

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-514677
(P2025-514677A)

(43)公表日 令和7年5月9日(2025.5.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 1 0 H 20/851 (2025.01)	H 1 0 H 20/851	5 F 1 4 2
H 1 0 H 29/851 (2025.01)	H 1 0 H 29/851	
H 1 0 H 29/30 (2025.01)	H 1 0 H 29/30	

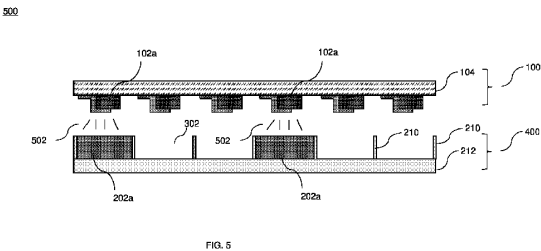
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全27頁)

(21)出願番号	特願2024-560427(P2024-560427)	(71)出願人	000186762
(86)(22)出願日	令和5年4月12日(2023.4.12)		昭栄化学工業株式会社
(85)翻訳文提出日	令和6年12月10日(2024.12.10)		東京都新宿区西新宿 2 丁目 1 番 1 号
(86)国際出願番号	PCT/US2023/018311	(74)代理人	100116713
(87)国際公開番号	WO2023/200855		弁理士 酒井 正己
(87)国際公開日	令和5年10月19日(2023.10.19)	(74)代理人	100179844
(31)優先権主張番号	63/330,407		弁理士 須田 芳國
(32)優先日	令和4年4月13日(2022.4.13)	(72)発明者	チャッダ, サケット
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		東京都新宿区西新宿 2 丁目 1 番 1 号 昭
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,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	(72)発明者	タンジララ, ラビスバーシュ
	最終頁に続く		東京都新宿区西新宿 2 丁目 1 番 1 号 昭
		(72)発明者	ファン, イワン
			東京都新宿区西新宿 2 丁目 1 番 1 号 昭
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 量子ドット色変換材料を含む発光素子およびその製造方法

(57)【要約】

発光素子を形成する方法は、第1および第2のビアを含むマトリックス材料を備える自立支持体を設けると、第1の光硬化性ポリマー中に懸濁された第1量子ドットを含む第1の光硬化性量子ドットインクを前記第1のビア内に堆積させることと、LEDの阵列の第1のLEDからの紫外線または青色光を前記第1の光硬化性量子ドットインクに照射し前記第1のビア内の前記第1の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、第2の光硬化性ポリマー材料中に懸濁された第2の量子ドットを含む第2の光硬化性量子ドットインクを前記第2のビア内に堆積させることと、前記LEDの阵列の第2のLEDからの紫外線または青色光を前記第2の光硬化性量子ドットインクに照射し前記第2のビア内の前記第2の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、照射後に前記自立支持体を前記LEDの阵列に取り付けることと、を含む。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 および第 2 のビアを含むマトリックス材料を備える自立支持体を設けることと、
前記マトリックス材料内の前記第 1 のビア内において第 1 の光硬化性ポリマー材料中に懸濁された第 1 の複数の量子ドットを含む第 1 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることと、

発光ダイオードのアレイの第 1 の発光ダイオードからの紫外線または青色光を前記第 1 の光硬化性量子ドットインクに照射し前記第 1 のビア内の前記第 1 の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、

第 2 の光硬化性ポリマー材料中に懸濁され、前記第 1 の複数の量子ドットとは異なるピーク波長の光を射出するように構成された第 2 の複数の量子ドットを含む第 2 の光硬化性量子ドットインクを、前記マトリックス材料内の前記第 2 のビア内において堆積させることと、

前記発光ダイオードのアレイの第 2 の発光ダイオードからの紫外線または青色光を前記第 2 の光硬化性量子ドットインクに照射し前記第 2 のビア内の前記第 2 の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、

前記第 1 および前記第 2 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に前記自立支持体を前記発光ダイオードのアレイに取り付けることと、
を含む、

発光素子を形成する方法。

【請求項 2】

前記マトリックス材料が第 3 のビアをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

第 3 の光硬化性ポリマー材料中に懸濁され、前記第 1 および前記第 2 の複数の量子ドットとは異なるピーク波長の光を射出するように構成された第 3 の複数の量子ドットを含む第 3 の光硬化性量子ドットインクを前記マトリックス材料内の前記第 3 のビア内において堆積させることと、

前記発光ダイオードのアレイの第 3 の発光ダイオードからの紫外線または青色光を前記第 3 の光硬化性量子ドットインクに照射し前記第 3 のビア内の前記第 3 の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、

を、前記自立支持体を前記発光ダイオードのアレイに取り付けることの前に含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 のビア、前記第 2 のビア、および前記第 3 のビアを単一のビア形成操作で形成することをさらに含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 のビア、前記第 2 のビア、および前記第 3 のビアを含む前記マトリックス材料が射出成形によって形成され、前記マトリックス材料がポリマー材料を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記マトリックス材料は、第 1 の基板上に形成されたポジ型感光性ポリマーを含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ポジ型感光性ポリマーの第 1 の部分、第 2 の部分および第 3 の部分を、前記発光ダイオードのアレイのそれぞれの第 1、第 2 および第 3 の発光ダイオードを用いて、選択的に照射して、前記マトリックス材料の前記第 1 の部分、前記第 2 の部分および前記第 3 の部分にそれぞれ未架橋ポリマー材料を形成することと、

前記第 1 の部分、前記第 2 の部分および前記第 3 の部分の前記未架橋ポリマー材料をそれぞれ除去して、前記第 1 のビア、前記第 2 のビアおよび前記第 3 のビアを形成することと、

をさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記マトリックス材料中の前記第 1 のビア内に前記第 1 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることは、前記第 1 の光硬化性量子ドットインクを前記第 1 のビア内にのみ選択的に堆積させることを含み、

前記マトリックス材料中の前記第 2 のビア内に前記第 2 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることは、前記第 1 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に、前記第 2 の光硬化性量子ドットインクを前記第 2 のビア内にのみ選択的に堆積させることを含み、

前記マトリックス材料中の前記第 3 のビア内に前記第 3 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることは、前記第 2 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に、前記第 3 の光硬化性量子ドットインクを前記第 3 のビア内にのみ選択的に堆積させることを含む、
請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 9】

前記マトリックス材料中の前記第 1 のビア内に前記第 1 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることは、前記第 1 の光硬化性量子ドットインクを前記第 1、前記第 2、および前記第 3 のビア内に非選択的に堆積させ、次いで、前記第 1 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に、前記第 2 のビアおよび前記第 3 のビアから前記第 1 の光硬化性量子ドットインクの未架橋部分を除去することを含み、

前記マトリックス材料中の前記第 2 のビア内に前記第 2 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることは、前記第 2 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に、前記第 2 の光硬化性量子ドットインクを前記第 2 および前記第 3 のビア内に非選択的に堆積させ、次いで、前記第 3 のビアから前記第 2 の光硬化性量子ドットインクの未架橋部分を除去することを含み、

20

前記マトリックス材料中の前記第 3 のビア内に前記第 3 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることは、前記第 3 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に、前記第 3 の光硬化性量子ドットインクを前記第 3 のビア内に堆積させることを含む、
請求項 3 に記載の方法。

【請求項 10】

前記色変換素子上に保護層を形成することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 および第 2 の量子ドットを含む前記自立支持体が色変換素子を含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 12】

前記色変換素子と前記発光ダイオードのアレイの少なくとも一方の合わせ面に突起を形成することと、

前記色変換素子と前記発光ダイオードのアレイの少なくとも一方の合わせ面に凹部を形成することと、

前記突起がそれぞれの前記溝に挿入され、前記色変換素子と前記発光ダイオードのアレイの位置を合わせるためのインターロックパターンを形成するように、前記色変換素子を前記発光ダイオードのアレイに取り付けることと、

40

をさらに含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記第 1 および前記第 2 のビアは、溝を残すべく前記架橋された第 1 および第 2 の光硬化性ポリマー材料で部分的に充填され、

前記 LED のアレイは、それぞれの溝に挿入され、前記色変換素子および前記発光ダイオードのアレイを位置合わせするためのインターロックパターンを形成する突起を含む、
請求項 11 に記載の方法。

【請求項 14】

複数の発光ダイオードが青色光または紫外線放射の入射光子を射出するべく構成されるように基板上に前記複数の発光ダイオードを設けることと、

50

マトリックス材料内の複数のビア内に形成された色変換材料を含む色変換素子を与えることと、

前記複数のビアの各々内の前記色変換材料は前記複数の発光ダイオードの前記各々対応するものからの前記入射光子を吸収し前記入射光子のピーク波長よりも長いピーク波長を有する変換光子を生成するように構成され、前記複数のビアの各々が前記複数の発光ダイオードの各々対応するものの上に位置するように前記色変換素子を前記複数の発光ダイオードに対して位置決めすることと、

前記複数の発光ダイオードに対する前記色変換素子の位置を調整することにより、より長い前記ピーク波長を有する前記変換光子の強度を最大にすることと、
を含む、発光素子を形成する方法。

