

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-36719

(P2019-36719A)

(43) 公開日 平成31年3月7日 (2019.3.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 33/08 (2010.01)	H O 1 L 33/08	5 F 2 4 1
H O 1 L 33/24 (2010.01)	H O 1 L 33/24	
H O 1 L 33/32 (2010.01)	H O 1 L 33/32	
H O 1 L 33/44 (2010.01)	H O 1 L 33/44	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2018-135218 (P2018-135218)	(71) 出願人	593096712
(22) 出願日	平成30年7月18日 (2018.7.18)		インテル コーポレーション
(31) 優先権主張番号	15/681, 247		アメリカ合衆国 95054 カリフォル
(32) 優先日	平成29年8月18日 (2017.8.18)		ニア州 サンタ クララ ミッション カ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		レッジ ブールバード 2200
		(74) 代理人	100107766
			弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100091214
			弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

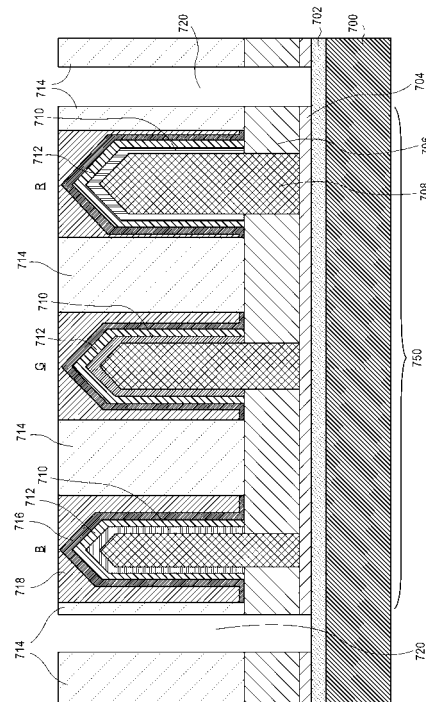
(54) 【発明の名称】 マイクロ発光ダイオード (LED) 素子及びディスプレイ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】マイクロ発光ダイオード (LED) ディスプレイ及びアセンブリ装置を開示する。

【解決手段】マイクロ発光ダイオード (LED) ディスプレイパネルのピクセル素子750は、第1の色のナノワイヤLEDと、第1の色とは異なる第2の色のナノワイヤLEDと、一対の、第1及び第2の色とは異なる第3の色のナノワイヤLEDとを含む。連続した絶縁材料層714が、第1の色のナノワイヤLED、第2の色のナノワイヤLED、及び一対の第3の色のナノワイヤLEDを横方向で取り囲んでいる。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マイクロ発光ダイオード（LED）ディスプレイパネルのピクセル素子であって、
第 1 の色のナノワイヤLEDと、
前記第 1 の色とは異なる第 2 の色のナノワイヤLEDと、
一对の、前記第 1 及び第 2 の色とは異なる第 3 の色のナノワイヤLEDと、
前記第 1 の色のナノワイヤLED、前記第 2 の色のナノワイヤLED、及び前記一对の
第 3 の色のナノワイヤLEDを横方向で取り囲む連続した絶縁材料層と、
を有するピクセル素子。

【請求項 2】

前記第 1 の色は赤色であり、前記第 2 の色は緑色であり、前記第 3 の色は青色である、
請求項 1 に記載のピクセル素子。

10

【請求項 3】

前記第 1 の色は赤色であり、前記第 2 の色は青色であり、前記第 3 の色は緑色である、
請求項 1 に記載のピクセル素子。

【請求項 4】

前記第 1 の色は青色であり、前記第 2 の色は緑色であり、前記第 3 の色は赤色である、
請求項 1 に記載のピクセル素子。

【請求項 5】

前記第 1 の色のナノワイヤLED、前記第 2 の色のナノワイヤLED、及び前記一对の
第 3 の色のナノワイヤLEDは、平面図で見て 2×2 配列を有する、請求項 1 に記載のピ
クセル素子。

20

【請求項 6】

前記第 1 の色のナノワイヤLED、前記第 2 の色のナノワイヤLED、及び前記一对の
第 3 の色のナノワイヤLEDは、窒化ガリウム（GaN）コアを有する、請求項 1 に記載
のピクセル素子。

【請求項 7】

前記第 1 の色のナノワイヤLED、前記第 2 の色のナノワイヤLED、及び前記一对の
第 3 の色のナノワイヤLEDは、窒化インジウムガリウム（InGaN）シェルを有する
、請求項 6 に記載のピクセル素子。

30

【請求項 8】

前記連続した絶縁材料層は、酸化シリコン、又は炭素ドーブされた二酸化シリコンを有
する、請求項 1 に記載のピクセル素子。

【請求項 9】

基板の上のGaNナノワイヤと、
前記GaNナノワイヤ上のInGaNシェル層と、
前記InGaNシェル層上のInGaN活性層であり、前記InGaNシェル層よりも
高濃度のInを有するInGaN活性層と、
を有する赤色発光ダイオード構造。

【請求項 10】

前記InGaNシェル層は、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料の層である、請求項 9 に記載
の赤色発光ダイオード構造。

40

【請求項 11】

前記InGaN活性層は、 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料の層である、請求項 10 に記載
の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 12】

前記InGaN活性層上のクラッド層であり、p型GaN又はp型ZnOを有するクラ
ッド層、を更に有する請求項 9 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 13】

前記InGaN活性層は、610 - 630 ナノメートルの範囲内の波長を発する、請求

50

項 9 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 14】

前記基板は、シリコン基板又はサファイア基板である、請求項 9 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 15】

基板の上の InGa_{0.2}N ナノワイヤと、
前記 InGa_{0.2}N ナノワイヤ上の InGa_{0.2}N 活性層であり、前記 InGa_{0.2}N ナノワイヤよりも高濃度の In を有する InGa_{0.2}N 活性層と、
を有する赤色発光ダイオード構造。

【請求項 16】

前記 InGa_{0.2}N ナノワイヤは、In_{0.2}Ga_{0.8}N 材料のナノワイヤである、請求項 15 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 17】

前記 InGa_{0.2}N 活性層は、In_{0.4}Ga_{0.6}N 材料の層である、請求項 16 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 18】

前記 InGa_{0.2}N 活性層上のクラッド層であり、p 型 GaN 又は p 型 ZnO を有するクラッド層、を更に有する請求項 15 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 19】

前記 InGa_{0.2}N 活性層は、610 - 630 ナノメートルの範囲内の波長を発する、請求項 15 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【請求項 20】

前記基板は、シリコン基板又はサファイア基板である、請求項 15 に記載の赤色発光ダイオード構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、マイクロ LED ディスプレイの分野にある。

【背景技術】

【0002】

マイクロスケールの発光ダイオード (LED) を有するディスプレイが、マイクロ LED、mLED、及び μ LED として知られている。名前が暗示するように、マイクロ LED ディスプレイは、個々のピクセル素子を形成するマイクロ LED のアレイを有する。

【0003】

ピクセルは、ディスプレイスクリーン上の微小な照明領域とすることができ、そのうちの多数のもので画像が構成される。換言すれば、ピクセルは、一緒になってディスプレイ上に画像を構成する小さい個別素子とし得る。これらの主として正方形又は長方形の形状をしたユニットが、画像内の情報の最小アイテムであり得る。ピクセルは通常、2次元 (2D) グリッドにて配列され、点、正方形、又は長方形を用いて表現される。ピクセルは、幾何学座標を有した、ディスプレイ又はデジタル画像の基本ビルディングブロックとし得る。

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図 1】本開示の一実施形態に従った、ディスプレイボンダー装置の概略の断面図を例示している。

【図 2A】図 2A - 2C、2D1、2D2、及び 2E は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は RGB チップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 2B】図 2A - 2C、2D1、2D2、及び 2E は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は RGB チップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転

10

20

30

40

50

写する方法の断面図を例示している。

【図 2 C】図 2 A - 2 C、2 D 1、2 D 2、及び 2 E は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 2 D (1)】図 2 A - 2 C、2 D 1、2 D 2、及び 2 E は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 2 D (2)】図 2 A - 2 C、2 D 1、2 D 2、及び 2 E は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 2 E】図 2 A - 2 C、2 D 1、2 D 2、及び 2 E は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 3】本開示の他の一実施形態に従った、他のディスプレイボンダー装置の概略の断面図を例示している。

【図 4 A】図 4 A - 4 D は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをシリコンウエハからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 4 B】図 4 A - 4 D は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをシリコンウエハからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 4 C】図 4 A - 4 D は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをシリコンウエハからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 4 D】図 4 A - 4 D は、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又は R G B チップをシリコンウエハからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【図 5】本開示の一実施形態に従った、R G B ピクセル (チップ) を転写するためにキャリアプレートウエハ又はシリコンウエハの上でディスプレイバックプレーンがどのように移動されるかと、対応するピクセル領域とを示す平面図を例示している。

【図 6】本開示の一実施形態に従った、様々な条件下で計算したウエハ当たりのディスプレイ数を示す表である。

【図 7】本開示の一実施形態に従った、3つのナノワイヤ L E D を有する R G B チップの断面図を例示している。

【図 8 A】本開示の一実施形態に従った、G a N ナノワイヤベースの L E D の断面図を、L E D の特定の層をハイライトして例示している。

【図 8 B】本開示の一実施形態に従った、I n G a N ナノワイヤベースの L E D の断面図を、L E D の特定の層をハイライトして例示している。

【図 8 C】本開示の一実施形態に従った、G a N ナノピラミッドベースの L E D の断面図を、L E D の特定の層をハイライトして例示している。

【図 8 D】本開示の一実施形態に従った、G a N アキシャルナノワイヤベースの L E D の断面図を、L E D の特定の層をハイライトして例示している。

【図 9】本開示の一実施形態に従った、R G B ディスプレイ製造プロセスを例示するフロー図である。

【図 1 0】本開示の一実施形態に従った、バックプレーンにおける L E D ピクセルの流体セルフアセンブリの概略を例示している。

【図 1 1】本開示の一実施形態に従った、異なる着地方向の L E D ピクセルを持つ図 1 0 のバックプレーンを例示している。

【図 1 2】本開示の一実施形態に従った、マイクロ L E D 用の流体セルフアセンブリ装置の概略図を例示している。

10

20

30

40

50

【図 1 3】本開示の一実施形態に従った、(a) 機能しない L E D の特定、及び (b) 機能する L E D の流体中への懸濁を例示している。

【図 1 4】本開示の一実施形態に従った、その中に微小溝 1 4 0 2 を有するキャリア 1 4 0 0 の斜視図を例示している。

【図 1 5】本開示の一実施形態に従った、流体セルフアセンブリを用いてマイクロ L E D チップが一時的なキャリアプレートの微小溝内に捕獲された後に、一時的なキャリアプレート内のマイクロ L E D チップをディスプレイバックプレーンのマイクロバンプに接合するプロセスの断面図を例示している。

