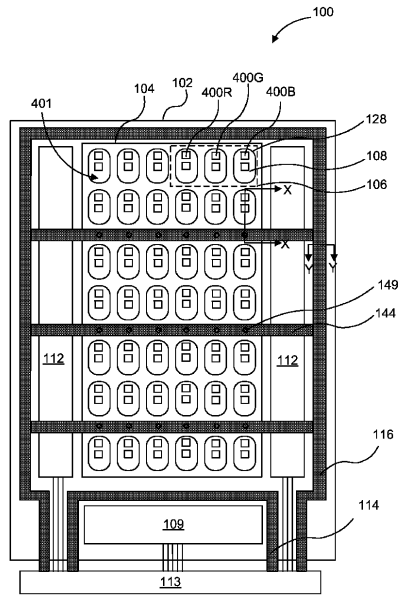


FIG. 1A

【 1 B 】

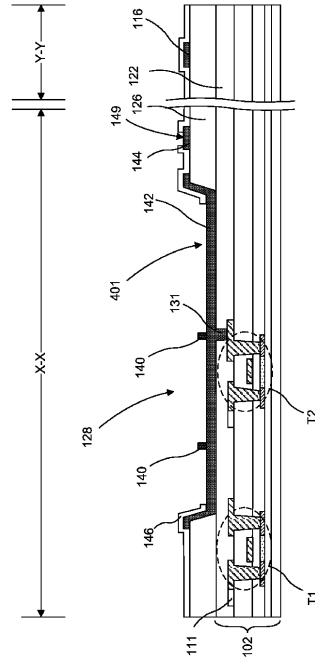


FIG. 1B

【 1 C 】

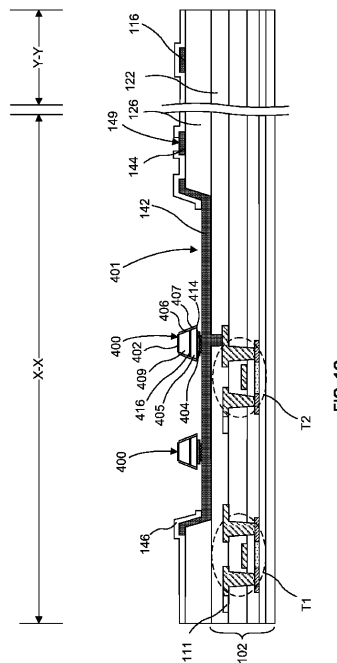


FIG. 1C

【 1 D 】

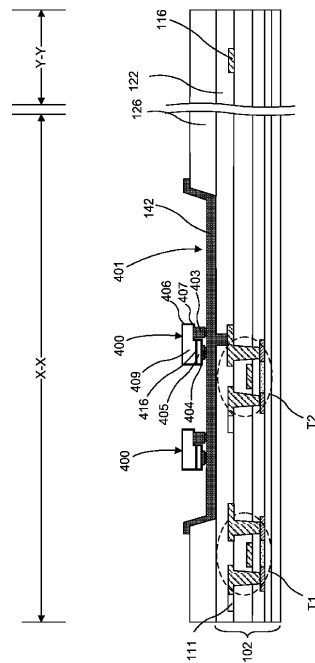


FIG. 1D

【 2 A 】

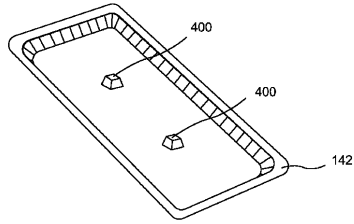


FIG. 2A

【 2 C 】

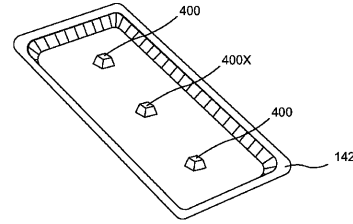


FIG. 2C

【 2 B 】

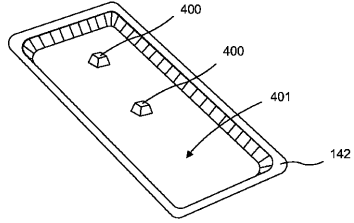


FIG. 2B

【 2 D 】

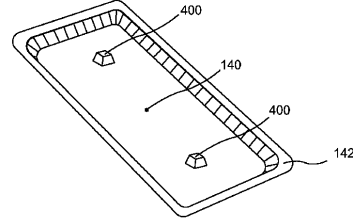


FIG. 2D

【 3 A 】

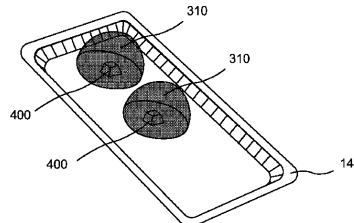


FIG. 3A

【 3 C 】