10

【請求項 15】

前記複数の発光ダイオードに対する前記色変換素子の位置を調整することは、

前記色変換素子と前記基板との間の界面に平行な二次元平面における第 1 の方向に沿って、前記複数の発光ダイオードに対する前記色変換素子の位置の第 1 の関数として、変換光子の第 1 の最大強度を求めることと、

前記色変換素子と前記基板との間の界面に平行な二次元平面における第 2 の方向に沿って、前記複数の発光ダイオードに対する前記色変換素子の位置の第 2 の関数として、変換光子の第 2 の最大強度を求めることと、

前記色変換素子と前記基板との間の界面に平行な二次元平面における前記複数の発光ダイオードに対する前記色変換素子の配向角度の関数として、変換光子の最大強度を求めることと、
をさらに含む、請求項 14 に記載の方法。

20

【請求項 16】

基板と、

前記基板上に配置され、青色または紫外線放射の入射光子を射出するべく構成された複数の発光ダイオードと、

マトリックス材料内の複数のビア内に配置され、色変換材料を含む色変換素子と、
を含み、

前記複数のビアの各々が前記複数の発光ダイオードの各々対応するものの上に位置して、前記複数のビアの各々内の前記色変換材料が前記複数の発光ダイオードの前記各々対応するものからの前記入射光子を吸収し前記入射光子のピーク波長よりも長いピーク波長を有する変換光子を生成するように構成され、

30

前記色変換素子は、前記複数の発光ダイオードの上に取り付けられる自立構造体である、
発光素子。

【請求項 17】

前記複数の発光ダイオードの各々は、10 ミクロン以下の幅で構成され、かつ隣接する発光ダイオードは、1 ミクロン以下の距離で離れており、

前記色変換材料は、量子ドットを含み、

前記量子ドットは、前記入射光子を吸収して、赤、緑、および青のうちの 1 つの色を有する変換光子を射出するように構成され、

40

前記マトリックス材料中の前記複数のビアは、各ピクセルが赤色サブピクセル、緑色サブピクセル、および青色サブピクセルを含むピクセルの規則アレイとして配置され、かつ各サブピクセル内の前記色変換材料は、それぞれ赤色、緑色、および青色の変換光子を生成するように構成される、

請求項 16 に記載の発光素子。

【請求項 18】

前記色変換素子および前記複数の発光ダイオードの少なくとも一方は、合わせ面に突起を含み、

前記色変換素子および前記複数の発光ダイオードの少なくとも一方は、前記合わせ面に

50

溝を含み、

前記突起は、それぞれの溝に挿入されて、前記色変換素子および前記複数の発光ダイオードの位置を合わせるためのインターロックパターンを形成する、
請求項 16 に記載の発光素子。

【請求項 19】

前記複数のビアは、溝を残すべく前記色変換材料で部分的に充填され、

前記複数の LED は、前記色変換素子および前記複数の発光ダイオードを位置合わせするためのインターロックパターンを形成するためにそれぞれの溝に挿入される突起を含む、
請求項 16 に記載の発光素子。

10

【請求項 20】

前記色変換素子および前記複数の発光ダイオードは、接着剤または機械的取り付け機能の少なくとも 1 つによって共に保持される、請求項 16 に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2022 年 4 月 13 日に提出された、米国仮特許出願番号第 63 / 330 , 407 号に対する優先権の利益を主張するものであり、当該仮特許出願の全容を参照により本願に繰り入れるものとする。

【0002】

本開示は、発光素子に関し、特に色変換材料と光学的に結合した発光ダイオードおよびその製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0003】

発光ダイオード (LED) は、ノートパソコンやテレビの液晶ディスプレイのバックライトなどの電子ディスプレイや拡張現実 (AR) ディスプレイに使用されている。このような AR ディスプレイは、1 ~ 2 ミクロンといった 10 ミクロン以下の幅を有するマイクロ LED を使用する、高解像度・小型サイズの非常に高い ppi (2000 ~ 8000) となると予測されている。

【発明の概要】

30

【0004】

発光素子を形成するある実施形態の方法には、第 1 および第 2 のビアを含むマトリックス材料を備える自立支持体を設けることと、マトリックス材料内の第 1 のビア内において第 1 の光硬化性ポリマー材料中に懸濁された第 1 の複数の量子ドットを含む第 1 の光硬化性量子ドットインクを堆積させることと、発光ダイオードのアレイの第 1 の発光ダイオードからの紫外線または青色光を第 1 の光硬化性量子ドットインクに照射し第 1 のビア内の第 1 の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、第 2 の光硬化性ポリマー材料中に懸濁され、第 1 の複数の量子ドットとは異なるピーク波長の光を射出するように構成された第 2 の複数の量子ドットを含む第 2 の光硬化性量子ドットインクをマトリックス材料内の第 2 のビア内において堆積させることと、発光ダイオードのアレイの第 2 の発光ダイオードからの紫外線または青色光を第 2 の光硬化性量子ドットインクに照射し第 2 のビア内の第 2 の光硬化性ポリマー材料を架橋することと、第 1 および第 2 の光硬化性量子ドットインクに照射した後に自立支持体を発光ダイオードのアレイに取り付けることと、が含まれる。

40

【0005】

発光素子を形成する別の実施形態の方法には、複数の発光ダイオードが青色光または紫外線放射の入射光子を射出するべく構成されるように基板上に複数の発光ダイオードを設けることと、マトリックス材料内の複数のビア内に形成された色変換材料を含む色変換素子を与えることと、前記複数のビアの各々内の色変換材料は前記複数の発光ダイオードの各々対応するものからの入射光子を吸収し前記入射光子のピーク波長よりも長いピーク波長を有する変換光子を生成するように構成され、複数のビアの各々が複数の発光ダイオ-

50

ドの各々対応するものの上に位置するように色変換素子を複数の発光ダイオードに対して位置決めすることと、前記複数の発光ダイオードに対する色変換素子の位置を調整することにより、より長いピーク波長を有する変換光子の強度を最大にすることと、が含まれる。

【0006】

ある実施形態の発光素子は、基板と、前記基板上に配置され青色放射または紫外放射の入射光子を射出するように構成された複数の発光ダイオードと、マトリックス材料内の複数のビア内に配置された色変換材料を含む色変換素子とが含まれる。複数のビアの各々が複数の発光ダイオードの各々対応するものの上に位置して、複数のビアの各々における色変換材料が、複数の発光ダイオードの対応する1つからの入射光子を吸収し、入射光子のピーク波長よりも長いピーク波長を有する変換光子を生成するように構成され、色変換素子は、複数の発光ダイオードの上に取り付けられる自立構造体である。

10

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、様々な実施形態による、発光素子の形成において使用され得る中間構造の垂直断面図である。

【図2】図2は、様々な実施形態による、発光素子の垂直断面図である。

【図3】図3は、様々な実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る中間構造の垂直断面図である。

【図4】図4は、第1の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

20

【図5】図5は、第1の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図6】図6は、第1の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図7】図7は、第1の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図8】図8は、第1の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図9】図9は、第1の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

30

【図10】図10は、様々な実施形態による、色変換素子の垂直断面図である。

【図11】図11は、第2の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図12】図12は、第2の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図13】図13は、第2の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図14】図14は、第2の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

40

【図15】図15は、第2の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図16】図16は、第2の実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図17】図17は、様々な実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図18】図18は、様々な実施形態による、色変換素子の形成において使用され得る更なる中間構造の垂直断面図である。

【図19】図19は、様々な実施形態による、第1の構成における発光素子の垂直断面図である。

50

【図 20】図 20 は、様々な実施形態による、第 2 の構成における発光素子の更なる垂直断面図である。

【図 21】図 21 は、様々な実施形態による、第 3 の構成における発光素子の更なる垂直断面図である。

【図 22】図 22 は、様々な実施形態による、一構成におけるパッケージ化された発光素子の垂直断面図である。

【図 23】図 23 は、様々な実施形態による、別の構成におけるパッケージ化された発光素子の垂直断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

直視型ディスプレイ（例えば AR ディスプレイ）のようなディスプレイ装置は、ピクセルの規則アレイから形成されてもよい。各ピクセルは、それぞれのピーク波長で発光するサブピクセルの集合を含んでもよい。例えば、ピクセルは、赤色サブピクセル、緑色サブピクセルおよび青色サブピクセルを含んでもよい。各サブピクセルは、特定の波長の光を射出する 1 つ以上の発光ダイオードを含んでもよい。従来は、各ピクセル内に赤、緑、青（RGB）のサブピクセルを有するという配置である。各ピクセルは、色域内の任意の色の組み合わせが各ピクセルに対してディスプレイに表示されるように、バックプレーン回路によって駆動される。ディスプレイパネルは、LED サブピクセルをバックプレーン上のボンドパッドへのはんだ付け、またはその他の方法による電氣的な取り付けプロセスによって形成することができる。ボンドパッドは、バックプレーン回路および他の駆動電子機器によって電氣的に駆動されてもよい。