【図 1 6】本開示の一実施形態に従った、バックプレーンの微小溝内に直接的にマイクロ L E D チップをアセンブリするプロセスの断面図を例示している。

【図 1 7】本開示の一実施形態に従った、電気泳動を伴うアセンブリアプローチにおける様々な処理の断面図を例示している。

【図 1 8】本開示の一実施形態に従ったディスプレイアーキテクチャの模式図である。

【図 1 9】本開示の一実施形態に従った、ディスプレイを有するエレクトロニクス装置である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 5 】

マイクロ発光ダイオード (L E D) ディスプレイ及びアセンブリ装置が記述される。以下の説明において、以下の説明では、本開示の実施形態の完全なる理解を提供するために、例えば特定の材料及び構造レジームなどの数多くの具体的詳細事項が説明される。当業者に明らかになるように、本開示の実施形態は、これらの具体的詳細事項を用いずに実施されてもよい。また、本開示の実施形態をいたずらに不明瞭にしないために、例えばシングルダマシンプロセス又はデュアルダマシンプロセスなどの周知の機構は詳細には説明されない。さらに、理解されるべきことには、図面に示された様々な実施形態は、例示的な表現であり、必ずしも縮尺通りに描かれていない。一部のケースでは、様々な処理が、複数の別個の処理として説明され、それにより、本開示を理解する際に非常に役立つように説明されるが、説明の順序は、それらの処理が必然的に順序依存であることを意味するものとして解釈されるべきでない。特に、それらの処理は、提示の順序で実行される必要はない。

【 0 0 0 6 】

特定の用語も、以下の説明では、参考の目的だけのために使用されることがあり、それ故に、限定することを意図したものではない。例えば、“上側”、“下側”、“上方”、“下方”、及び“底部”及び“頂部”などの用語は、参照される図の中での方向を指す。例えば“前”、“後ろ”、“後方”、及び“側方”などの用語は、説明されているコンポーネントを記載しているテキスト及び関連する図を参照することによって明らかになる一貫しているが恣意的である基準フレームの中での、コンポーネントの向き及び/又は位置を記述するものである。そのような用語は、具体的に上述した単語、その派生語、及び同様の意味の単語を含み得る。

【 0 0 0 7 】

ここに記載される 1 つ以上の実施形態は、例えば集中型のモビリティコンピューティング装置用などの、低電力マイクロ L E D ディスプレイの製造に向けられる。一実施形態において、ここに記載されるマイクロ L E D ディスプレイは、有機 L E D (O L E D) ディスプレイと比較して 1 / 2 の少なさの電力のみを消費する。このような電力消費における低減は、およそ 8 時間の追加のバッテリー寿命を提供し得る。このようなプラットフォームは、低電力消費の中央演算処理ユニット (C P U) に基づくプラットフォームよりも優れることさえある。ここに記載される実施形態は、以下に限られないが例えば高い製造歩留り、高い製造スループット (時間当たりのディスプレイ)、及び 2 インチから 1 1 インチの範囲に及ぶ対角線寸法を持つディスプレイに適用可能であることなどの、1 つ以上の利点を伴い得る。

【 0 0 0 8 】

背景を提供するに、マイクロLEDディスプレイを製造するための1つの現行アプローチは、ソースからターゲットへの直接移送を必要とする。マイクロLEDデバイスは、ソースウエハ上で製造され、その後、ターゲット基板に直接的に移送され、そこでマイクロLEDデバイスが駆動エレクトロニクスとともにアセンブリされて、ディスプレイが提供される。しかしながら、このアプローチは、適合性(コンプライアンス)に欠けており、関連するトポグラフィが、3色又はそれより多くの色の移送に伴う多数の受け渡しで問題となり得る。別の1つの現行アプローチは、スタンプを用いた移送を必要とする。例えば、スタンプが、ソースウエハから拾い上げてターゲット基板への移送を行い、そこでマイクロLEDが駆動エレクトロニクスとともにアセンブリされて、ディスプレイが提供される。しかしながら、このアプローチは、ピックアップ機構、ボンド機構、及びリリース機構を必要とする。このアプローチは、典型的に遅くて高価であるとともに、特有のツールを必要とする。

10

20

30

40

50

【0009】

更なる背景を提供するに、無機マイクロLED(μ LED)に基づくディスプレイは、例えばヘッドマウントディスプレイ及び腕時計などの新興のポータブルエレクトロニクス及びウェアラブルコンピュータでの適用に関して、ますます多くの注目を集めている。マイクロLEDは典型的に、先ず、(例えば)サファイア又はシリコンのウエハ上で製造され、その後、アクティブマトリクス薄膜トランジスタがその上に製造されているディスプレイバックプレーンガラス基板上に移送される。そのような移送後の許容可能な欠陥密度は、およそ1ppmである。この低欠陥密度要求は、所謂“冗長戦略”である各色(赤、緑及び青)に対して2つのマイクロLEDを移送することによって達成され得る。しかしながら、より多くのマイクロLEDを冗長性のために移送することは、より高い製造コストをもたらす。

【0010】

本発明の一実施形態によれば、コスト及び欠陥の双方の要求に対処し、モノリシックの赤、緑及び青ピクセルがウエハ上に製造され、その後、異なる色を持つ個々のマイクロLEDを移送するのとは対照的に、全体ピクセルとして移送される。ここで説明されるように、ソースウエハが、個々の赤緑青(RGB)ピクセル(チップ)をその上に持つように製造される。その後、ウエハ間(ウエハ・ツー・ウエハ)ボンディング装置及びプロセス技術を使用して、直接的に又は中間キャリアプレートを介しての何れかで、ソースウエハからターゲットのディスプレイバックプレーン基板にマイクロLEDが転写される。

【0011】

第1の例において、図1は、本開示の一実施形態に従った、ディスプレイボンダー装置100の概略の断面図を例示している。

【0012】

図1を参照するに、ディスプレイボンダー装置100は、ディスプレイバックプレーン基板104を第1の位置106に保持する第1の支持体102を含んでいる。第2の支持体108は、キャリアプレート110を第2の位置112に保持するためのものである。第2の位置112は、第1の位置106の上にある。一実施形態において、第2の支持体108にピストン114が結合される。ピストン114は、キャリアプレート110を第2の位置112から第1の位置106に向けて動かすためのものである。更なる一実施形態において、ピストン114は、発光ダイオード(LED)ピクセル素子118をキャリアプレート110から転写してディスプレイバックプレーン基板104上の金属パンプ120に接合させるように、キャリアプレート110に力116を加える。

【0013】

一実施形態において、キャリアプレート110は、RGBマイクロLEDチップが貼り付けられる接着層(例えば、感圧接着剤)を用いて、マイクロLED118を保持する。この接着層は、マイクロLED金属コンタクトとバックプレーン金属パンプ120とが互いに対向するように、金属パンプ120を持つディスプレイバックプレーン基板104と接触させられる。一実施形態において、このボンディングプロセスは、これら2つの基板

(キャリアプレート及びディスプレイ基板)を互いに平行に向けることと、キャリアプレート110の外側表面に力116を加えることによってこれら2つの基板を共に圧縮することとを伴う。力116は通常、ピストン型の機構を用いてスタックの中心に印加される。ボンダー装置100は、精密なボンディングを提供し得るとともに、1つの基板対を1回でボンディングするのに好適であり得る。このボンディング装置は、真空チャンバ(又は制御された雰囲気)及びアライナを備え得る。基板104及び110は、アライナにてアライメントされ、制御された雰囲気のチャンバ内にロードされ、そして、互いに接合され得る。

【0014】

一実施形態において、ディスプレイボンダー装置100を転写プロセスにて用いて、マイクロLEDのアレイ全体が感圧接着剤(PSA)コートされたキャリアプレートに接合され、そして、該キャリアプレートがターゲット基板に近接してアライメントされる。次いで、熱圧着ボンディング(TCB)を用いて、マイクロLEDがターゲット基板上の金属パッド bumps に接合される。ソースウエハから第1のターゲットディスプレイ基板へのマイクロLED RGBチップの転写後、例えば機械的な力を用いて、PSAキャリアプレートからマイクロLED RGBチップが取り外される(剥離される)。ソースウエハから新たなRGBチップを拾い上げて第2のターゲットディスプレイ基板に接合するために、ソースウエハ上のRGBチップピッチに実質的又は正確に等しい位置だけずらして、第2のターゲットディスプレイ基板がキャリアプレートの近傍に持ち込まれる。一実施形態において、赤外線イメージング、又はウエハ間ボンダーに一般的なその他の光学的若しくは機械的なアライメントアプローチを用いて、適切なアライメントが実行される。

【0015】

図2A-2C、2D1、2D2、及び2Eは、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又はRGBチップをキャリアプレートからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

【0016】

図2Aを参照するに、ウエハ201(例えばシリコンウエハなど)からキャリアプレート202に(例えば、キャリアプレート202上の感圧接着剤層204に)、全てのマイクロLED200が転写される。次いで、図2Bに描かれるように、キャリアプレート202がディスプレイバックプレーン206に対してアライメントされる(例えば、ディスプレイバックプレーン206の金属 bumps 208に対してアライメントされる)。図2Cを参照するに、アライメントされたマイクロLED200及び金属 bumps 208に対して、熱圧着ボンディングが実行される。一実施形態において、図2D1を参照するに、機械的な力を用いて、接合されたマイクロLEDチップ200がキャリアプレート202から取り外される。他の一実施形態において、図2D2を参照するに、ディスプレイバックプレーンの bumps 208のパターンとアライメントされたマスク222を通過したUV光220を用いて、接合されたマイクロLEDチップ200がキャリアプレート202から取り外される。一実施形態において、図2Eを参照するに、機械的な取り外し又はUVにより取り外しの何れかに続いて、残っているマイクロLEDチップ200が、新たなディスプレイバックプレーン230に対してアライメントされる。

【0017】

一実施形態において、熱圧着ボンディングは、25 から430 の範囲内の温度で、且つ1MPa-2MPaの範囲内の圧力で実行される。一実施形態において、キャリアプレート202上に感圧接着剤層204がコートされる。一実施形態において、この接着剤は、高い熱抵抗性(例えば、高温結合力)を持つとともに、厳しい条件下で高い接着性を持つものである。用語“感圧接着剤”は、表面に接着されることができ、なおも、その表面に微量を超える接着剤を転写することなくその表面から剥がされることができ、そして更に、接着剤がその粘着力及び接着強度の一部又は全てを保持するが故に同じ又は別の表面に再接着され得るような接着剤を指すように使用され得る。特定の一実施形態において、シリコン感圧接着剤が使用される。