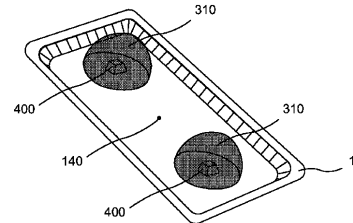


FIG. 3C

【 3 B 】

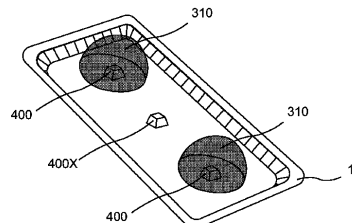


FIG. 3B

【 4 A 】

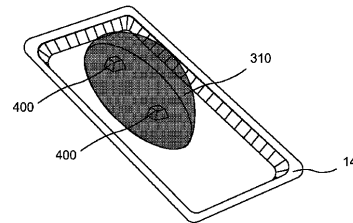


FIG. 4A

【 図 4 B 】

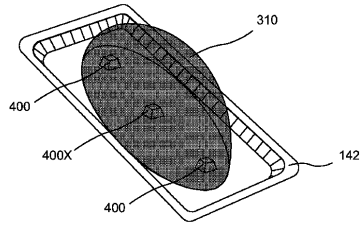


FIG. 4B

【 図 4 C 】

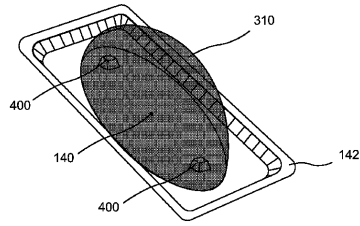


FIG. 4C

【 図 5 】

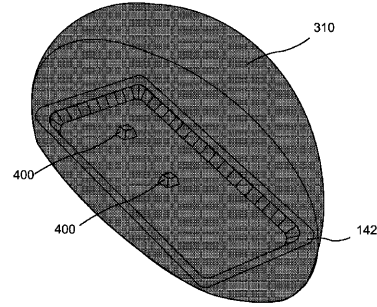


FIG. 5

【 図 6 A 】

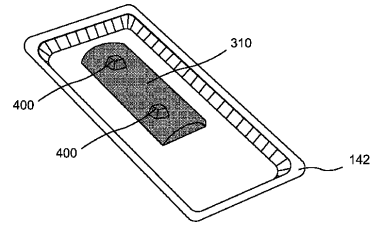


FIG. 6A

【 図 6 B 】

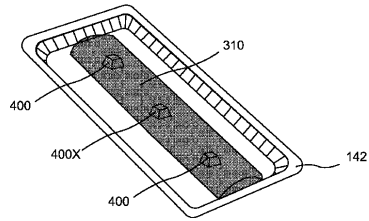


FIG. 6B

【 図 6 C 】

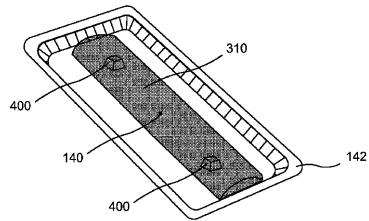


FIG. 6C

【 図 7 A 】