【0009】

様々な実施形態により、光量子的励起量子ドットを使用して、より短い波長の励起源から高効率の赤、緑、青、および／または他の色のピクセル化された光を生成するように構成された発光素子が与えられる。実施例でのミクロスケールの発光ダイオード（マイクロLED）は、長さおよび幅が 10 ミクロン未満、例えば 1～2 ミクロンであり、AR ディスプレイやその他のディスプレイ装置に使用することができる。この新技術により、ディスプレイ装置の各ピクセル位置に個々の LED を使用することで高い黒レベルを得られる。さらに、各ピクセルは単一色の光を生成するように構成することも可能である。個々の LED が取り付けられるバックプレーンは、各 LED に独立して電圧または電流を印加するように構成される薄膜トランジスタ（TFT）構造、シリコン CMOS、または他のドライバ回路を備えた基板（プラスチック、ガラス、半導体など）を含んでもよい。例えば、バックプレーンには、ガラス基板やプラスチック基板上の TFT や、バルクシリコン基板上または SOI（シリコン・オン・インシュレータ）基板上のバルクシリコントランジスタ（CMOS 構成のトランジスタなど）が含まれてもよい。以下の実施形態ではマイクロLED について説明するが、マイクロLED の代わりに、またはマイクロLED に加えて、10 ミクロンより大きいサイズ（例えば、幅および長さ）を有する他のタイプの LED（例えば、ナノワイヤまたは他のナノ構造体 LED）またはマクロLED を使用可能であることに留意すべきである。

【0010】

いくつかの実施形態では、各マイクロLED のサイズは、直視型ディスプレイ装置や他のディスプレイ装置などの特定のディスプレイ装置で使用するピクセルのピッチよりも小さくてもよい。例えば、2000～8000 ppi の AR ディスプレイは、隣接するマイクロLED の間隔が 1 ミクロン未満、例えば 0.6～0.7 ミクロンであってもよい。バックプレーン上の同じピクセルの隣接する RGB サブピクセル領域に、高精度で多数の異なる色のマイクロLED を順次に配置する（例えば、赤、緑、青の発光 LED を順次に配置する）ことは困難である。

【0011】

本開示の実施形態のいくつかには、光量子的励起色変換材料とカップリングされた非ドーパ G a N 活性領域（例えば、G a N 発光活性層を有するマイクロLED）または低イン

10

20

30

40

50

ジウム・ドーブ InGaN 活性領域（例えば、低インジウム含有 InGaN 発光活性層を有するマイクロ LED）を有する LED を基にしたフォトニックエミッタが含まれる。このような LED は、紫外（UV）放射または青色光スペクトル領域（例えば、370～460 nm、例えば 390～420 nm、例えば 400～410 nm）にピーク発光波長を有する紫外（UV）放射または青色光を放射し得る。本明細書で使用されるように、青色光スペクトル領域には人間の観察者によって知覚される青色および紫色が含まれる。

【0012】

ある実施形態には、色変換材料には量子ドットが含まれてもよい。量子ドットは、モノクロ LED によって生成された光子を吸収し、量子ドットの特長（例えば、量子ドットのサイズおよび材料組成）に応じて様々な色の光（例えば、赤、緑および青）を生成するように構成され得る。

10

【0013】

拡張現実（AR）ディスプレイ（例えば、スマートグラス）および他の用途に使用されるサイズ領域（例えば、10 ミクロン未満のサイズ）では、様々な色を作り出すために、UV もしくは青色光発光 LED および光励起量子ドットの使用により、バックプレーン全体にわたってより良好な均一性を有するディスプレイ装置が提供され得る。すべての隣接する単色 LED（例えば、UV または青色 LED のいずれか）を同時にバックプレーン上に（例えば、同じ成長基板から）配置することによって、隣接する赤色、緑色および青色 LED を同じ RGB ピクセルの隣接するサブピクセルに順次配置するよりも、厳しい公差を容易に満たすことができる。本開示の実施形態は、モノクロ LED アレイを使用しサブピクセル内の量子ドットを製造し整列させることで、モノクロ LED と各色サブピクセル内のそれぞれの量子ドットとの間のアライメントを改善することを可能にする方法を提供する。

20

【0014】

図 1 は、様々な実施形態による、発光素子の形成において使用され得る中間構造 100 の垂直断面図である。中間構造 100 には、バックプレーン等、基板 104 上に設置された複数の LED 102 が含まれてもよい。上述したように、LED 102 には、UV 放射または青色光スペクトル領域にピーク発光波長を有する LED（例えば、UV または青色発光 LED、UV または青色 LED と呼ばれる）が含まれてもよい。

【0015】

ある実施形態では、LED 102 は、LED の上部に配置され、基板 104 に対し反対側を向いた少なくとも 1 つの第一の電極 103 を有してもよい。第一の電極 103 は、陽極電極または陰極電極として構成されてもよい。ある実施形態では、LED 102 は、第 2 の電極 105 が基板 104 と LED 102 の底面との間に位置する垂直 LED として構成されてもよい。例えば、第 2 の電極 105 は、基板 104 上のそれぞれのボンディングパッドにボンディングされてもよい。別の実施形態では、LED 102 は、その発光側（例えば、図 1 の上側）の上に位置する共通の透明な第 1 の電極 103（例えば、透明な導電性酸化物電極）と、各 LED 102 が点灯するか消灯するかを制御する別個の第 2 の電極 105 とを含んでもよい。別の実施形態では、LED は、両方の電極が LED の同じ側（例えば、LED の上側または下側）に位置する横型 LED として構成されてもよい。

30

40

【0016】

基板 104 は、第二の電極 105 を介して LED 102 に電圧および電流を供給し、それによって LED 102 により発光を制御するように構成された電気回路（例えば、TFT 回路および／または CMOS 回路）を有するバックプレーンであってもよい。バックプレーンは、LED 駆動用のアクティブマトリックスまたはパッシブマトリックスバックプレーン基板であってもよい。本明細書で使用する「バックプレーン基板」とは、複数のデバイスをその上に取り付けるべく構成された任意の基板を指す。ある実施形態では、バックプレーンには、シリコン、ガラス、プラスチック、および／または、少なくともそれに取り付けられた素子に構造的サポートを付与することができる他の材料を含む基板が含まれてもよい。ある実施形態では、バックプレーン基板は、メタライゼーション線を含む金属相

50

互接続構造（図示せず）が例えば十字格子状に存在し、各LED用の専用アクティブ素子（例えば、TFT）が存在しないパッシブバックプレーン基板であってもよい。別の実施形態では、バックプレーン基板はアクティブバックプレーン基板であってもよく、このアクティブバックプレーン基板には、導電ラインの十字格子としての金属相互接続構造を含み、さらに、導電ラインの十字格子の1つまたは複数の交差点に各LED用の専用アクティブ素子（例えば、CMOSトランジスタまたはTFT）が含まれ得る。

【0017】

図2は、様々な実施形態による、発光素子200の垂直断面図である。発光素子200は、基板104と、基板104上に形成された複数のLED（102、102a、102b、102c）とを含む中間構造100（例えば、図1参照）を含んでもよい。なお、図2では、明確にするため第2電極105を省略している。上述したように、LED102は青色または紫外放射入射光子204を射出するように構成されてもよい。発光素子200は、色変換素子201をさらに含んでもよい。ある実施形態では、色変換素子201は、中間構造100のLED102によって射出される放射を用いて製造される自立型素子である。換言すれば、色変換素子201は中間構造100上に層ごとに堆積されるのではなく、支持のために中間構造100を要しないように、中間構造100とは別個に形成される。完成した色変換素子201は、その後、接着剤および／または機械的な取り付けを用いて中間構造100に取り付けられ、発光素子200を形成する。

【0018】

色変換素子201は、（以下図3に関して説明されるように）マトリックス材料内の複数のビア302に形成された色変換材料（202a、202b、202c）を含む。以下により詳細に説明するように、色変換素子201は、マトリックス材料の壁210によって囲まれる複数のビア302を支持する基板212を適宜含んでもよい。基板212および壁210は異なる材料で作られてもよいし、同じ材料で形成されてもよい。色変換素子201は、入射光子204に対して透明な任意の保護層214をさらに含んでもよい。保護層は酸化アルミニウムまたは他の透明材料を含んでもよい。

【0019】

発光素子200は規則アレイとして構成されてもよい。例えば、第1の色変換材料202aは、入射光子204を吸収し第1の色を有する変換光子206を生成するように構成されてもよい。同様に、第2の色変換材料202bは、入射光子204を吸収し第2の色を有する変換光子206を生成するように構成されてもよく、第3の色変換材料202cは、入射光子204を吸収し第3の色を有する変換光子206を生成するように構成されてもよい。入射光子204の一部は基板212によって反射されることもあり、それによって反射光子208となる。反射光子208は色変換材料（202a、202b、202c）内で再循環し、それによって色変換材料（202a、202b、202c）によって吸収され、変換光子206に変換される確率が増加し得る。「光子リサイクル」と呼ばれることもあるこのプロセスは、素子の量子効率を高め得る。

【0020】

ある実施形態において、発光素子200は、各ピクセルが赤色サブピクセル、緑色サブピクセル、および青色サブピクセルを含むピクセルの規則アレイとして構成されてもよい。例えば、ピクセル203は、第1のLED102aおよび対応する第1の色（例えば、赤色）変換材料202aを有する第1の（例えば、赤色）サブピクセルと、第2のLED102bおよび対応する第2の色（例えば、緑色）変換材料202bを有する第2の（例えば、緑色）サブピクセルと、第3のLED102cおよび第3の色（例えば、青色）変換材料202cを有する第3の（例えば、青色）サブピクセルとを含んでもよい。このようにして、それぞれのサブピクセル内の色変換材料（202a、202b、202c）は、赤、緑、および青の変換光子206をそれぞれ生成するように構成されてもよい。更なる実施形態において、発光素子200は他の様々な方法で構築されてもよい。例えば、任意の数のLED102を単一の色を生成する色変換材料に関連付けてもよい。このように、各ピクセルは各サブピクセルに複数のLEDを有してもよい。さらに、様々なサブピク