10

20

30

40

50

【0018】

上述のアプローチの特定の一実施形態において、“マザーウエハ”から薄膜トランジスタ(TFT)バックプレーンにマイクロLEDが転写される。マイクロLEDウエハ(例えば、シリコン)は、デバイス側で、“導電性接着剤”又は金属粒子を有する接着剤でコートされた“透明”キャリアプレートに接合される。マイクロLEDを保持するSiウエハの背面が赤外IRレーザで照射されて、全てのマイクロLEDがキャリアプレートへとリリースされる。IRレーザは、ナノワイヤLEDを成長させるための核生成層として使用される導電層を焼灼する。導電性の核生成層は、基板からデバイスを剥離するために低パワーの中赤外(ミッドIR)放射を用いて実質的又は完全に焼灼される(気化される)ことができるリリース可能層として機能し得る。マイクロLEDの露出側に、例えばCu、Au又はSnなどの金属が堆積される。キャリアプレートとTFTバックプレーンとのアライメントが実行され、熱圧着ボンディングプロセスに続く。TFTバックプレーンに接合されたマイクロLED上に局所的に、透明キャリアプレートを介して、パルス状のIR又はUVレーザビームを用いた照射が実行され得る。キャリアプレートからTFTバックプレーンへとマイクロLEDがリリースされる。

10

【0019】

他の一実施形態において、RGBピクセル(チップ)を有するソースウエハが提供される。ウエハ間(ウエハ・ツー・ウエハ)ボンディング装置及びプロセス技術を使用して、直接的に、ソースウエハからターゲットのディスプレイバックプレーン基板にマイクロLEDが転写される。

20

【0020】

第2の例において、図3は、本開示の他の一実施形態に従った、他のディスプレイボンダー装置の概略の断面図を例示している。

【0021】

図3を参照するに、ディスプレイボンダー装置300は、ディスプレイバックプレーン基板304を第1の位置306に保持する第1の支持体302を含んでいる。第2の支持体308は、シリコンウエハ310を第2の位置312に保持するためのものである。第2の位置312は、第1の位置306の上にある。一実施形態において、第1の支持体302にピストン314が結合される。ピストン314は、ディスプレイバックプレーン基板304を第1の位置306から第2の位置312に向けて動かすためのものである。さらに、ピストン314は、シリコンウエハ310上の発光ダイオード(LED)ピクセル素子318をディスプレイバックプレーン基板304上の金属バンプ320に接合させるように、ディスプレイバックプレーン基板304に力316を加える。一実施形態において、このディスプレイボンダー装置は更に、第2の支持体308に結合された赤外線照射源330を含む。

30

【0022】

一実施形態において、ディスプレイボンダー装置300を転写プロセスにて用いて、マイクロLED金属コンタクトとバックプレーン金属バンプとが互いに対向するように、マイクロLEDソースウエハが、金属バンプを持つディスプレイ基板と接触させられる。このボンディングプロセスは、これら2つの基板(ソースウエハ及びディスプレイ基板)を互いに平行に向けることと、ディスプレイ基板の外側表面に力316を加えることによってこれら2つの基板を共に圧縮することとを伴う。力316は、ピストン型の機構を用いてディスプレイ基板の中心に印加され得る。ボンダー装置300は、精密なボンディングを提供し得るとともに、1つの基板対を1回でボンディングするのに好適であり得る。このボンディング装置は、真空チャンバ(又は制御された雰囲気)及びアライナを備え得る。これらの基板は、アライナにてアライメントされ、制御された雰囲気のチャンバ(真空/その他)内にロードされ、その後、互いに接合され得る。

40

【0023】

図4A-4Dは、本開示の一実施形態に従った、ピクセル素子又はRGBチップをシリコンウエハからディスプレイバックプレーンに転写する方法の断面図を例示している。

50

【0024】

図4Aを参照するに、その上にマイクロLEDピクセル素子402を有するシリコンウエハ400が、例えばディスプレイ薄膜トランジスタ(TFT)バックプレーンなどのバックプレーン408の金属パンプ406とアライメントされる。そして、図4Bに描かれるように、アライメントされたマイクロLEDピクセル素子402及び金属パンプ406に対して、熱圧着ボンディングが実行される。一実施形態において、熱圧着ボンディングは、25 から430 の範囲内の温度で、且つ1MPa - 2MPaの範囲内の圧力で実行される。図4Cを参照するに、バックプレーン408の金属パンプ406とアライメントされたマスク422を通過したIR光420を用いて、接合されたマイクロLEDピクセル素子402がシリコンウエハ400から取り外される。一実施形態において、図4Dを参照するに、残っているマイクロLEDピクセル素子402が、新たなディスプレイバックプレーン430に対してアライメントされる。

10

【0025】

上述のアプローチの特定の一実施形態において、ボンダーツール300内で、ソースウエハがターゲット基板に近接してアライメントされる。次いで、熱圧着ボンディング(TCB)を用いて、マイクロLEDがターゲット基板上の金属パッドパンプに接合される。シリコンソースウエハから第1のターゲットディスプレイ基板へのマイクロLED RGBチップの接合後、シリコンウエハを通じての赤外線(IR)放射を用いて、ソースウエハからマイクロLED RGBチップが取り外される(剥離される)。ソースウエハから第2のターゲットディスプレイ基板に新たなRGBチップを拾い上げるために、ソースウエハ上のRGBチップピッチに等しい位置だけずらして、第2のターゲットディスプレイ基板がシリコンソースウエハの近傍に持ち込まれる。アライメントは、赤外線イメージングや、ウエハ間ボンダーに一般的な光学的若しくは機械的なアプローチを用いて実行され得る。一実施形態において、IRレーザが、ナノワイヤLEDを成長させるための核生成層として使用される導電層を焼灼する。導電性の核生成層は、基板からデバイスを剥離するために低パワーの中赤外(ミッドIR)放射を用いて実質的又は完全に焼灼される(気化される)ことができるリリース可能層として機能し得る。

20

【0026】

図5は、本開示の一実施形態に従った、RGBピクセル(チップ)を転写するためにキャリアプレートウエハ又はシリコンウエハの上でディスプレイバックプレーンがどのように移動されるかと、対応するピクセル領域とを示す平面図を例示している。

30

【0027】

図5を参照するに、ウエハ500は、それとアライメントされたディスプレイ領域502をかぶされている。ウエハ当たりのディスプレイ数は、パラメータ504に基づいて与えられる。図5の左側に、ディスプレイ502を構成する複数のマイクロLED506の拡大図が示されている。図示した特定の実施形態において、複数のマイクロLED506は、赤色マイクロLED506A、青色マイクロLED506B、及び緑色マイクロLED506Cを含んでいる。ピクセル508は、マイクロLEDのうち4つを2×2のグループにしたものとして示されている。

【0028】

図示のように、一実施形態において、ピクセル508は、2つの赤色、1つの青色、及び1つの緑色のマイクロLEDを含む。他の一実施形態において、ピクセル508は、2つの青色、1つの赤色、及び1つの緑色のマイクロLEDを含む。他の一実施形態において、ピクセル508は、2つの緑色、1つの赤色、及び1つの青色のマイクロLEDを含む。

40

【0029】

図6は、本開示の一実施形態に従った、様々な条件下で計算したウエハ当たりのディスプレイ数を示す表600である。表600を参照するに、ウエハサイズ、ディスプレイサイズ、ディスプレイ解像度、及びマイクロLEDサイズに応じて、ウエハ当たり9個から75個のディスプレイを生成することが可能である。理解されることには、高い歩留り(

50

冗長性)を保証するためにピクセル当たり2つのRGBチップがディスプレイ基板に転写されるとき、ウエハ当たり比較的少ない数のディスプレイが得られることになる。

【0030】

図7は、本開示の一実施形態に従った、3つのナノワイヤLEDを有するRGBチップの断面図を例示している。図7を参照するに、3つの異なる色のマイクロLED(例えば、左から右に青、緑、赤)を横切るように図示されているが、これらの3つは、単に説明の目的でこのように示されているに過ぎない。理解されることには、例えば図5の2×2ピクセル素子508などのピクセルでは、所与の断面に2つのマイクロLEDのみが見えることになる。理解されることには、単一のピクセルを作製することには、多様な配置のマイクロLEDが好適であり得る。一実施形態において、図7に描かれるように、3つのマイクロLEDが隣り合わせて配列される。他の一実施形態において、図5に描かれるように、4つのマイクロLEDが2×2構成で配列される。他の一実施形態において、9つのマイクロLEDが3×3構成で配列される、等々である。

10

【0031】

再び図7を参照するに、特定の一実施形態において、ソースマイクロLEDウエハ700(例えばシリコンウエハなど)は、その上にモノリシックに成長された“RGBチップ”を有する。まず、シリコンウエハ700が、例えばおよそ50ナノメートルの厚さを持った、窒化アルミニウム(AlN)バッファ層702で被覆される。AlNバッファ層702は、約6eVのバンドギャップを有し得るとともに、赤外線放射に対して透明であり得る。次いで、AlNバッファ層702上に、金属系核生成層(metal-based nucleation layer; MNL)704が堆積される。MNL704は、50-100nmの範囲内の厚さを有し得るとともに、結晶性又は多結晶とし得る。次いで、MNL上に窒化シリコンマスク706が堆積される。次いで、リソグラフィを用いて、窒化シリコンマスク706内に、後続の赤色、緑色、及び青色を発するLEDの形成に適合するように注意深く選定された直径を持つ孔を開口し得る。次いで、例えば有機金属化学気相成長法(MOCVD)により、MNL704をシードとしてGaNナノワイヤコアが成長される。ナノワイヤコアは、80nmから200nmの範囲内の直径を持つ。

20

【0032】

再び図7を参照するに、例えばMOCVDを用いて、GaNコア708の周りに窒化インジウムガリウム(InGaN)シェル710が成長される。InGaNシェル710中のインジウムの量は、GaNコア径に依存する。一実施形態において、より小さいコア径は、より少ないインジウム含有量を持つInGaNシェルの成長をもたらす。より大きいコア径は、より多いインジウム含有量を持つInGaNシェルの成長をもたらす。青(B)色発光では、インジウム含有量はおおよそ20%である。緑(G)色発光では、インジウム含有量はおおよそ30%である。赤(R)色発光では、インジウム含有量はおおよそ40%である。次いで、例えばMOCVDを用いて、InGaNシェルの周りにp型GaNクラッド層712が形成され得る。これらのコア-シェルナノワイヤが、例えば酸化シリコン(SiO₂)層といった絶縁材料層714によって覆われる。次いで、リソグラフィ及びエッチングを用いて、全ての色のコア-シェルナノワイヤ構造についてp-GaNクラッド層712を露出させ得る。次いで、原子層成長を用いて、p-GaNクラッド層712上にコンフォーマルに金属層716を堆積させ得る。次いで、これら3色のLED構造のためのコンタクトメタル718を埋め込むように、金属充填プロセスが実行され得る。