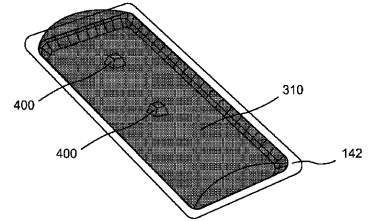


FIG. 7A

【 図 7 B 】

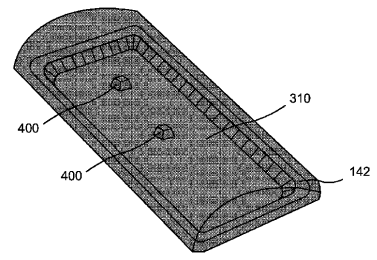


FIG. 7B

【 8 A 】

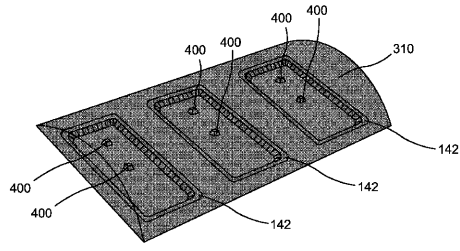


FIG. 8A

【 9 A 】

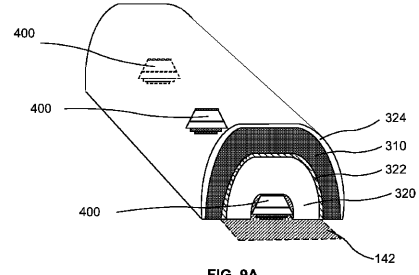


FIG. 9A

【 8 B 】

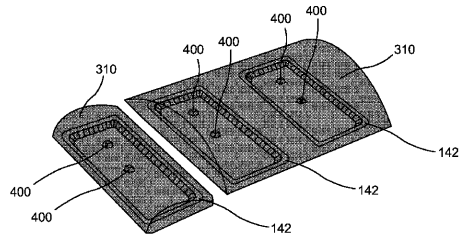


FIG. 8B

【 9 B 】

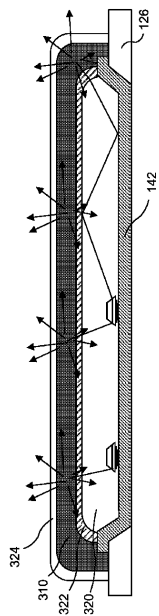


FIG. 9B

【 9 C 】

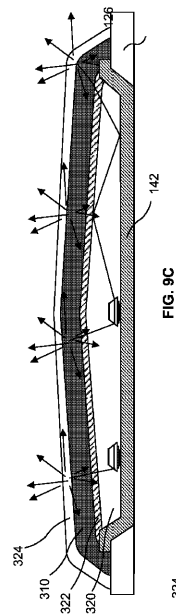


FIG. 9C

【 9 D 】

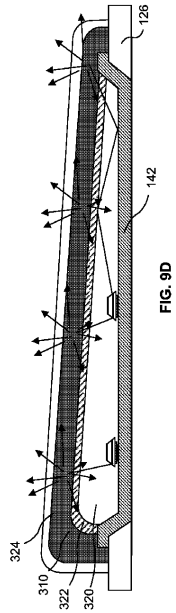


FIG. 9D

【 10 A 】

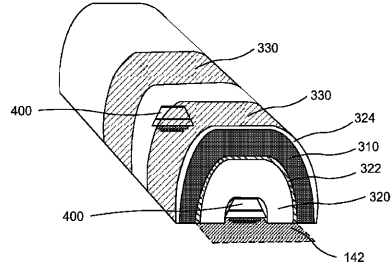


FIG. 10A

【 10 B 】