セルはすべてが同じ数のピクセルを有するとは限らない。一実施形態では、LED 102 a、102 b、102 c は、同じピーク波長の放射（例えば、紫外光または青色光）を発してもよい。LED 102 a、102 b、102 c が青色光を発する場合、青色サブピクセルから第3の色（例えば、青色）変換材料 202 c を省略してもよい。

【0021】

複数のビア 302（図3参照）の各々は、複数のビアの各々内の色変換材料（202 a、202 b、202 c）が、複数のLED 102の各々対応するものからの入射光子 204 を吸収し、入射光子 204 のピーク波長よりも長いピーク波長を有する変換光子 206 を生成するように構成されるように、複数のLED（102 a、102 b、102 c）の対応するものの上に配置されてもよい。基板 212（存在する場合）は、変換光子 206 が基板 212 を透過し得るように、放射透過性材料で形成される。

10

【0022】

図2に示すように、色変換素子 201 は、複数のLED 102の上に配置される別個の（すなわち、自立した）構造として構成されてもよい。さらに、以下の図19～図21の参照によりさらに詳細に説明するように、より長いピーク波長を有する変換光子 206 の強度が最大となるように、複数のLEDに対する色変換素子 201 の位置が調整されてもよい。さらに、複数のLED 102には、それぞれが約10ミクロン以下、例えば約1ミクロンから約2ミクロンまでのサイズ（すなわち、長さおよび幅）を有するマイクロLEDが含まれてもよい。さらに、隣接するLED 102は、約0.6ミクロンから約0.7ミクロンなど、1ミクロン以下の距離だけ離れていてもよい。

20

【0023】

色変換材料（202 a、202 b、202 c）は、様々な異なる色に対応する量子ドットを含んでもよい。この例では、色変換材料（202 a、202 b、202 c）は、複数の第1の量子ドット 202 a、複数の第2の量子ドット 202 b、および複数の第3の量子ドット 202 c を含んでもよく、これらは、UVまたは青の入射光子 204 を、それぞれ、第1、第2、および第3の色を有する光子に変換するように構成されてもよい。例えば、第1、第2、および第3の色は、赤、緑、および青色のスペクトル範囲において異なるピーク波長を有してもよい。量子ドットは、約1 nm～約10 nmの範囲、例えば、2 nm～8 nmの範囲の直径を有してもよく、化合物半導体材料のナノ結晶であってもよく、例えば、III-V族半導体材料（例えば、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる米国特許第9,884,763号に記載されるリン化インジウム）、III-VI族半導体材料（米国特許出願公開第US 2017/0250322号、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、に記載されているとおり、例えば、ZnSe、ZnS、ZnTe、CdS、CdSeなどのコアシェル量子ドット）、および／またはI-III-V族半導体材料（例えば、AgInGaS/AgGaS コアシェル量子ドット、米国特許第10,927,294号、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、に記載されている）。

30

【0024】

量子ドットは、その直径によって異なる色の光（例えば、赤、緑、青）を発することができる。量子ドットは大きければ大きいほどより長い波長の光を射出し、ドットが小さければ小さいほどより短い波長の光を射出し得る。量子ドットは、光抽出材料 110 の屈折率とは異なる（例えば、より高い）屈折率を有する材料（例えば、ポリイミドなどのポリマー）中に懸濁させてもよい。例として、ポリイミド材料の屈折率は1.6～1.75、例えば約1.7であってもよい。青色LED 102 が使用される場合、青色発光の量子ドットは省略されてもよい。

40

【0025】

各LED 102 は、共通の波長もしくはターゲット波長の範囲内の入射光子 204 を射出するように構成されてもよい。例えば、GaN系のLED 102 は、約370～430 nmの範囲、例えば約400 nm～約410 nm（すなわち、電磁スペクトルの青色または近紫外部分）の波長を有する入射光子 204 を射出することができる。LED 102 は

50

高い均一性を示し、高い効率を示し得る。

【0026】

図3は、様々な実施形態による、図2に示す色変換素子201の形成に使用され得る中間構造300の垂直断面図である。中間構造300には、基板212と、その中に形成された複数のビア302を有するマトリックス材料とを含む自立支持体が含まれてもよい。ビア302は、マトリックス材料の壁210によって境界を囲まれてもよい。壁210および基板212は同じ材料で形成されてもよい。例えば、中間構造300は、射出成形プロセスによって形成されるポリマー材料を含んでもよい。他の実施形態では、マトリックス材料は、基板212上に形成されたポジ型感光性ポリマー210Lを含んでもよい（例えば、以下の図17および関連説明を参照）。ビア302は、溶媒で除去され得る未架橋ポリマー材料部分を生成するべく作用する青色またはUV放射（例えば、以下の図18および関連する説明を参照）を、ポジ型感光性ポリマー210Lの一部に選択的に露光することによって形成されてもよい。本開示の範囲内においては、マトリックス材料にビア302を形成する様々な他の方法が予期される。

10

【0027】

図4～図9に示される第1の実施形態において、量子ドットインクはそれぞれのビア302に選択的に堆積され、その後照射が行われる。図11～16では、量子ドットインクはそれぞれのビア302に非選択的に堆積され、その後照射が行われる。

【0028】

図4は、第1の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造400の垂直断面図である。本実施形態において、第1の量子ドットインク402aは、第1の量子ドット202aを含むことが意図されている第1の複数のビア302に選択的に導入されてもよい。第1の量子ドットインク402aには、光硬化性ポリマー材料中に懸濁された第1のサイズおよび組成を有する量子ドットが含まれてもよい。第1の量子ドットインク402aは様々な方法で堆積させることができる。例えば、第1の量子ドットインク402aはインクジェット印刷プロセスによって堆積されてもよい。第1の量子ドットインク402aは、以下の図5の参照によりさらに詳細に説明するように、青色光またはUV放射で露光されてもよく、それによって第1の光硬化性ポリマー材料が架橋される。

20

【0029】

図5は、第1の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成において使用され得る更なる中間構造500の垂直断面図である。中間構造500は、図4の中間構造400の上に配置されたLEDアレイ（例えば、図1の中間構造100）を含んでもよい。LEDアレイは、第1の量子ドットインク402aに照射するために中間構造400の上方に配置されているように示されているが、代替の実施形態では、LEDアレイは、基板212を通して第1の量子ドットインク402aに照射するために中間構造400の基板212の下方に配置されてもよい。LEDアレイは、第1の量子ドットインク402aを選択的に照射するための製造ツールとして使用されてもよい。図示のように、第1の複数のLED102aを選択的に作動させて、第1の量子ドットインク402aを青色光または紫外線502で露光してもよい。このようにして、青色光またはUV放射502は第1の量子ドットインク402aを架橋させることができ、それによって第1の色変換材料202aを形成する。したがって、第1のLED102a（例えば、最終的なデバイス201内の赤色サブピクセルに位置するLED）は、第1の量子ドットインク402aを露光して、赤色サブピクセルに第1の（例えば、赤色）色変換材料202aを形成するために使用されてもよい。

30

40

【0030】

図6は、第1の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造600の垂直断面図である。図示のように、第2の量子ドットインク402bが第2の複数のビア302に導入されてもよい。第2の量子ドットインク402bには、光硬化性ポリマー材料中に懸濁された、第1のサイズおよび／または組成と

50

は異なる第2のサイズおよび組成を有する量子ドットが含まれてもよい。第2の量子ドットインク402bは、以下の図7の参照によりさらに詳細に説明するように、青色光またはUV放射で露光されてもよく、それによって第2の光硬化性ポリマー材料が架橋される。

【0031】

図7は、第1の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造700の垂直断面図であり、中間構造700には、図6の中間構造600の上または下に配置されたLEDアレイ（例えば、図1の中間構造100）が含まれてもよい。図示のように、第2の複数のLED102bを選択的に作動させて、第2の量子ドットインク402bを青色光または紫外線502で露光してもよい。このようにして、青色光またはUV放射502は第2の量子ドットインク402bを架橋させることができ、それによって第2の色変換材料202bを形成する。したがって、第2のLED102b（例えば、最終的なデバイス201内の緑色サブピクセルに位置するLED）は、第2の量子ドットインク402bを露光して、緑色サブピクセルに第2の（例えば、緑色）色変換材料202bを形成するために使用されてもよい。

10

【0032】

図8は、第1の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造800の垂直断面図である。図示のように、第3の色変換材料202cが最終的な素子201に存在する場合、第3の量子ドットインク402cが第3の複数のピア302に導入されてもよい（例えば、図3参照）。第3の量子ドットインク402cには、光硬化性ポリマー材料中に懸濁された、第1および第2のサイズおよび／または組成とは異なる第3のサイズおよび組成を有する量子ドットが含まれてもよい。第3の量子ドットインク402cは、以下の図9の参照によりさらに詳細に説明するように、青色光またはUV放射で露光されてもよく、それによって第3の光硬化性ポリマー材料が架橋される。