30

40

【0033】

図7、及び図5のピクセル素子508を、より全体的に参照するに、半導体構造は、シリコンウエハ700及び複数のピクセル素子750を含んでいる。ピクセル素子750の各々が、第1の色のナノワイヤLED、第2の色のナノワイヤLED(第2の色は第1の色と異なる)、及び一対の第3の色のナノワイヤLED(第3の色は第1及び第2の色と異なる)を含む。連続した絶縁材料層714が、第1の色のナノワイヤLED、第2の色のナノワイヤLED、及び一対の第3の色のナノワイヤLEDを横方向で取り囲んでいる。隣接するピクセル素子は、対応する連続した絶縁材料層714間のトレンチ720によ

50

って、互いに分離されている。

【0034】

一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、第1の色は赤色であり、第2の色は緑色であり、第3の色は青色である。他の一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、第1の色は赤色であり、第2の色は青色であり、第3の色は緑色である。他の一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、第1の色は青色であり、第2の色は緑色であり、第3の色は赤色である。一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、第1の色のナノワイヤLED、第2の色のナノワイヤLED、及び一对の第3の色のナノワイヤLEDは、例えば図5に関連して説明したように、平面図で見て2×2配列を有する。

10

【0035】

一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、第1の色のナノワイヤLED、第2の色のナノワイヤLED、及び一对の第3の色のナノワイヤLEDは、窒化ガリウム(GaN)コアを含む。一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、第1の色のナノワイヤLED、第2の色のナノワイヤLED、及び一对の第3の色のナノワイヤLEDは、窒化インジウムガリウム(InGaN)シェルを含む。一実施形態において、ピクセル素子750の各々に関し、連続した絶縁材料層は、酸化シリコン、又は炭素ドーパされた二酸化シリコンを含む。

【0036】

他の一態様において、マイクロLEDディスプレイ用のその他のナノワイヤベースのLEDが記述される。3色のLEDエミッタ用の高い電力効率を持つLEDの製造は、マイクロLEDディスプレイを用いた電力削減を可能にし得る。一実施形態において、デバイス構造(例えば、ナノワイヤLED)と、赤色、緑色及び青色のエミッタに対して同時に高い電力効率を持つデバイス構造を製造するプロセス技術とが記述される。

20

【0037】

理解されることには、InGaNは、インジウム含有量を調節することによってInGaN材料のバンドギャップエネルギーをチューニングできることに少なくとも部分的に起因して、可視スペクトル域の全体における様々な光デバイスの開発に適した材料であり得る。例えば、低In含有量のInGaN系青色発光ダイオード(LED)は、およそ83%の外部量子効率(EQE)を呈し得る。しかしながら、緑色、黄色、橙色、及び赤色の領域にある長波長LEDのEQEは遥かに低い。故に、長波長の高In含有量のInGaN系LEDが高効率を達成する必要がある。この問題に対処し、一実施形態において、窒化物デバイス構造及びその製造方法が記述される。

30

【0038】

背景を提供するに、InGaN/GaN量子井戸において、ピーク発光波長は、InGaN中のインジウム含有量が高くなるのに伴って、発光波長が再び短くなり始めるまでは長くなる。高インジウム含有量(例えば、In及びGaNの合計濃度の40%を上回る)では、量子閉じ込めが支配し得るので、発光波長は、バンドギャップ計算から理論的に予測されるものよりも短くなり得る。理解されることには、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N/In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 量子井戸は、無極性構造に関して効率的な赤色LED(例えば、610-630ナノメートルの範囲内の波長)に至るための道を提供する。理論に縛られるべきではないが、理解されることには、GaN上に $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層を成長させるのとは対照的に、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ 上に比較的厚い高品質の $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層を成長させることができる。

40

【0039】

一実施形態において、GaN系の材料系を用いて、高効率の赤色発光構造が製造される。そのような一実施形態において、規則的なn型GaNナノワイヤアレイの製造に続いて、ナノワイヤの周りに、LED構造の残りの部分が放射状に成長される。典型的な構造は、n型GaN層を含んだシェル層、及びバッファとして作用し得る0.15-0.25の範囲内のxを持つ $In_xGa_{1-x}N$ 下地層を含む。 $In_xGa_{1-x}N$ 下地層上に、0

50

、 $0.4 - 0.45$ の範囲内の y を持つ $In_yGa_{1-y}N$ 層がある（そして、一組の $In_yGa_{1-y}N/GaN$ 多重量子井戸（MQW）活性層に含められ得る）。次の外側層として、アンドープの GaN 層及び/又は $AlGaN$ 電子阻止層が含められ得る。最後に、 p 型 GaN （又は p 型 ZnO ）クラッド層が含められ得る。

【0040】

図8Aは、本開示の一実施形態に従った、 GaN ナノワイヤベースのLEDの断面図を、LEDの特定の層をハイライトして例示している。図8Aの例示実施形態において、LED800は、 $Si(111)$ 基板又はサファイア基板とし得る基板804の上に n 型 GaN ナノワイヤ802を含んでいる。例えば核生成層などの介在層806が含められ得る。 n 型 GaN ナノワイヤ802上に、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ シェル“バッファ”層808が含まれている。 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ シェル“バッファ”層808上に、活性 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層810が含まれている。一実施形態において、 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層810は赤色（例えば、 $610 - 630$ ナノメートルの範囲内の波長を持つ）を発する。 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層810上に、 $p-GaN$ 又は $p-ZnO$ クラッド層812が含まれている。

【0041】

第2のこのような一実施形態において、 $0.15 - 0.25$ の範囲内の x を持つ規則的な n 型 $In_xGa_{1-x}N$ ナノワイヤアレイの製造に続いて、ナノワイヤの周りに、LED構造の残りの部分が放射状に成長される。これらの $In_xGa_{1-x}N$ ナノワイヤ上に、 $0.4 - 0.45$ の範囲内の y を持つ $In_yGa_{1-y}N$ 層がある（そして、一組の $In_yGa_{1-y}N/GaN$ 多重量子井戸（MQW）活性層に含められ得る）。次の外側層として、アンドープの GaN 層及び/又は $AlGaN$ 電子阻止層が含められ得る。最後に、 p 型 GaN （又は p 型 ZnO ）クラッド層が含められ得る。

【0042】

図8Bは、本開示の一実施形態に従った、 $InGaN$ ナノワイヤベースのLEDの断面図を、LEDの特定の層をハイライトして例示している。図8Bの例示実施形態において、LED820は、 $Si(111)$ 基板又はサファイア基板とし得る基板824の上に $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ ナノワイヤ822を含んでいる。例えば核生成層などの介在層826が含められ得る。 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ ナノワイヤ822上に、活性 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層828が含まれている。一実施形態において、 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層828は赤色（例えば、 $610 - 630$ ナノメートルの範囲内の波長を持つ）を発する。 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層828上に、 $p-GaN$ 又は $p-ZnO$ クラッド層830が含まれている。

【0043】

上述の実施形態の双方において、 $InGaN$ 層及び p 型 GaN 層は、比較的低い温度（例えば、摂氏 $500 - 600$ 度の範囲内）で成長され得る。一実施形態において、 $InGaN$ 層及び p 型 GaN 層は、窒素源としてヒドラジン又はヒドラジン-アンモニア混合物を用いて成長され得る。比較的低い温度での成長（例えば、窒素源としてアンモニアを用いる従来の成長と比較して）は、 $InGaN$ 活性層の相分離を抑制し得る。

【0044】

理解されることには、高 In 含有量の $InGaN$ 系LEDにおいて低効率を生じさせる要因は、(1) $In_xGa_{1-x}N$ と GaN との間の格子不整合（例えば、 InN と GaN との間の格子不整合は 11% である）に起因する $InGaN$ 活性層内の欠陥、又は(2) 歪み $InGaN$ 活性層内の圧電場が高インジウム含有量で非常に高くなることを含む。圧電場は、 $InGaN$ 多重量子井戸における電子-正孔分離によって、低い内部量子効率を生じさせ得る。一実施形態において、これらの問題のうちの1つ以上に対処し、上述の並びに図8A及び8Bに例示した構造は、以下の利益のうちの1つ以上を提供し得る：(1) 特に、 30% よりも高いインジウム含有量での、ナノワイヤLED内の $InGaN$ 活性層の高い完全性（例えば、相分離がない）、(2) 赤色及び緑色を含めて、得られるナノワイヤLEDの高い電力効率、(3) 高い電力効率が、より低いディスプレイ電力消費

10

20

30

40

50

をもたらし、それが、O L E Dディスプレイと比較してマイクロL E Dディスプレイを選択する判断となる。

【 0 0 4 5 】

理解されるべきことには、上述のナノワイヤ以外の基礎的幾何学構成が、L E D製造に使用されてもよい。例えば、他の一実施形態において、図 8 C は、本開示の一実施形態に従った、G a N ナノピラミッドベースのL E Dの断面図を、L E Dの特定の層をハイライトして例示している。図 8 C の例示実施形態において、L E D 8 4 0 は、S i (1 1 1) 基板又はサファイア基板とし得る基板 8 4 4 の上に n - G a N ナノピラミッド 8 4 2 を含んでいる。例えば核生成層などの介在層 8 4 6 が含められ得る。G a N ナノピラミッド 8 4 2 上に、I n G a N 層 8 4 8 が含まれている。I n G a N 層 8 4 8 上に、p - G a N

10

【 0 0 4 6 】

他の一実施形態において、図 8 D は、本開示の一実施形態に従った、G a N アキシャルナノワイヤベースのL E Dの断面図を、L E Dの特定の層をハイライトして例示している。図 8 D の例示実施形態において、L E D 8 6 0 は、S i (1 1 1) 基板又はサファイア基板とし得る基板 8 6 4 の上に n - G a N アキシャルナノワイヤ 8 6 2 を含んでいる。例えば核生成層などの介在層 8 6 6 が含められ得る。G a N アキシャルナノワイヤ 8 6 2 上に、I n G a N 層 8 6 8 が含まれている。I n G a N 層 8 6 8 上に、p - G a N 又は p - Z n O クラッド層 8 7 2 が含まれている。

【 0 0 4 7 】

20

他の一態様において、図 9 は、本開示の一実施形態に従った、R G B ディスプレイ製造プロセスを例示するフロー図 9 0 0 である。フロー図 9 0 0 を参照するに、処理 9 0 2 にて、S i ウエハは、その上に核生成層を形成される。処理 9 0 4 にて、サブ 1 0 0 n m リソグラフィを用いて、核生成層上の層又は核生成層がパターンニングされる。処理 9 0 6 にて、核生成層上で、例えばエピタキシャル堆積によって、ナノワイヤ成長が実行される。処理 9 0 8 にて、マイクロL E D アセンブリプロセスにバックプレーンが導入される。処理 9 1 0 にて、ドライバエレクトロニクスが製造される。処理 9 1 2 にて、ディスプレイアセンブリが実行されて、最終的にディスプレイが提供される。