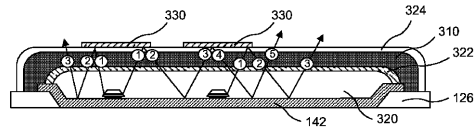


FIG. 10B

【 10 C 】

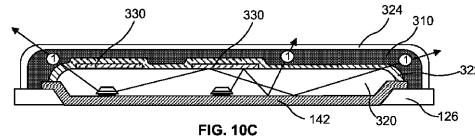


FIG. 10C

【 10 D 】

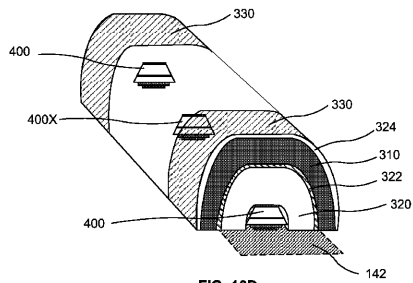


FIG. 10D

【 10 E 】

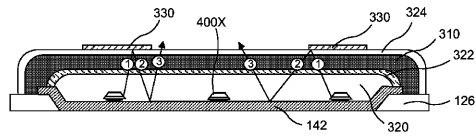


FIG. 10E

【 10 F 】

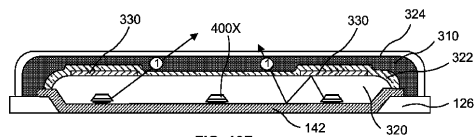


FIG. 10F

【 11 A 】

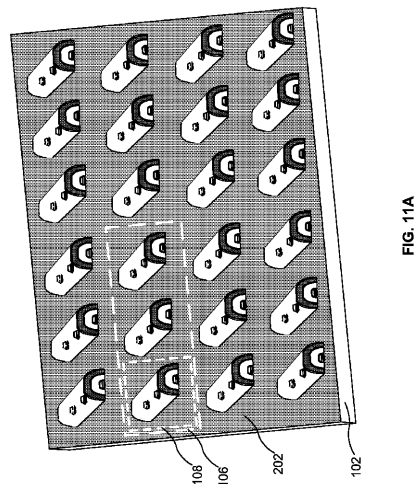


FIG. 11A

【 11 B 】

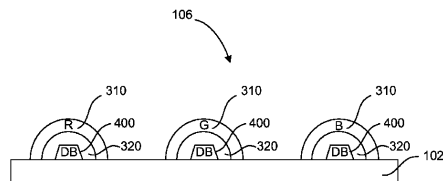


FIG. 11B

【 11 C 】

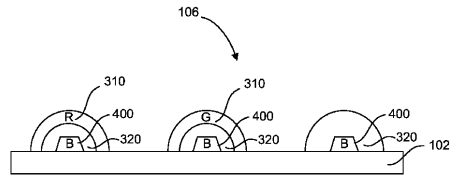


FIG. 11C

【 11 D 】

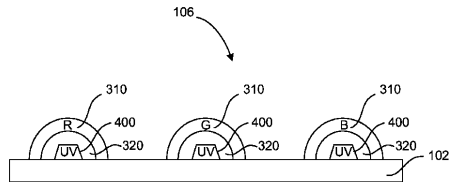


FIG. 11D

【 11 E 】