20

【0033】

図9は、第1の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造900の垂直断面図である。中間構造900は、図8の中間構造800の上または下に配置されたLEDアレイ（例えば、図1の中間構造100）を含んでもよい。図示のように、第3の複数のLED102cを選択的に作動させて、第3の量子ドットインク402cを青色光または紫外線502で露光してもよい。このようにして、青色光またはUV放射502は第3の量子ドットインク402cを架橋させることができ、それによって第3の色変換材料202cを形成する。したがって、第3のLED102c（例えば、最終的なデバイス201内の青色サブピクセルに位置するLED）は、第3の量子ドットインク402cを露光して、青色サブピクセルに第3の（例えば、青色）色変換材料202cを形成するために使用されてもよい。あるいは、LED102が青色LEDからなる場合、図8および図9の工程は省略されてもよい。

30

【0034】

図10は、様々な実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の垂直断面図である。図示のように、色変換素子201は、色変換材料（202a、202b、202c）の上に形成された保護層214をさらに含んでもよい。ある実施形態では、保護層214は、原子層堆積（ALD）プロセスを用いて堆積することができる Al_2O_3 の薄層であってよい。保護層214は約5nm～約50nmの範囲の厚さを有してもよい。あるいは、保護層214は、他の堆積プロセスを用いて他の様々な材料で形成されてもよく、他の厚さを有してもよい。保護層214は、色変換材料（202a、202b、202c）を保護する一方で、入射光子204が保護層214を透過可能なように構成されてもよい（例えば、図2参照）。

40

【0035】

図11は、第2の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造1100の垂直断面図である。この実施形態では、スピコー

50

ティングプロセスを使用して、図 3 の中間構造 3 0 0 のすべてのビア 3 0 2 に第 1 の量子ドットインク 4 0 2 a を非選択的に堆積させることができる。上述したとおり、第 1 の量子ドットインク 4 0 2 a には、光硬化性ポリマー材料中に懸濁された第 1 のサイズおよび組成を有する量子ドットが含まれてもよい。第 1 の量子ドットインク 4 0 2 a は、以下の図 1 2 の参照によりさらに詳細に説明するように、青色光または UV 放射に露光されてもよく、それによって第 1 の光硬化性ポリマー材料が架橋される。

【0036】

図 1 2 は、第 2 の実施形態による、色変換素子 2 0 1（例えば、図 2 参照）の形成に使用され得る更なる中間構造 1 2 0 0 の垂直断面図である。中間構造 1 2 0 0 は、図 1 1 の中間構造 1 1 0 0 の上または下に配置された LED アレイ（例えば、図 1 の中間構造 1 0 0）を含んでもよい。LED アレイは、第 1 の量子ドットインク 4 0 2 a を選択的に照射するための製造ツールとして使用されてもよい。図示のように、第 1 の複数の LED 1 0 2 a を選択的に作動させて、第 1 の（例えば、赤色）量子ドットインク 4 0 2 a を青色光または紫外線 5 0 2 に露光されてもよい。このようにして、青色光または UV 放射 5 0 2 は一部のビア 3 0 2（例えば、赤色サブピクセルに位置するビア）内の第 1 の量子ドットインク 4 0 2 a を架橋させる（すなわち、インクの光硬化性ポリマー材料を架橋させる）ことができ、それによって第 1 の色変換材料 2 0 2 a を形成する。

【0037】

図 1 3 は、第 2 の実施形態による、色変換素子 2 0 1（例えば、図 2 参照）の形成に使用され得る更なる中間構造 1 3 0 0 の垂直断面図である。これに関して、中間構造 1 2 0 0（例えば、図 1 2 参照）において照射されなかった第 1 の量子ドットインク 4 0 2 a の部分（例えば、緑色および青色のサブピクセルのビア 3 0 2 に位置する赤色の量子ドットインク）は、これらのビア 3 0 2 内のインクの光硬化性ポリマー材料が照射によって架橋されないので、選択的に除去され得る。

【0038】

次に、スピンコーティングプロセスを使用して、図 1 2 の中間構造 1 2 0 0 において照射されなかった複数のビア 3 0 2 内（すなわち、第 1 の色変換材料 2 0 2 a によって既に充填されていないビア内）に、第 2 の（例えば、緑色の）量子ドットインク 4 0 2 b を堆積してもよい。上述の通り、第 2 の量子ドットインク 4 0 2 b には、光硬化性ポリマー材料中に懸濁された、第 1 のサイズおよび／または組成とは異なる第 2 のサイズおよび組成を有する量子ドットが含まれてもよい。第 2 の量子ドットインク 4 0 2 b は、以下の図 1 4 の参照によりさらに詳細に説明するように、青色光または UV 放射に露光されてもよく、それによって第 2 の光硬化性ポリマー材料が架橋される。

【0039】

図 1 4 は、第 2 の実施形態による、色変換素子 2 0 1（例えば、図 2 参照）の形成に使用され得る更なる中間構造 1 4 0 0 の垂直断面図である。中間構造 1 4 0 0 は、図 1 3 の中間構造 1 3 0 0 の上または下に配置された LED アレイ（例えば、図 1 の中間構造 1 0 0）を含んでもよい。LED アレイは、第 2 の量子ドットインク 4 0 2 b を選択的に照射するための製造ツールとして使用されてもよい。図示のように、第 2 の複数の LED 1 0 2 b を選択的に作動させて、第 2 の量子ドットインク 4 0 2 b を青色光または紫外線 5 0 2 で露光してもよい。このようにして、青色光または UV 放射 5 0 2 は第 2 の量子ドットインク 4 0 2 b を架橋させることができ、それによって第 2 の色変換材料 2 0 2 b をそれぞれのビア 3 0 2 内（例えば、緑色のサブピクセルに位置するビア 3 0 2 内）に形成する。

【0040】

図 1 5 は、第 2 の実施形態による、色変換素子 2 0 1（例えば、図 2 参照）の形成に使用され得る更なる中間構造 1 5 0 0 の垂直断面図である。中間構造 1 4 0 0（例えば、図 1 4 参照）において照射されなかった（架橋されなかった）第 2 の量子ドットインク 4 0 2 b の部分は、選択的に除去されてもよい。

【0041】

第3の色変換材料202cが最終素子201に含まれる場合（例えば、LED102がUV LEDである場合）、次に、スピコーティングプロセスを使用して、図14の中間構造1400において照射されなかった複数のビア302内に（すなわち、第1および第2の色変換材料202aおよび202bによって既に充填されていないビア302内に）第3の量子ドットインク402cを堆積させてもよい。上述のように、第3の量子ドットインク402cには、光硬化性ポリマー材料中に懸濁された、第1および第2のサイズおよび／または組成とは異なる第3のサイズおよび組成を有する量子ドットが含まれてもよい。第3の量子ドットインク402cは、以下の図16の参照によりさらに詳細に説明するように、青色光またはUV放射に露光されてもよく、それによって第3の光硬化性ポリマー材料が架橋される。

10

【0042】

図16は、第2の実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造1600の垂直断面図である。中間構造1600は、図15の中間構造1500の上に配置されたLEDアレイ（例えば、図1の中間構造100）を含んでもよい。LEDアレイは、第3の量子ドットインク402cに選択的に照射するための製造ツールとして使用されてもよい。図示のように、第3の複数のLED102cを選択的に作動させて、第3の量子ドットインク402cを青色光または紫外線502で露光してもよい。このようにして、青色光またはUV放射502は第3の量子ドットインク402cを架橋させることができ、それによって第3の色変換材料202cを（例えば、青色のサブピクセルに位置するビア302内）形成する。

20

【0043】

上述のように、図3の中間構造300は、それぞれの実施形態において様々な方法で形成することができる。例えば、基板212およびその中に形成されたビア302を有するマトリクス材料は、ポリマー材料を用いた射出成形プロセスによって形成してもよい。以下に説明する他の実施形態では、基板とマトリクス材料は異なる材料であってもよい。

【0044】

図17は、様々な実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造1700の垂直断面図である。図17に示すように、マトリクス材料は、基板212上に形成されたポジ型感光性ポリマー（すなわち、マトリクス材料）210Lを含んでもよい。基板212は、その上に形成されたポジ型感光性ポリマー210Lを支持するのに十分な機械的強度を有する透明ポリマー材料であってもよい。

30

【0045】

図18は、様々な実施形態による、色変換素子201（例えば、図2参照）の形成に使用され得る更なる中間構造1800の垂直断面図である。これに関して、中間構造1800は、図17の中間構造1700の上または下に配置されたLEDアレイ（例えば、図1の中間構造100）を含んでもよい。LEDアレイは、ポジ型感光性ポリマー210Lの露光部分210Xを選択的に照射するための製造ツールとして使用されてもよい。

【0046】

図示したように、LED102のすべてを作動させ、露光部分210Xを青色光またはUV放射502で露光してもよい。このようにして、青色光またはUV放射502は、ポジ型感光性ポリマー210Lの露光部分210Xを架橋させることができる。次いで、露光部分210Xは溶媒による溶解によって除去されてもよい。露光部210Xの除去後、複数の未露光部210Uが残存し得る。このようにして、マトリクス材料の未露光部分210Uは、図3の中間構造300のマトリクス材料壁210となる。