【 0 0 4 8 】

30

他の一態様において、マイクロL E D ディスプレイは、流体セルフアセンブリを用いて製造される。本発明の一実施形態によれば、開始構造として、R G B ピクセル (チップ) を有するソースウエハが提供される。流体セルフアセンブリを用いて、ソースウエハからディスプレイバックプレーンに R G B ピクセルが移送される。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 は、本開示の一実施形態に従った、バックプレーンにおけるL E D ピクセルの流体セルフアセンブリの概略を例示している。図 1 0 を参照するに、ディスプレイバックプレーン 1 0 0 2 は、その中に微小溝 (マイクログループ) 1 0 0 4 を有している。L E D ピクセル 1 0 0 6 は、流体的な動きをしており、微小溝 1 0 0 4 を充たすように駆動される。

【 0 0 5 0 】

40

図 1 1 は、本開示の一実施形態に従った、異なる着地方向のL E D ピクセルを持つ図 1 0 のバックプレーンを例示している。図 1 1 を参照するに、L E D ピクセル 1 1 0 2 は、バックプレーン 1 0 0 2 の微小溝 1 0 0 4 内に、“望ましい”向きで着地している。別のL E D ピクセル 1 1 0 4 は、バックプレーン 1 0 0 2 の微小溝 1 0 0 4 に、“望ましくない”向きで着地している。

【 0 0 5 1 】

図 1 0 及び 1 1 をまとめて参照するに、流体セルフアセンブリ (fluidic self-assembly ; F S A) では、アセンブリされるべきチップが、好適な流体中に混ぜられ、合致する凹部 (リセス) をそれらのアセンブリのために持つ基板の上を移動することが可能にされる。一例において、台形チップが、流体的な力又は重力によって、台形リセス内にアセン

50

ブリされる。台形のダイは、上下逆さまのアセンブリを防止する。チップは概して、他のチップにとっての障害物となることを回避するために、その凹部の中に完全に進入することを要求される。

【0052】

図12は、本開示の一実施形態に従った、マイクロLED用の流体セルフアセンブリ装置1200の概略図を例示している。図12を参照するに、タンク1202が基板1204を保持している。マイクロLEDチップ1206が流体1208中を循環される。基板1204の表面の上でのマイクロLEDチップ1206の連続的な循環についての矢印において、流体の流れ1210が描かれている。基板1204は、“一時的なキャリアプレート”又は実際のディスプレイバックプレーンとし得る。流体の流れを生成するために、ガス注入口1212が気体（例えば窒素など）を供給する。

10

【0053】

一実施形態において、例示的なプロセススキームは、以下の処理を含む：（1）例えば、直径150mmのサファイアウエハ、直径200mmのシリコンウエハ、又は直径300mmのシリコンウエハの上での、マイクロLEDの製造と、それに続く（2）機能しないマイクロLEDの特定。機能しないLEDは、以下のアプローチに従って特定され得る：（a）マイクロLEDウエハ上でUV光（例えば、200nm - 400nmの範囲内の波長を持つ）を光らせ、（b）欠陥のあるマイクロLEDを表すウエハ上の“暗い”スポットを、適切な撮像技術（例えば、CCD RGBカメラ）を用いて特定し、（c）（b）で特定された欠陥あるマイクロLEDを選択的に取り外すように、マイクロLEDウエハのシリコン裏面からのパルス状赤外レーザ照射を使用し、又は（d）（b）で特定された欠陥あるマイクロLEDを選択的に取り外すように、マイクロLEDウエハのサファイア裏面からのパルス状UVレーザ照射を使用する。この例示プロセススキームは、（3）適切な流体で充たされた容器の中へと“良品”マイクロLEDを取り外すように、マイクロLEDウエハの裏面上のレーザ照射（例えば、サファイアウエハではUV、シリコンウエハでは赤外）を使用することを続ける。

20

【0054】

図13は、本開示の一実施形態に従った、（a）機能しないLEDの特定、及び（b）機能するLEDの流体中への懸濁を例示している。まず、ソースウエハ1302上にUV光が照射され、CCDカメラを用いて画像が撮影される。画像解析から、“暗い”スポットの座標が特定される。不良品の又は機能しないダイ1304を廃棄のために選択的にリリースさせるように、ウエハの裏面にパルス状の赤外レーザ照射が適用される。良品の又は機能するダイ1306を、流体セルフアセンブリに使用される流体1310を含んだ流体容器1308の中にリリースするために、再び、パルス状の赤外レーザ照射が適用される。

30

【0055】

この例示プロセススキームは、（4）流体からマイクロLEDを受け入れるのに適当なサイズ（例えば、幅、長さ及び高さ）の微小溝を有する一時的なキャリアプレートの製造又は用意を続ける。一実施形態において、微小溝は、マイクロLEDを特定の側で選択的に受け入れるための特定の形状を持つ。一実施形態において、マイクロLED RGBピクセル捕獲のための面にコンタクトメタルが配置される。図14は、本開示の一実施形態に従った、その中に微小溝1402を有するキャリア1400の斜視図を例示している。

40

【0056】

この例示プロセススキームは、（5）一時的なキャリアプレート（temporary carrier plate；TCP）上の全ての微小溝がマイクロLEDで埋め込まれる、ディスプレイ又はTCP上にマイクロLED懸濁液をディスペンスすることを続ける。一実施形態において、埋込率は、1ppm欠陥率という基準を満足する。この例示プロセススキームは、（6）ディスプレイバックプレーンをTCPの近傍に持ち込むことを続ける。そして、コンタクトパンプが、TCP上のマイクロLEDに対してアライメントされる。図15は、本開示の一実施形態に従った、流体セルフアセンブリを用いてマイクロLEDチップ150

50

2が一時的なキャリアプレート1500の微小溝1508内に捕獲された後に、一時的なキャリアプレート1500内のマイクロLEDチップ1502をディスプレイバックプレーン1506のマイクロポンプ1504に接合するプロセスの断面図を例示している。

【0057】

この例示プロセススキームは、熱圧着ボンディング(TCB)を用いて(例えば、およそ摂氏400度よりも低い温度で)マイクロLEDをバックプレーンに接合すること、及び(8)ディスプレイバックプレーン上にカソード(例えば、インジウム錫酸化物(ITO)のブランケット(全面)膜)を堆積させることを続ける。

【0058】

他の一実施形態において、流体セルフアセンブリは、直接的にディスプレイバックプレーン上で実行される。図16は、本開示の一実施形態に従った、バックプレーン1606の微小溝1604内に直接的にマイクロLEDチップ1602をアセンブリするプロセスの断面図を例示している。ディスプレイバックプレーン1606上に直接的に、流体移動1609中にマイクロLEDチップ1602を捕獲する微小溝1604が製造される。一実施形態において、微小溝1604は、図示のように、導電性の電極材料1608でライニングされる(表面を覆われる)。

【0059】

一実施形態において、流体セルフアセンブリ(FSA)アプローチを使用することは、より高いスループット、より高い移送歩留り、及びより低い装置開発リスクを提供する。一実施形態において、流体セルフアセンブリは、部品同士が、それらが一緒にされるときに、例えば典型的に、それらのコンポーネントをかき混ぜる又は振動させることなどによるランダムな相互作用によって、自発的に結集するように設計されるアセンブリ方法として定義される。このセルフアセンブリプロセスでは、アセンブリのための媒体を提供するために、流体が使用される。一実施形態において、流体は、摩擦を低減させるとともに、コンポーネントを接触するまで循環させるために使用されることができ、このようなセルフアセンブリ技術は、大規模に並列的であることが多く、それ故に、順次のピック・アンド・プレースアセンブリよりも速くて安価である。

【0060】

特定の一実施形態において、電気泳動アセンブリプロセスが使用される。理解されるべきことには、ここに記載されるような流体セルフアセンブリは、デバイスへと作製されるウエハ領域を最大化するために成長ウエハ上にできる限り密に詰め込まれるGaN系マイクロLEDの製造を可能にする。例えば、直径300mmのウエハから、およそ3千万個のデバイスを作製することができる。使用されなかったマイクロLEDをリサイクルし得るので、多数のディスプレイバックプレーンの上にマイクロLEDをディスペンスすることができる。一実施形態において、マイクロLEDチップ(RGBピクセル)は、分散剤としての界面活性剤とともに純水中にディスペンスされる。特定のそのような一実施形態において、マイクロLED及び界面活性剤の懸濁液は、次いで、一様な懸濁液を調合するために、超音波浴を用いて容器内で超音波処理される。界面活性剤(例えば、分散剤)を用いることで、マイクロLEDの分散が促進される。一実施形態において、界面活性剤は、臭化セチルトリメチルアンモニウム、Triton X-100、及びドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(SDBS)からなる群から選択される。

【0061】

一実施形態において、マイクロLED懸濁液は、例えば、ろ過、浸漬コーティング、スピンコーティング、電気泳動堆積、又はインクジェット印刷などの方法を通じて、膜として、一時的なキャリア(例えば、複数タイプの微小溝を有する)上に付与される。特定の一実施形態において、マイクロLEDは、一時的なキャリアプレートにかぶさる溶液内に置かれる。ディスプレイバックプレーン上の電極が負電荷を備えるとき、その電極上にLEDが電気泳動によって運ばれる。

【0062】

一実施形態において、全ての微小溝がマイクロLEDチップ(RGBピクセル)で埋め

10

20

30

40

50

込まれると、一時的なキャリアプレートがディスプレイバックプレーンに密接に接触させられる。ディスプレイバックプレーンは、片面に既に、薄膜トランジスタ及びマイクロLED用の“ランディング”パッドを有するピクセル（例えば、およそ $40\mu\text{m}$ - $45\mu\text{m}$ のピクセルサイズ）のマトリクスが製造されている。一時的なキャリアプレートとディスプレイバックプレーンとの間のアライメントが、例えば赤外線イメージング技術を用いて実行され得る。そして、各マイクロLEDが、ランディングパッドとアライメントされる。マイクロLEDは、熱圧着ボンディング（TCB）又はその他の好適タイプのボンディングアプローチを用いて、バックプレーンに接合される。