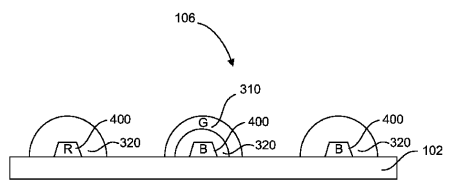


FIG. 11E

【 11 H 】

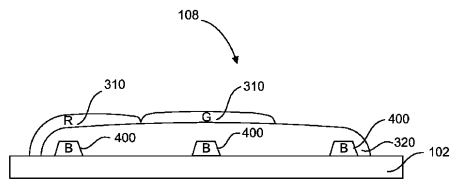


FIG. 11H

【 11 I 】

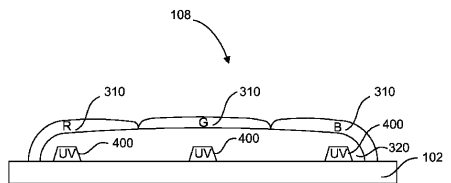


FIG. 11I

【 11 J 】

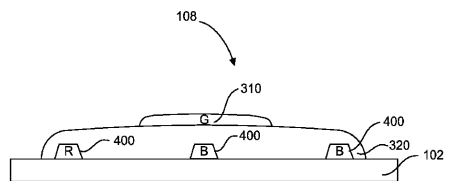


FIG. 11J

【 11 F 】

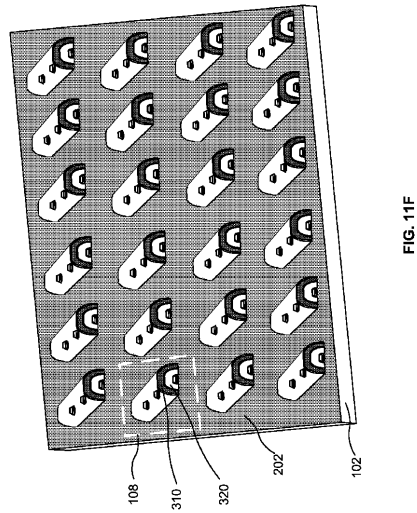


FIG. 11F

【 11 G 】

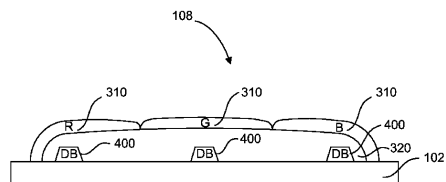


FIG. 11G

【 12 A 】

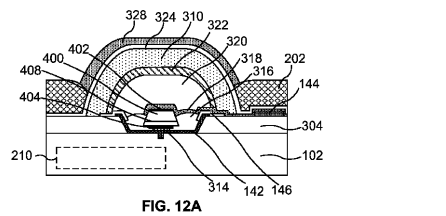


FIG. 12A

【 12 B 】

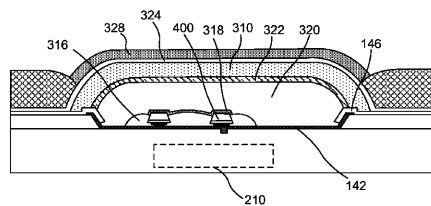


FIG. 12B

【 12 C 】

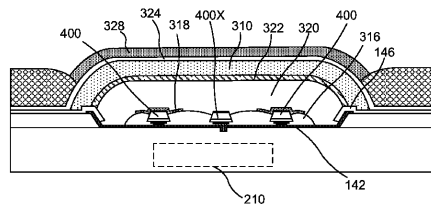


FIG. 12C