40

【0047】

図19～図21は、LEDアレイ（例えば、図1の中間構造100）と自立型色変換素子201との間のアライメントの方法を示す図である。図19は様々な実施形態による第1の構成における発光素子200の垂直断面図であり、図20は第2の構成における発光素子200のさらなる垂直断面図であり、図21は、第3の構成における発光素子200

50

のさらなる垂直断面図である。発光素子 200 は、色変換材料 (202a、202b、202c) を含む色変換素子 201 の上または下に配置された LED アレイ (例えば、図 1 の中間構造 100) を含んでもよい。

【0048】

図 19 に示すように、第 1 の色変換材料 202a によって吸収され得る第 1 の入射光子 204a を生成し、第 1 の色 (例えば、赤色) を有する第 1 の変換光子 206a を生成するべく、第 1 の複数の LED 102a を作動してもよい。第 1 の変換光子 206a は、第 1 の変換光子 206a の強度を測定するべく構成された光検出器 (例えば、分光計) 220 で検出されてもよい。

【0049】

ある実施形態によれば、LED アレイ (例えば、図 1 の中間構造 100) に対して色変換素子 201 を位置決めする方法には、LED 102a に対する色変換素子 201 の位置を調整し、それによって第 1 の変換光子 206a の強度を最大にすることが含まれる。本方法には、色変換素子 201 と基板 104 との間の界面に平行な (例えば、保護層 114 の表面に平行な) 二次元平面 (例えば、 $x-z$ 平面) における第 1 の方向 (例えば、 x 方向) 1602 に沿って、第 1 の複数の LED 102a に対する色変換素子 201 の位置の第 1 の関数として、第 1 の変換光子 206a の第 1 の最大強度を求めることが含まれてもよい。本方法には、さらに、色変換素子 201 と基板 104 との間の界面に平行な二次元平面 (例えば、 $x-z$ 平面) における第 2 の方向 (例えば、図 19 の平面への z 方向) に沿って、第 1 の複数の LED 102a に対する色変換素子 201 の位置の第 2 の関数として、第 1 の変換光子 206a の第 2 の最大強度を求めることが含まれてもよい。

【0050】

図 20 に示すように、第 2 の色変換材料 202b によって吸収され得る第 2 の入射光子 204b を生成し、第 2 の色を有する第 2 の変換光子 206b を生成するべく、第 2 の複数の LED 102b を作動してもよい。第 2 の変換光子 206b は、第 2 の変換光子 206b の強度を測定するべく構成された光検出器 220 で検出されてもよい。

【0051】

ある実施形態によれば、LED アレイ (例えば、図 1 の中間構造 100) に対して色変換素子 201 を位置決めする方法には、LED 102b に対する色変換素子 201 の位置を調整し、それによって第 2 の変換光子 206b の強度を最大にすることが含まれる。本方法には、色変換素子 201 と基板 104 との間の界面に平行な (例えば、保護層 114 の表面に平行な) 二次元平面における第 1 の方向 1602 に沿って、第 2 の複数の LED 102b に対する色変換素子 201 の位置の第 3 の関数として、第 2 の変換光子 206b の第 3 の最大強度を求めることが含まれてもよい。本方法には、さらに、色変換素子 201 と基板 104 との間の界面に平行な二次元平面 (例えば、 $x-z$ 平面) における第 2 の方向 (例えば、図 20 の平面への) に沿って、第 2 の複数の LED 102b に対する色変換素子 201 の位置の第 2 の関数として、第 2 の変換光子 206a の第 4 の最大強度を求めることが含まれてもよい。

【0052】

図 21 に示すように、第 3 の色変換材料 202c によって吸収され得る第 3 の入射光子 204c を生成し、第 3 の色を有する第 3 の変換光子 206c を生成するべく、第 3 の複数の LED 102c を作動してもよい。第 3 の変換光子 206c は、第 3 の変換光子 206c の強度を測定するべく構成された検出器で検出されてもよい。

【0053】

ある実施形態によれば、LED アレイ (例えば、図 1 の中間構造 100) に対して色変換素子 201 を位置決めする方法には、LED 102c に対する色変換素子 201 の位置を調整し、それによって第 3 の変換光子 206c の強度を最大にすることが含まれる。本方法には、色変換素子 201 と基板 104 との間の界面に平行な (例えば、保護層 114 の表面に平行な) 二次元平面における第 1 の方向 1602 に沿って、第 3 の複数の LED 102c に対する色変換素子 201 の位置の第 3 の関数として、第 3 の変換光子 206c

の第5の最大強度を求めることが含まれてもよい。本方法には、さらに、色変換素子201と基板104との間の界面に平行な二次元平面（例えば、 $x-z$ 平面）における第2の方向（例えば、図21の平面への）に沿って、第3の複数のLED102cに対する色変換素子201の位置の第2の関数として、第3の変換光子206cの第6の最大強度を求めることが含まれてもよい。

【0054】

上述した方法により、第1の最大強度、第2の最大強度、第3の最大強度、第4の最大強度、第5の最大強度、および第6の最大強度にそれぞれ対応する第1の位置、第2の位置、第3の位置、第4の位置、第5の位置、および第6の位置が求められる。その後、第1の位置、第2の位置、第3の位置、第4の位置、第5の位置、および第6の位置を平均して、LEDアレイに対する色変換素子201の最適な位置を求めることができる。

10

【0055】

あるいは、第1の色の強度を最大にする第1の位置が求められ、第2の色の強度を最大にする第2の位置が求められ、第3の色の強度を最大にする第3の位置が求められてもよい。第1の位置、第2の位置、および第3の位置は、それぞれ、複数のLEDに対する色変換素子201の相対的な二次元位置を示し得る。そして、色変換素子201の最適な位置は、第1の位置、第2の位置および第3の位置を平均化することによって求めてもよい。このように、各色について得られた平面内の2つの垂直方向に沿った2つの位置は、各色の強度を最大にする単一点の2次元座標となる。

【0056】

20

さらなる実施形態では、本方法には、LEDのアレイに対する色変換素子201の配向角度（図示せず）を調整することが含まれてもよい。例えば、二次元平面内の固定位置に対して、色変換素子201は、色変換素子201と基板104との間の界面に平行な平面（例えば、 $x-y$ 平面）に対して傾けられてもよい。変換光子の第1の色の強度を最大にする第1の方位角を求めてもよく、変換された光子の第2の色の強度を最大にする第2の方位角を求めてもよく、変換された光子の第3の色の強度を最大にする第3の方位角を求めてもよい。その後、LEDアレイに対する色変換素子201の最適な配向が、第1の配向角度、第2の配向角度、および第3の配向角度に基づいて決定されてもよい。

【0057】

自立型色変換素子201がLED102のアレイに対して最適な位置に位置合わせされた後、色変換素子201は、接着剤および／または機械的取り付け機能（例えば、クランプ、ブラケット、ハウジングなど）を使用してLED102のアレイに取り付けられる。このように、自立型色変換素子201は、色変換素子の層がLEDの上に1つずつ堆積される場合よりも、LED102に対するアライメントを改善することができ、製造後のアライメント工程が不要となる。

30

【0058】

図22は、種々の実施形態による、ある構成でのパッケージ化された発光素子2200の垂直断面図である。酸化シリコンまたはポリマーなどの光学的に透明な絶縁充填材216が、LED102間に形成されてもよい。発光素子2200には、可視光に対して透明であるか、または可視光に対して透明である窓をその上部に有する筐体（例えば、パッケージ）218が含まれる。パッケージ218はポリマー材料から構成されてもよい。上述した光学アライメント工程の後、パッケージ218は自立型色変換素子201とLEDアレイ100とを共に保持する。

40

【0059】

ある実施形態では、自立型色変換素子201とLEDアレイ100とのアライメントを行うために、アライメント突起220が使用されてもよい。突起220は、LEDアレイ100の上面に配置されてもよく、自立型色変換素子201の底面のそれぞれの溝に挿入されてインターロックパターンを形成してもよい。あるいは、突起220は、自立型色変換素子201の上面に位置し、LEDアレイ100の底面のそれぞれの溝に挿入されてもよい。あるいは、突起は両方の表面に位置し、対向する表面の対向する溝に挿入される。