【0063】

一実施形態において、各微小溝は、単一のRGBピクセルを受け入れることができる。そのような一実施形態において、RGBピクセルは、 2×2 マトリクスに配列された4つのマイクロLEDデバイスを含む。各マイクロLEDは、およそ $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ のサイズを持つ。マイクロLED同士は、 $0.1 - 1\mu\text{m}$ の範囲内のサイズのストリートによって離隔され得る。すると、一実施形態において、RGBピクセルのサイズはおよそ $12\mu\text{m} \times 12\mu\text{m}$ である。一実施形態において、各マイクロLEDは、マイクロワイヤLEDのアレイで構成される。各マイクロワイヤLEDは、およそ $1\mu\text{m}$ の直径を持つ。例えば、 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ のサイズを持つマイクロLEDでは、並列に接続されたおよそ20本のマイクロワイヤが存在する。このような構造は、ディスプレイ上で 1ppm の欠陥密度を達成するために必要な冗長性を提供する。

【0064】

一実施形態において、3つのタイプのマイクロLED（赤、緑及び青）が存在する。この場合、アセンブリプロセスは、複数の少なくとも3つのタイプの微小溝を有する一時的なキャリアプレートを必要とする。各微小溝タイプが、その異なる微小溝設計に対応するように設計された少なくとも赤色、緑色、及び青色を発し得るマイクロLEDを選択的に受け入れるように調整されたテーパ形状を持つ。一実施形態において、特定のタイプ（例えば、特定の色を発する）のマイクロLEDが、分散剤としての界面活性剤とともに純水中にディスペンスされる。マイクロLED及び界面活性剤の懸濁液は、次いで、一様な懸濁液を調合するために、超音波浴を用いて容器内で超音波処理される。例を上述した界面活性剤が使用され得る。そして、マイクロLED懸濁液は、例えば、スピンコーティング、電気泳動堆積、又はインクジェット印刷などの技術を用いて、膜として、一時的なキャリア（例えば、複数タイプの微小溝を有する）上に付与される。特定の二実施形態において、正しいマイクロLEDデバイスでの微小溝の適切な埋め込みを確保するために、最大サイズを持つマイクロLEDタイプ、次いで、中間サイズ、そして、最小サイズが、この順に分散される。他の一実施形態において、異なった微小溝形成及びLED結合は、繰り返し晒すことでの微小溝とLEDとの結合のため、例えば正方形の形状に対する六角形の形状などの形状に基づく。

【0065】

図17は、本開示の一実施形態に従った、ディスプレイバックプレーン上での直接的な電気泳動を伴うアセンブリアプローチにおける様々な処理の断面図を例示している。図17の部分(a)を参照するに、ディスプレイバックプレーン1702は、その上にマイクロポンプ1704を含んでいる。そして、マイクロポンプ1704の周りにマスク1706が形成される。そして、図17の部分(b)の構造上に、マイクロLEDを含有する溶液1708が付与される。図17の部分(c)を参照するに、ディスプレイバックプレーンに、特に、マイクロポンプ1704に、負バイアスが印加される。溶液中に電流が通され、バルク流体移動がチップ表面に発生して、LED1708をマイクロポンプ1704まで動かす。図17の部分(d)を参照するに、圧力プレート1710を用いて、例えば熱圧着ボンディングなどの、LED1708へのマイクロポンプ1704の接合を確実にし得る。

【0066】

一実施形態において、電気泳動堆積は、水中で負電荷を得てDC電界下で正側の電極に

引き付けられる界面活性剤、で包まれたマイクロLEDの使用を伴う。マイクロLED懸濁液が、導電性の基板上に付与される。一時的なキャリアプレートは、金属層からなる底を持つ微小溝を持つように製作されることができる。マイクロLEDは、導電性の領域上のみに付着する。典型的な付着時間はたった数秒である。

【0067】

図18は、本開示の一実施形態に従ったディスプレイアーキテクチャの模式図である。図18を参照するに、マイクロLEDがマトリクスに配列されている。マイクロLEDは、“データドライバ”1804及び“スキャンドライバ”1806チップを介して駆動される。薄膜トランジスタ1808を用いて、各マイクロLEDの“ピクセルドライバ回路”1810が作製される。一実施形態において、マイクロLEDは、シリコンウエハ上に製造され、その後、薄膜トランジスタを用いて“ピクセルドライバ回路”1810が製造されている“バックプレーン”と呼ばれるガラス基板に移送される。

10

【0068】

図19は、本開示の一実施形態に従った、ディスプレイを有するエレクトロニクス装置である。図19を参照するに、エレクトロニクス装置1900は、マイクロ構造1904（例えば、図5のピクセル素子508）を持つディスプレイ又はディスプレイパネル1902を有している。ディスプレイはまた、ガラス層、及びその他の層、回路などを有し得る。ディスプレイパネル1902は、マイクロLEDディスプレイパネルとし得る。明らかかなはずのことは、明瞭さのために1つのマイクロ構造1904のみが描かれているが、ディスプレイパネル1902は、ナノワイヤLEDを含むマイクロ構造の1つ以上のアレイを有することになる。

20

【0069】

エレクトロニクス装置1900は、例えばスマートフォン、タブレット、ノートブック、スマートウォッチなどのモバイル装置とし得る。エレクトロニクス装置1900は、コンピューティング装置、スタンドアローンディスプレイ、テレビジョン、ディスプレイモニタ、車両コンピュータディスプレイなどであってもよい。実際、エレクトロニクス装置1900は一般に、ディスプレイ又はディスプレイパネルを有する如何なるエレクトロニクス装置であってもよい。

【0070】

エレクトロニクス装置1900は、プロセッサ1906（例えば、中央演算処理ユニットすなわちCPU）及びメモリ1908を含み得る。メモリ1908は、揮発性メモリ及び不揮発性メモリを含み得る。プロセッサ1906又はその他のコントローラは、メモリ1908に格納された実行可能コードとともに、ディスプレイのタッチスクリーン制御、並びに、エレクトロニクス装置1900のその他の機能及び動作を提供し得る。

30

【0071】

さらに、エレクトロニクス装置1900は、ディスプレイパネル1902を含め当該エレクトロニクス装置に電力供給するバッテリー1910を含み得る。装置1900はまた、ネットワーク又はインターネットへの当該エレクトロニクス装置の有線又は無線結合を提供するネットワークインタフェース1912を含み得る。無線プロトコルは、Wi-Fi（例えば、アクセスポイントすなわちAPを介する）、Wireless Direct（登録商標）、Bluetooth（登録商標）、及びこれらに類するものを含み得る。最後に、明らかかなように、エレクトロニクス装置1900は、回路を含む更なるコンポーネント及びその他のコンポーネントを含み得る。

40

【0072】

故に、ここに記載された実施形態は、マイクロ発光ダイオード(LED)ディスプレイ及びアセンブリ装置を含む。

【0073】

本開示の実施形態の例示した実装例の以上の説明は、要約書に記載した事項も含めて、網羅的であることや、本開示を開示そのままの形態に限定することを意図したものではない。本開示の具体的な実施形態及び本開示に関する例が例示目的でここに記載されている

50

が、当業者が認識するように、本開示の範囲内で様々な均等な変更が可能である。

【0074】

そのような変更は、以上の詳細な説明を踏まえて、本開示に対して為され得るものである。請求項中で使用される用語は、本開示を明細書及び特許請求の範囲にて開示された具体的な実装形態に限定するように解釈されるべきでない。むしろ、本開示の範囲はもっぱら、確立されたクレーム解釈の原則に則って解釈される以下の請求項によって決定されるものである。

【0075】

実施形態例1：マイクロ発光ダイオード（LED）ディスプレイパネルを製造する方法は、ディスプレイバックプレーン基板の上にキャリアプレートを位置付けることを含み、前記キャリアプレートは、その上に複数の発光ダイオード（LED）ピクセル素子を有し、前記ディスプレイバックプレーン基板は、その上に複数の金属バンプを有する。当該方法はまた、前記複数のLEDピクセル素子のうちの少なくとも一部を前記複数の金属バンプのうちの対応するものに結合するように、前記キャリアプレートを前記ディスプレイバックプレーン基板の方に動かし、前記キャリアプレートに圧力を加えて、前記複数のLEDピクセル素子のうちの前記一部を前記複数の金属バンプのうちの前記対応するものに転写して接合し、且つその後、前記キャリアプレートを前記ディスプレイバックプレーン基板から分離することを含む。

10

【0076】

実施形態例2：前記複数のLEDピクセル素子は、前記キャリアプレート上で、前記ディスプレイバックプレーン基板上の前記複数の金属バンプのピッチよりも小さいピッチを有する、実施形態例1の方法。

20

【0077】

実施形態例3：前記複数のLEDピクセル素子のうちの前記少なくとも一部は、前記複数のLEDピクセル素子の全てよりも少なく、当該方法は更に、前記キャリアプレートを第2のディスプレイバックプレーン基板の上に位置付け、該キャリアプレートは、その上に前記複数の発光ダイオード（LED）ピクセル素子の残りを有し、且つ、前記複数のLEDピクセル素子の前記残りのうちの少なくとも一部を、前記第2のディスプレイバックプレーン基板の複数の金属バンプのうちの対応するものに転写して接合することを含む、実施形態例1又は2の方法。

30

【0078】

実施形態例4：前記複数のLEDピクセル素子の前記残りのうちの前記少なくとも一部は、前記複数のLEDピクセル素子の前記残りの全てよりも少なく、当該方法は更に、前記キャリアプレートを第3のディスプレイバックプレーン基板の上に位置付け、該キャリアプレートは、その上に前記複数の発光ダイオード（LED）ピクセル素子の第2の残りを有し、且つ、前記複数のLEDピクセル素子の前記第2の残りのうちの少なくとも一部を、前記第3のディスプレイバックプレーン基板の複数の金属バンプのうちの対応するものに転写して接合することを含む、実施形態例3の方法。

【0079】

実施形態例5：前記複数のLEDピクセル素子は、感圧接着剤層を用いて前記キャリアプレートに接着されている、実施形態例1、2、3又は4の方法。

40

【0080】

実施形態例6：前記複数のLEDピクセル素子は、複数のナノワイヤベースのLEDピクセル素子である、実施形態例1、2、3、4又は5の方法。

【0081】

実施形態例7：前記複数のナノワイヤベースのLEDピクセル素子はGaNナノワイヤを含む、実施形態例6の方法。

【0082】

実施形態例8：前記複数のナノワイヤベースのLEDピクセル素子はInGaNナノワイヤを含む、実施形態例6の方法。

50

【 0 0 8 3 】

実施形態例 9：ディスプレイボンダー装置は、ディスプレイバックプレーン基板を第 1 の位置に保持する第 1 の支持体を含む。第 2 の支持体が、キャリアプレートに第 2 の位置に保持し、該第 2 の位置は前記第 1 の位置の上である。前記第 2 の支持体にピストンが結合され、該ピストンが、前記キャリアプレートを前記第 2 の位置から前記第 1 の位置に向けて動かし、且つ、該ピストンが、前記キャリアプレートに力を加えて、前記キャリアプレートからの発光ダイオード（LED）ピクセル素子を前記ディスプレイバックプレーン基板上の金属バンパに接合する。