【図12D】

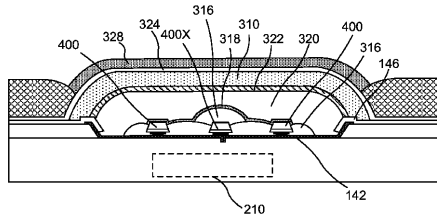


FIG. 12D

【図13A】

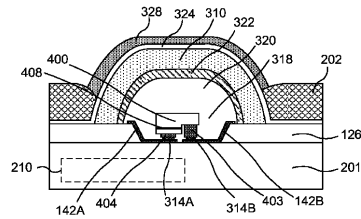


FIG. 13A

【図12E】

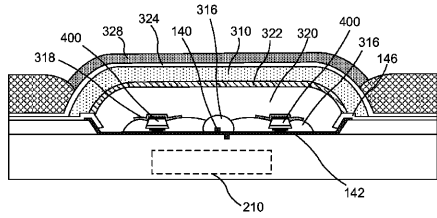


FIG. 12E

【図13B】

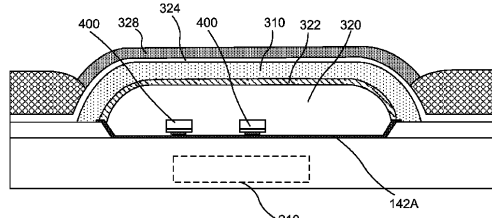


FIG. 13B

【図12F】

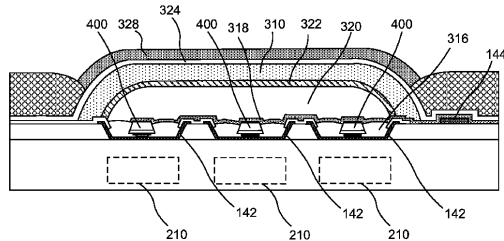


FIG. 12F

【図13C】

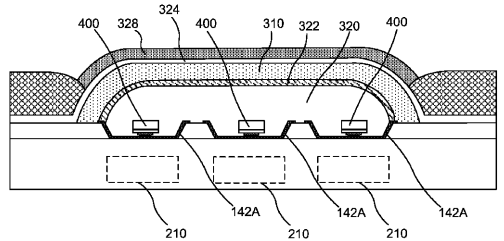


FIG. 13C

【図14A】

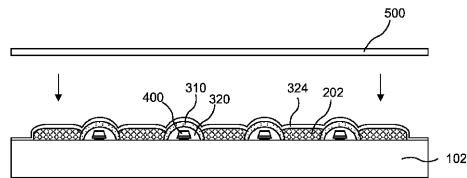


FIG. 14A

【図15】

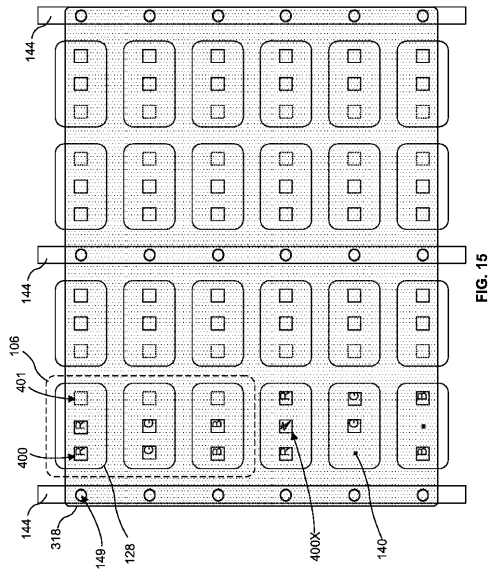


FIG. 15

【図14B】

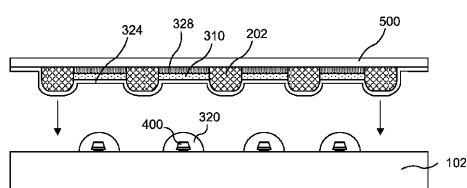


FIG. 14B

【 16 】