50

【図 3】

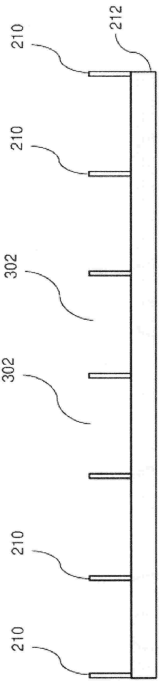


FIG. 3

【図 4】

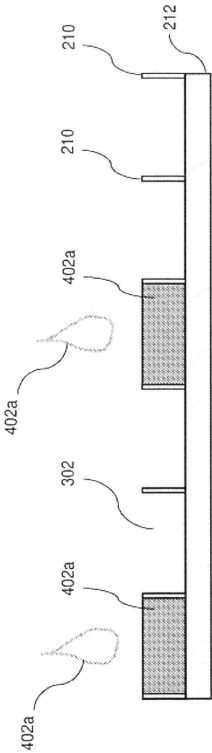


FIG. 4

【図 5】

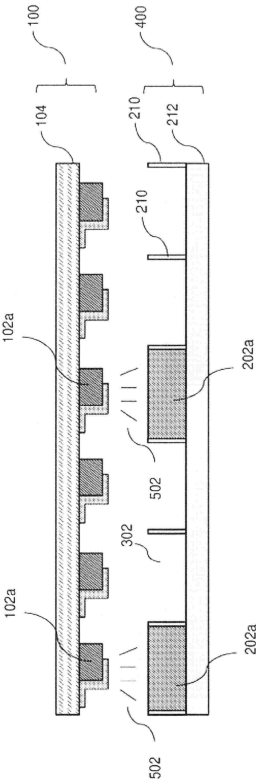


FIG. 5

【図 6】

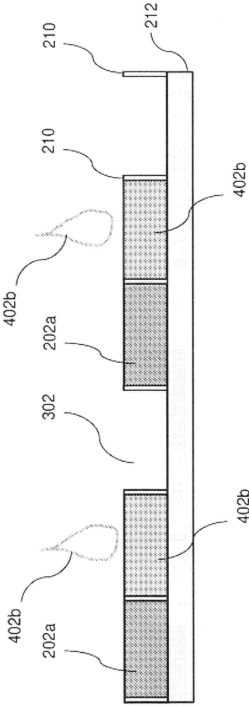


FIG. 6

10

20

30

40

50

【図 7】

700

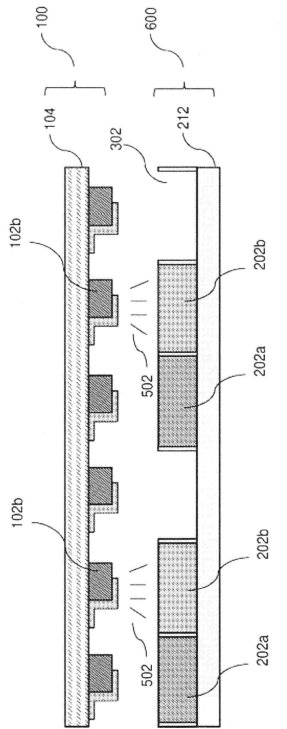


FIG. 7

【図 8】

800

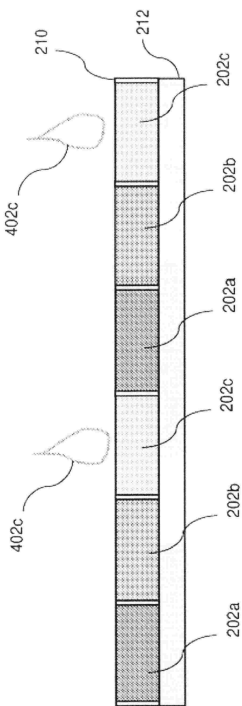


FIG. 8

【図 9】

900

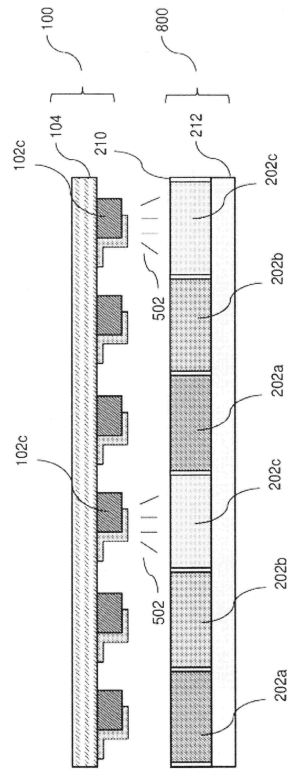


FIG. 9

【図 10】

201

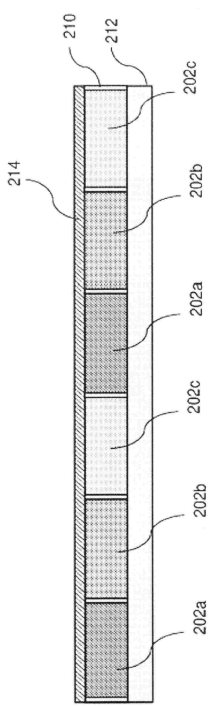


FIG. 10

【図 1 1】

1100

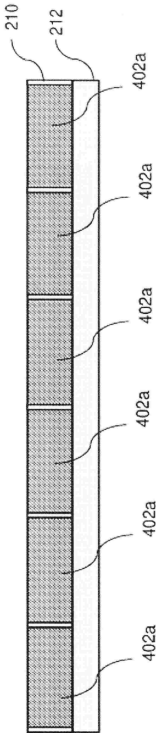


FIG. 11

【図 1 2】

1200

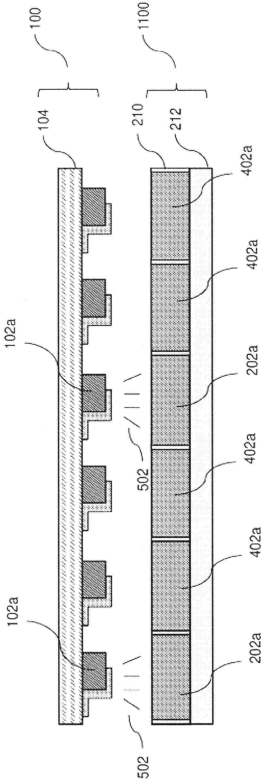


FIG. 12

【図 1 3】

1300

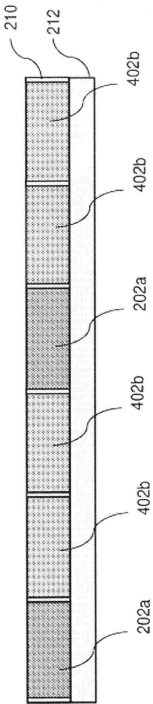


FIG. 13

【図 1 4】

1400

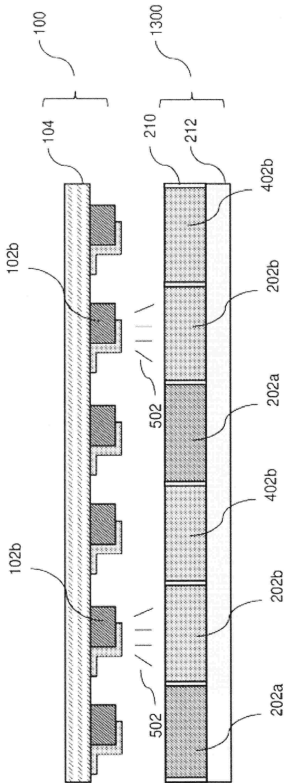


FIG. 14

10

20

30

40

50

【図 15】

1500

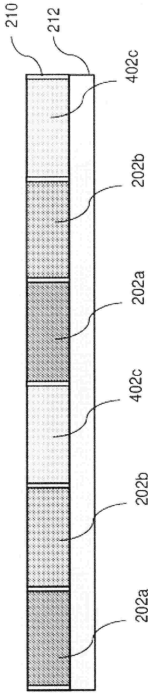


FIG. 15

【図 16】

1600

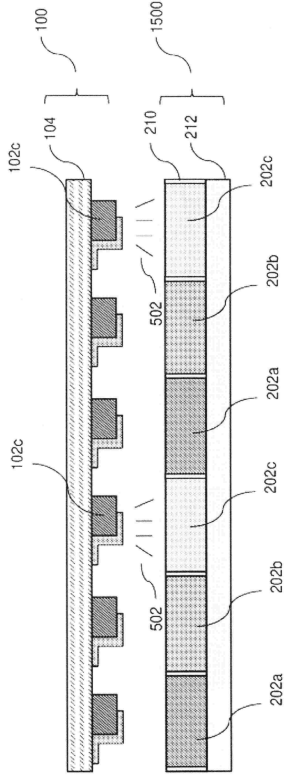


FIG. 16

【図 17】

1700

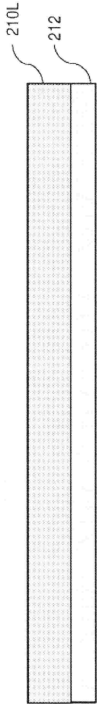


FIG. 17

【図 18】

1800

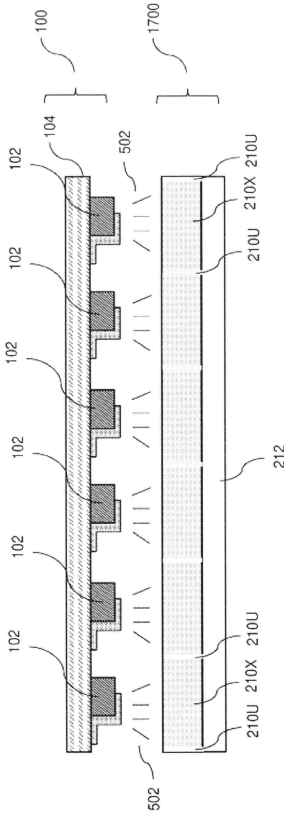
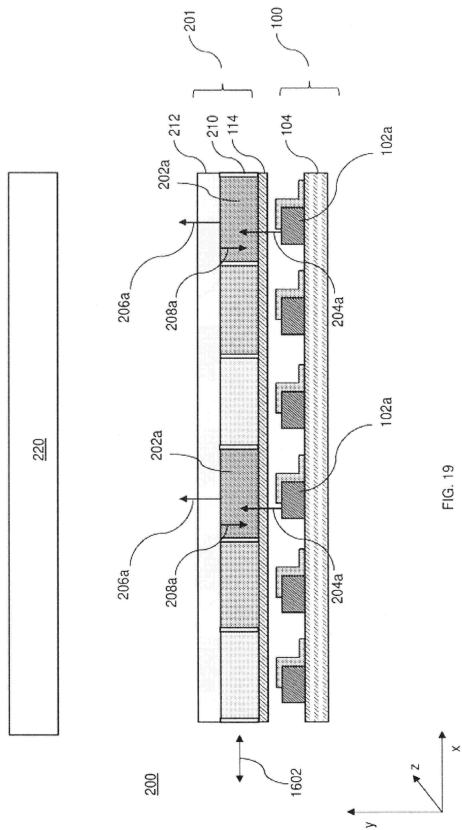
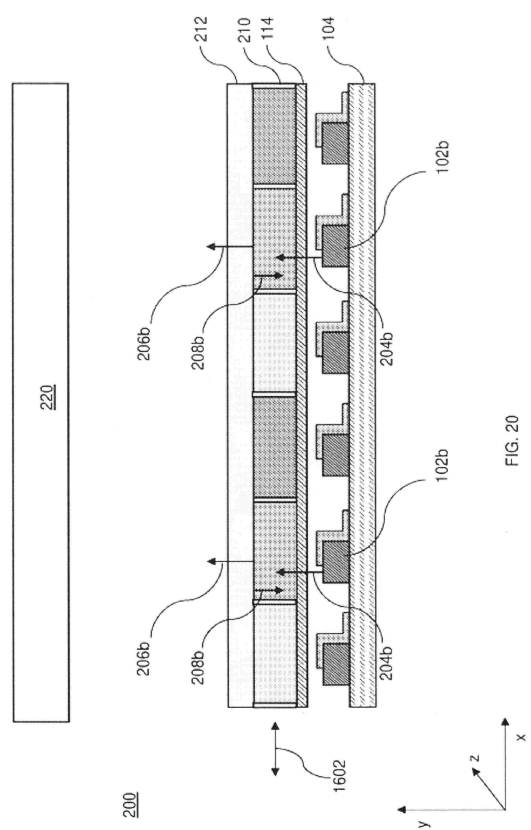


FIG. 18

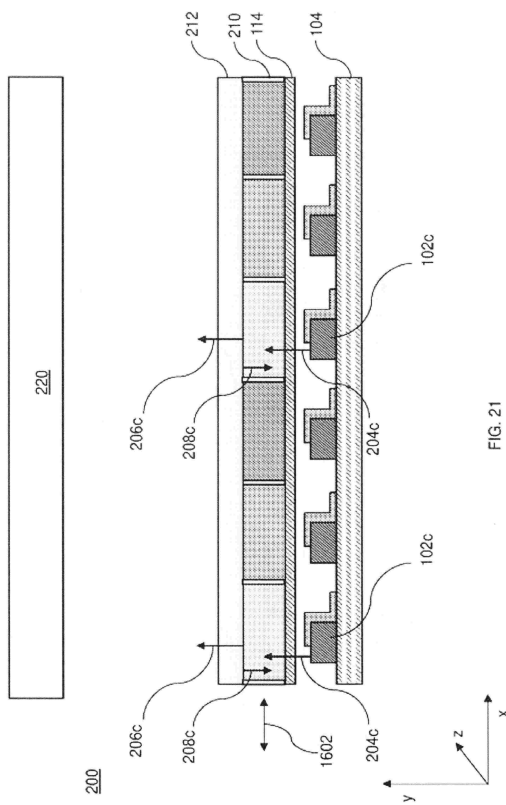
【図 19】



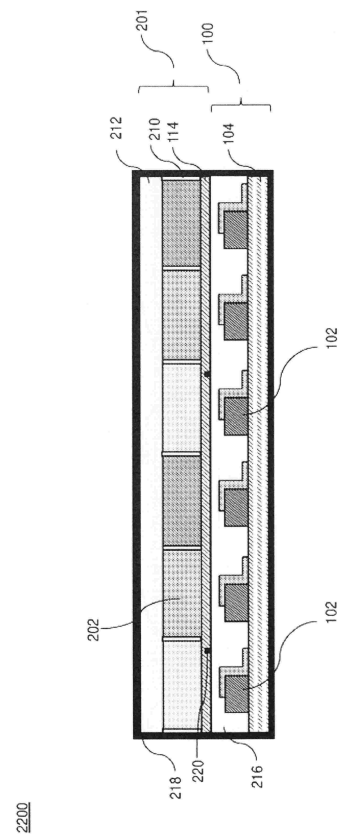
【図 20】



【図 2 1】



【図 22】



【図 23】

2300

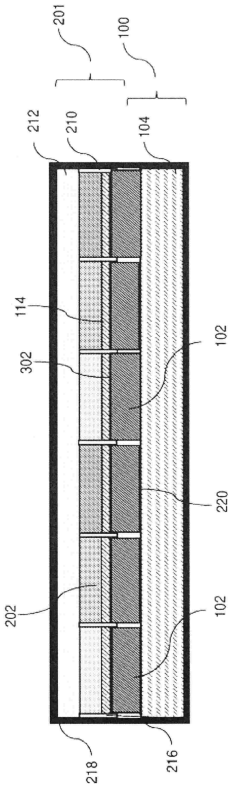


FIG. 23

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2023/018311
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 33/50(2010.01); H01L 33/56(2010.01); H01L 33/48(2010.01); H01L 25/075(2006.01); 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 33/50(2010.01); G02F 1/1335(2006.01); H01L 25/075(2006.01); H01L 27/15(2006.01); H01L 27/32(2006.01); H01L 33/38(2010.01); H01L 33/58(2010.01); H01L 51/52(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: light emitting device, free standing support, vias, photocurable quantum dot ink, light emitting diode, curing, attaching, alignment		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111490090 A (SHANGHAI TIANMA MICRO-ELECTRONICS CO., LTD.) 04 August 2020 (2020-08-04) paragraphs [0049]-[0054], [0063]-[0066], [0091], [0094]-[0095], [0100]-[0101]; and figures 5-6, 16, 18	14-20
Y		1-13
Y	US 2020-0365774 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0036]-[0056], [0060], [0066]; claims 1-3, 5, 13-15; and figures 3A-4C	1-13
A	WO 2021-249075 A1 (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 16 December 2021 (2021-12-16) claims 1-2, 9, 11, 13-15; and figures 4, 6-7	1-20