【 0 0 8 4 】

実施形態例 10：前記ピストンは、前記キャリアプレートに接着された感圧接着剤層から前記 LED ピクセル素子をリリースするのに十分な力を提供する、実施形態例 9 のディスプレイボンダー装置。

【 0 0 8 5 】

実施形態例 11：マイクロ発光ダイオード（LED）ディスプレイパネルを製造する方法は、ディスプレイバックプレーン基板の上にシリコン基板を位置付けることを含み、前記シリコン基板は、その上に複数の発光ダイオード（LED）ピクセル素子を有し、前記ディスプレイバックプレーン基板は、その上に複数の金属バンパを有する。当該方法はまた、前記複数の LED ピクセル素子のうちの少なくとも一部を前記複数の金属バンパのうちの対応するものに結合するように、前記ディスプレイバックプレーン基板を前記シリコン基板の方に動かすことを含む。当該方法はまた、前記ディスプレイバックプレーン基板に圧力を加えて、前記複数の LED ピクセル素子のうちの前記一部を前記複数の金属バンパのうちの前記対応するものに転写して接合することを含む。当該方法はまた、その後、前記シリコン基板を前記ディスプレイバックプレーン基板から分離することを含む。

【 0 0 8 6 】

実施形態例 12：前記複数の LED ピクセル素子は、前記シリコン基板上で、前記ディスプレイバックプレーン基板上の前記複数の金属バンパのピッチよりも小さいピッチを有する、実施形態例 11 の方法。

【 0 0 8 7 】

実施形態例 13：前記複数の LED ピクセル素子のうちの前記少なくとも一部は、前記複数の LED ピクセル素子の全てよりも少なく、当該方法は更に、前記シリコン基板を第 2 のディスプレイバックプレーン基板の上に位置付け、該シリコン基板は、その上に前記複数の発光ダイオード（LED）ピクセル素子の残りを有し、且つ、前記複数の LED ピクセル素子の前記残りのうちの少なくとも一部を、前記第 2 のディスプレイバックプレーン基板の複数の金属バンパのうちの対応するものに転写して接合することを含む、実施形態例 11 又は 12 の方法。

【 0 0 8 8 】

実施形態例 14：前記複数の LED ピクセル素子の前記残りのうちの前記少なくとも一部は、前記複数の LED ピクセル素子の前記残りの全てよりも少なく、当該方法は更に、前記シリコン基板を第 3 のディスプレイバックプレーン基板の上に位置付け、該シリコン基板は、その上に前記複数の発光ダイオード（LED）ピクセル素子の第 2 の残りを有し、且つ、前記複数の LED ピクセル素子の前記第 2 の残りのうちの少なくとも一部を、前記第 3 のディスプレイバックプレーン基板の複数の金属バンパのうちの対応するものに転写して接合することを含む、実施形態例 13 の方法。

【 0 0 8 9 】

実施形態例 15：前記複数の LED ピクセル素子は、前記シリコン基板上に成長されている、実施形態例 11、12、13 又は 14 の方法。

【 0 0 9 0 】

実施形態例 16：前記複数の LED ピクセル素子は、複数のナノワイヤベースの LED ピクセル素子である、実施形態例 11、12、13、14 又は 15 の方法。

【 0 0 9 1 】

実施形態例 17：前記複数のナノワイヤベースの LED ピクセル素子は GaN ナノワイヤを含む、実施形態例 16 の方法。

【0092】

実施形態例 18：前記複数のナノワイヤベースの LED ピクセル素子は InGaN ナノワイヤを含む、実施形態例 16 の方法。

【0093】

実施形態例 19：ディスプレイボンダー装置は、ディスプレイバックプレーン基板を第 1 の位置に保持する第 1 の支持体を含む。第 2 の支持体が、シリコンウエハを第 2 の位置に保持し、該第 2 の位置は前記第 1 の位置の上である。前記第 1 の支持体にピストンが結合され、該ピストンが、前記ディスプレイバックプレーン基板を前記第 1 の位置から前記第 2 の位置に向けて動かし、且つ、該ピストンが、前記ディスプレイバックプレーン基板に力を加えて、前記シリコンウエハからの発光ダイオード (LED) ピクセル素子を前記ディスプレイバックプレーン基板上の金属パンプに接合する。

10

【0094】

実施形態例 20：前記第 2 の支持体に結合された赤外放射線源を更に含む実施形態例 19 のディスプレイボンダー装置。

【0095】

実施形態例 21：マイクロ発光ダイオード (LED) ディスプレイパネルを製造する方法は、タンク又は容器の中にディスプレイバックプレーン基板を位置付けることを含み、該ディスプレイバックプレーン基板は、その中に微小溝を有する。当該方法はまた、前記タンク又は容器に流体を加えることを含み、該流体は、その中に発光ダイオード (LED) ピクセル素子の懸濁を含む。当該方法はまた、前記ディスプレイバックプレーン基板の上で前記流体を動かすことを含み。当該方法はまた、前記流体からの LED ピクセル素子を前記微小溝のうちの対応するものの中にアセンブリすることを含む。

20

【0096】

実施形態例 22：前記流体を加えることは、界面活性剤を有する流体を加えることを含む、実施形態例 21 の方法。

【0097】

実施形態例 23：前記ディスプレイバックプレーン基板の前記微小溝は、その中に金属層を含む、実施形態例 21 又は 22 の方法。

30

【0098】

実施形態例 24：前記ディスプレイバックプレーン基板の前記微小溝は台形であり、前記 LED ピクセル素子の懸濁は、台形の LED ピクセル素子の懸濁である、実施形態例 21、22 又は 23 の方法。

【0099】

実施形態例 25：前記台形の微小溝は、少なくとも第 1 のサイズ及び第 2 のサイズを有し、前記台形の LED ピクセル素子の懸濁は、前記第 1 のサイズに対応するが前記第 2 のサイズには対応しない、実施形態例 24 の方法。

【0100】

実施形態例 26：前記 LED ピクセル素子の懸濁は、ナノワイヤベースの LED ピクセル素子の懸濁である、実施形態例 21、22、23、24 又は 25 の方法。

40

【0101】

実施形態例 27：前記ナノワイヤベースの LED ピクセル素子の懸濁は、GaN ナノワイヤ又は InGaN ナノワイヤを含む、実施形態例 26 の方法。

【0102】

実施形態例 28：マイクロ発光ダイオード (LED) ディスプレイパネルを製造する方法は、タンク又は容器の中にキャリアプレートを位置付け、該キャリアプレートは、その中に微小溝を有し、前記タンク又は容器に流体を加え、該流体は、その中に発光ダイオード (LED) ピクセル素子の懸濁を含み、前記キャリアプレートの上で前記流体を動かし、前記流体からの LED ピクセル素子を前記微小溝のうちの対応するものの中にアセンブ

50

りし、且つ、前記アセンブリされたＬＥＤピクセル素子を前記キャリアプレートからディスプレイバックプレーン基板に転写することを含む。

【０１０３】

実施形態例２９：前記流体を加えることは、界面活性剤を有する流体を加えることを含む、実施形態例２８の方法。

【０１０４】

実施形態例３０：前記キャリアプレートの前記微小溝は台形であり、前記ＬＥＤピクセル素子の懸濁は、台形のＬＥＤピクセル素子の懸濁である、実施形態例２８又は２９の方法。

【０１０５】

実施形態例３１：前記台形の微小溝は、少なくとも第１のサイズ及び第２のサイズを有し、前記台形のＬＥＤピクセル素子の懸濁は、前記第１のサイズに対応するが前記第２のサイズには対応しない、実施形態例３０の方法。

【０１０６】

実施形態例３２：前記ＬＥＤピクセル素子の懸濁は、ナノワイヤベースのＬＥＤピクセル素子の懸濁である、実施形態例２８、２９、３０又は３１の方法。

【０１０７】

実施形態例３３：前記ナノワイヤベースのＬＥＤピクセル素子の懸濁は、ＧａＮナノワイヤ又はＩｎＧａＮナノワイヤを含む、実施形態例３２の方法。

【０１０８】

実施形態例３４：マイクロ発光ダイオード（ＬＥＤ）ディスプレイパネルを製造する方法は、タンク又は容器の中に基板を位置付けることを含み、該基板は、その中に微小溝を有する。当該方法はまた、前記タンク又は容器に流体を加えることを含み、該流体は、その中に発光ダイオード（ＬＥＤ）ピクセル素子の懸濁を含む。当該方法はまた、前記流体の前記基板に電界を印加することを含む。当該方法はまた、前記流体からのＬＥＤピクセル素子を前記微小溝のうちの対応するものの中にアセンブリすることを含む。

【０１０９】

実施形態例３５：前記基板はキャリアプレートであり、当該方法は更に、前記アセンブリされたＬＥＤピクセル素子を前記キャリアプレートからディスプレイバックプレーン基板に転写することを含む、実施形態例３４の方法。

【０１１０】

実施形態例３６：前記基板はディスプレイバックプレーン基板である、実施形態例３４の方法。

【０１１１】

実施形態例３７：前記流体を加えることは、界面活性剤を有する流体を加えることを含む、実施形態例３４、３５又は３６の方法。

【０１１２】

実施形態例３８：前記ＬＥＤピクセル素子の懸濁は、ナノワイヤベースのＬＥＤピクセル素子の懸濁である、実施形態例３４、３５、３６又は３７の方法。

【０１１３】

実施形態例３９：前記ナノワイヤベースのＬＥＤピクセル素子の懸濁は、ＧａＮナノワイヤを含む、実施形態例３８の方法。

【０１１４】

実施形態例４０：前記ナノワイヤベースのＬＥＤピクセル素子の懸濁は、ＩｎＧａＮナノワイヤを含む、実施形態例３８の方法。

【０１１５】

実施形態例４１：マイクロ発光ダイオード（ＬＥＤ）ディスプレイパネルのピクセル素子は、第１の色のナノワイヤＬＥＤと、前記第１の色とは異なる第２の色のナノワイヤＬＥＤと、一対の、前記第１及び第２の色とは異なる第３の色のナノワイヤＬＥＤとを含む。連続した絶縁材料層が、前記第１の色のナノワイヤＬＥＤ、前記第２の色のナノワイヤ

10

20

30

40

50

LED、及び前記一対の第3の色のナノワイヤLEDを横方向で取り囲む。

【0116】

実施形態例42：前記第1の色は赤色であり、前記第2の色は緑色であり、前記第3の色は青色である、実施形態例41のピクセル素子。

【0117】

実施形態例43：前記第1の色は赤色であり、前記第2の色は青色であり、前記第3の色は緑色である、実施形態例41のピクセル素子。

【0118】

実施形態例44：前記第1の色は青色であり、前記第2の色は緑色であり、前記第3の色は赤色である、実施形態例41のピクセル素子。

10

【0119】

実施形態例45：前記第1の色のナノワイヤLED、前記第2の色のナノワイヤLED、及び前記一対の第3の色のナノワイヤLEDは、平面図で見て2×2配列を有する、実施形態例41、42、43又は44のピクセル素子。