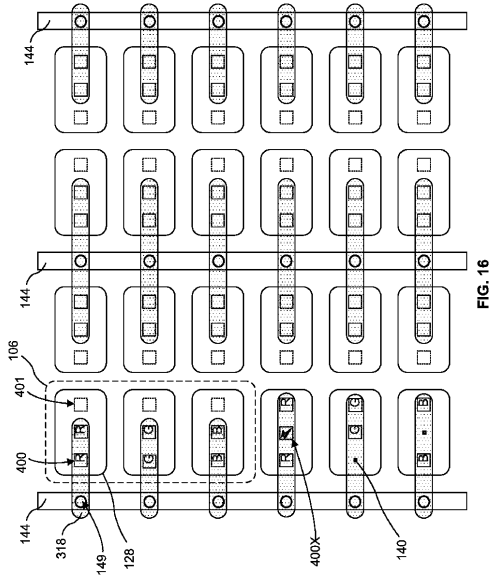


FIG. 16

【 17 】

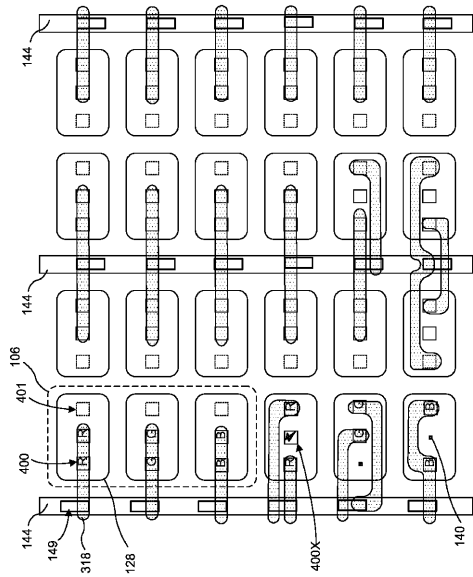


FIG. 17

【 18 】

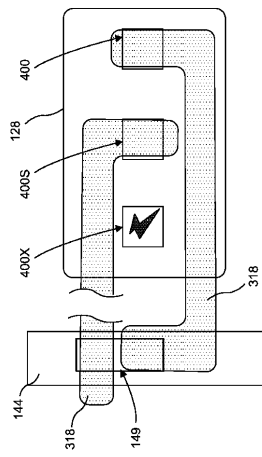


FIG. 18

【 19 】

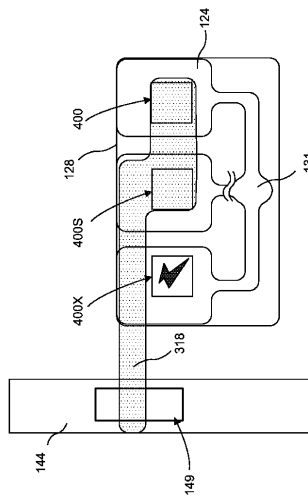
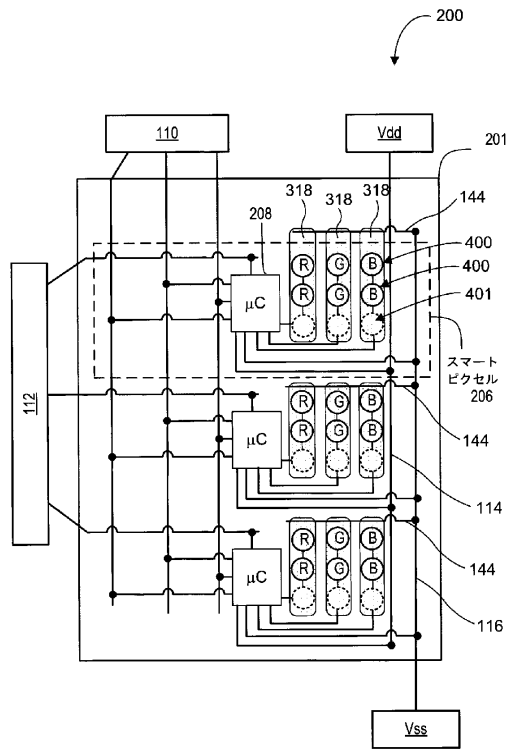
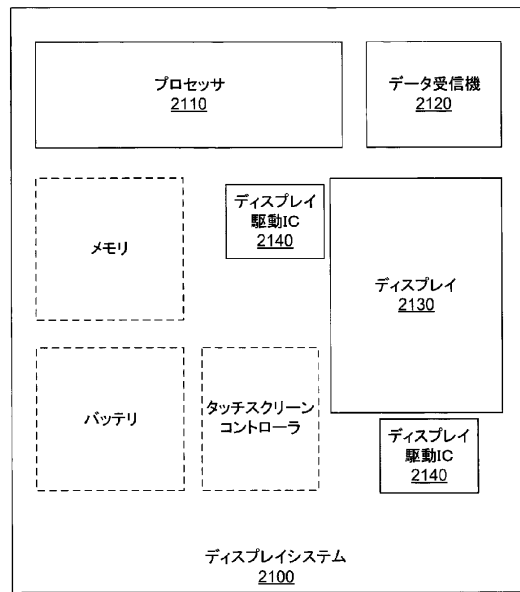


FIG. 19

【図20】



【図21】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ビブル アンドレアス  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ ワイヤット ドライブ 17  
05
- (72)発明者 マグロディー ケリー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ ワイヤット ドライブ 17  
05