A	CN 114038984 A (GIS TECHNOLOGY (CHENGDU) CO., LTD. et al.) 11 February 2022 (2022-02-11) paragraph [0071]; and figure 9	1-20
☒ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 07 August 2023		Date of mailing of the international search report 07 August 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer PARK, Hye Lyun Telephone No. +82-42-481-3463

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

International application No.

PCT/US2023/018311

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114141809 A (SHENZHEN HUAXING OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR DISPLAY TECHNOLOGY LIMITED COMPANY) 04 March 2022 (2022-03-04) paragraphs [0045]-[0047]; and figures 1-3	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/US2023/018311

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
CN	111490090	A	04 August 2020	CN	111490090	B		16 December 2022	
US	2020-0365774	A1	19 November 2020	CN	114207815	A		18 March 2022	
				EP	3970189	A1		23 March 2022	
				JP	2022-533054	A		21 July 2022	
				JP	7300009	B2		28 June 2023	
				KR	10-2021-0153162	A		16 December 2021	
				TW	202107697	A		16 February 2021	
				TW	202145553	A		01 December 2021	
				TW	I739412	B		11 September 2021	
				US	11094530	B2		17 August 2021	
				US	2021-0358742	A1		18 November 2021	
				WO	2020-232229	A1		19 November 2020	
WO	2021-249075	A1	16 December 2021	CN	111580301	A		25 August 2020	
				CN	111580301	B		12 July 2022	
				CN	113784506	A		10 December 2021	
				US	11363174	B2		14 June 2022	
				US	2021-0392246	A1		16 December 2021	
				US	2023-0174857	A1		08 June 2023	
				WO	2021-249313	A1		16 December 2021	
				WO	2021-249437	A1		16 December 2021	
				WO	2021-249503	A1		16 December 2021	
CN	114038984	A	11 February 2022	CN	114038984	B		31 March 2023	
				TW	I793903	B		21 February 2023	
				US	2023-0178521	A1		08 June 2023	
CN	114141809	A	04 March 2022	None					

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

,MC,ME,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,C
O,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,I
R,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,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
,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

栄化学工業株式会社内

(72)発明者 オルマイヤー，デイビッド

東京都新宿区西新宿 2 丁目 1 番 1 号 昭栄化学工業株式会社内

F ターム (参考) 5F142 BA32 CA11 CB23 CD02 DA13 DA15 DA23 DA36 DA64 DB24
GA02