審査官 大西 孝宣

- (56)参考文献 特開2003-332633(JP,A)  
特表2010-517289(JP,A)  
特開2013-098458(JP,A)  
国際公開第2008/038691(WO,A1)  
特開2013-037138(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0089810(US,A1)  
米国特許出願公開第2010/0270567(US,A1)  
米国特許出願公開第2012/0092389(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64  
G09F 9/30 - 9/46

专利名称(译)	LED显示屏带有波长转换层		
公开(公告)号	<a href="#">JP6290389B2</a>	公开(公告)日	2018-03-07
申请号	JP2016521438	申请日	2014-06-09
[标]申请(专利权)人(译)	カシ视图技术公司		
申请(专利权)人(译)	カシ视图技术公司		
当前申请(专利权)人(译)	苹果公司		
[标]发明人	ビブルアンドレアス マグロディーケリー		
发明人	ビブル アンドレアス マグロディー ケリー		
IPC分类号	H01L33/50 H01L33/62 H01L33/60		
CPC分类号	H01L25/167 G02F1/133603 G02F1/133617 G02F2001/133614 G09F9/00 G09G3/32 H01L24/95 H01L25/0753 H01L27/322 H01L27/3246 H01L33/38 H01L33/50 H01L33/501 H01L33/502 H01L33/504 H01L33/505 H01L33/507 H01L33/52 H01L33/54 H01L33/56 H01L33/58 H01L51/5281 H01L2924/0002 H01L2924/12041 H01L2924/12042 H01L2924/12044 H01L2924/00		
FI分类号	H01L33/50 H01L33/62 H01L33/60		
代理人(译)	西岛隆义 田中真一郎		
审查员(译)	大西 孝宣		
优先权	13/920912 2013-06-18 US		
其他公开文献	JP2016523450A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

### 摘要(译)

描述了显示器和制造方法。显示器可以包括包括像素阵列的基板，每个像素包括多个子像素，像素内的每个子像素被设计用于不同的颜色发射光谱。在每个子像素内，实现微LED器件对的阵列以提供冗余。包括磷光体颗粒的波长转换层阵列形成在成对的微LED器件阵列上，用于可调色的发射光谱。

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第6290389号 (P6290389)
(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)	(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)	
(51) Int. Cl.	F I	
H 0 1 L 3 3 / 5 0 ( 2 0 1 0 . 0 1 )	H O 1 L 3 3 / 5 0	
H 0 1 L 3 3 / 6 2 ( 2 0 1 0 . 0 1 )	H O 1 L 3 3 / 6 2	
H 0 1 L 3 3 / 6 0 ( 2 0 1 0 . 0 1 )	H O 1 L 3 3 / 6 0	
請求項の数 20 (全 44 頁)		
(21) 出願番号 特願2016-521438 (P2016-521438)	(73) 特許権者 503260918	
(86) (22) 出願日 平成26年6月9日(2014.6.9)	アップル インコーポレイテッド	
(65) 公表番号 特表2016-523450 (P2016-523450A)	アメリカ合衆国 9 5 0 1 4 カリフォル	
(43) 公表日 平成28年8月8日(2016.8.8)	ニア州 クバチーノ インフィニット ル	
(86) 国際出願番号 PCT/US2014/041487	ープ 1	
(87) 国際公開番号 W02014/204694	(74) 代理人 100086771	
(87) 国際公開日 平成26年12月24日(2014.12.24)	弁理士 西島 幸喜	
審査請求日 平成28年2月17日(2016.2.17)	(74) 代理人 100088694	
(31) 優先権主張番号 13/920,912	弁理士 弟子丸 健	
(32) 優先日 平成25年6月18日(2013.6.18)	(74) 代理人 100094569	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	弁理士 田中 伸一郎	
	100067013	
	(74) 代理人 100067013	
	弁理士 大塚 文昭	
		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長変換層を有するLEDディスプレイ