【0120】

実施形態例46：前記第1の色のナノワイヤLED、前記第2の色のナノワイヤLED、及び前記一対の第3の色のナノワイヤLEDは、窒化ガリウム(GaN)コアを含む、実施形態例41、42、43、44又は45のピクセル素子。

【0121】

実施形態例47：前記第1の色のナノワイヤLED、前記第2の色のナノワイヤLED、及び前記一対の第3の色のナノワイヤLEDは、窒化インジウムガリウム(InGaN)シェルを含む、実施形態例41、42、43、44、45又は46のピクセル素子。

20

【0122】

実施形態例48：前記連続した絶縁材料層は、酸化シリコン、又は炭素ドーブされた二酸化シリコンを含む、実施形態例41、42、43、44、45、46又は47のピクセル素子。

【0123】

実施形態例49：赤色発光ダイオード構造は、基板の上のGaNナノワイヤと、前記GaNナノワイヤ上のInGaNシェル層と、前記InGaNシェル層上のInGaN活性層であり、前記InGaNシェル層よりも高濃度のInを有するInGaN活性層とを含む。

30

【0124】

実施形態例50：前記InGaNシェル層は、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料の層である、実施形態例49の赤色発光ダイオード構造。

【0125】

実施形態例51：前記InGaN活性層は、 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料の層である、実施形態例49又は50の赤色発光ダイオード構造。

【0126】

実施形態例52：前記InGaN活性層上のクラッド層であり、p型GaN又はp型ZnOを含むクラッド層、を更に含む実施形態例49、50又は51の赤色発光ダイオード構造。

40

【0127】

実施形態例53：前記InGaN活性層は、610-630ナノメートルの範囲内の波長を発する、実施形態例49、50、51又は52の赤色発光ダイオード構造。

【0128】

実施形態例54：前記基板は、シリコン基板又はサファイア基板である、実施形態例49、50、51、52又は53の赤色発光ダイオード構造。

【0129】

実施形態例55：赤色発光ダイオード構造は、基板の上のInGaNナノワイヤと、前記InGaNナノワイヤ上のInGaN活性層であり、前記InGaNナノワイヤよりも

50

高濃度の In を有する InGaN 活性層とを含む。

【0130】

実施形態例 56：前記 InGaN ナノワイヤは、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料のナノワイヤである、実施形態例 55 の赤色発光ダイオード構造。

【0131】

実施形態例 57：前記 InGaN 活性層は、 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料の層である、実施形態例 55 又は 56 の赤色発光ダイオード構造。

【0132】

実施形態例 58：前記 InGaN 活性層上のクラッド層であり、p 型 GaN 又は p 型 ZnO を含むクラッド層、を更に含む実施形態例 55、56 又は 57 の赤色発光ダイオード構造。

10

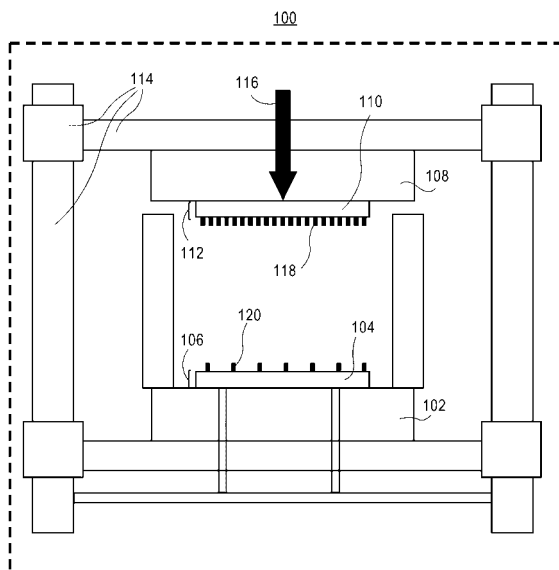
【0133】

実施形態例 59：前記 InGaN 活性層は、610 - 630 ナノメートルの範囲内の波長を発する、実施形態例 55、56、57 又は 58 の赤色発光ダイオード構造。

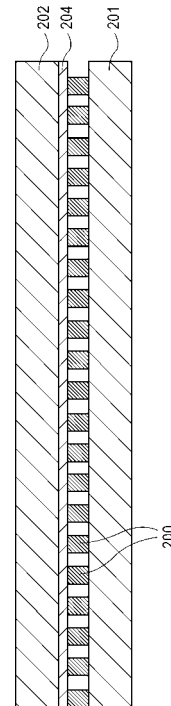
【0134】

実施形態例 60：前記基板は、シリコン基板又はサファイア基板である、実施形態例 55、56、57、58 又は 59 の赤色発光ダイオード構造。

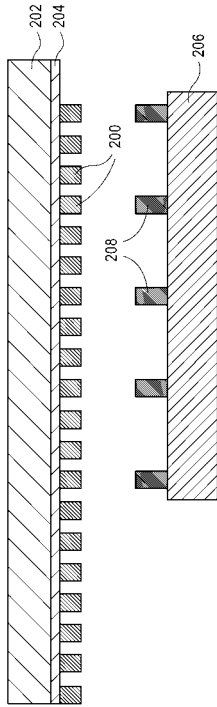
【図 1】



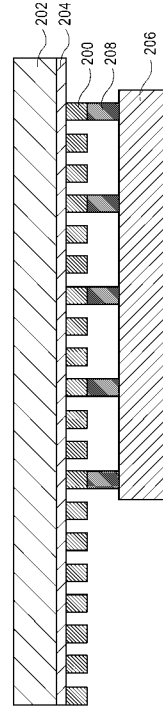
【図 2 A】



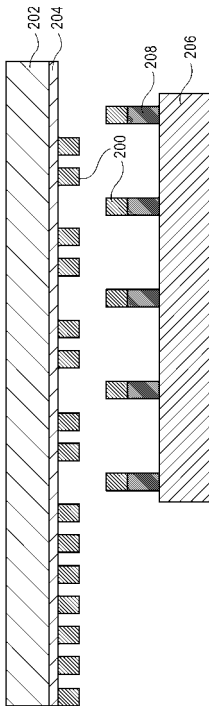
【図 2 B】



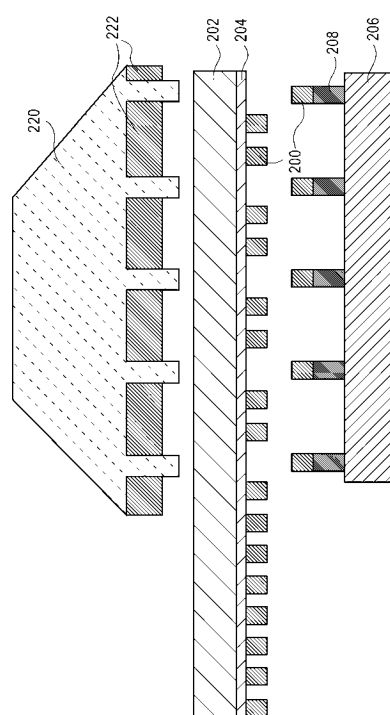
【図 2 C】



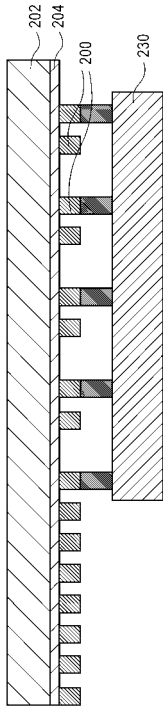
【図 2 D (1)】



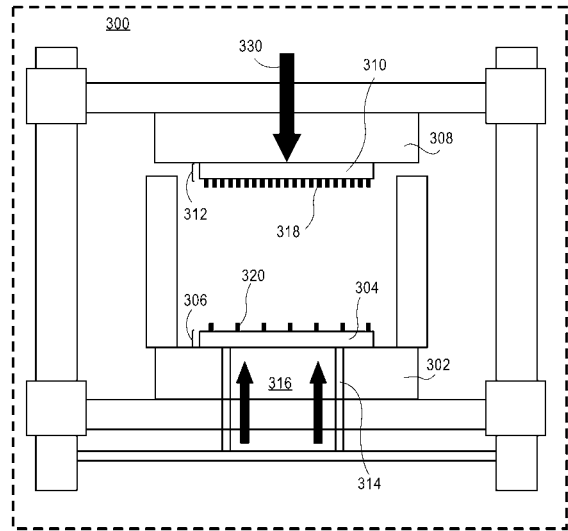
【図 2 D (2)】



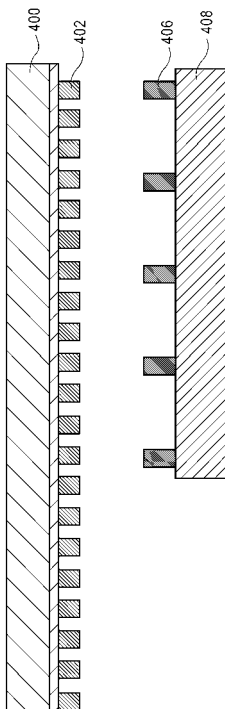
【図 2 E】



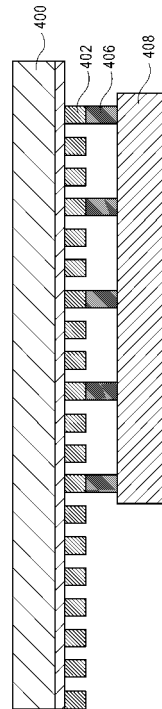
【図 3】



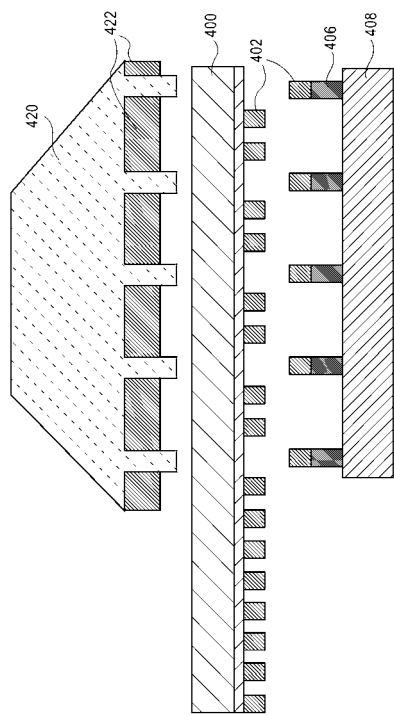
【図 4 A】



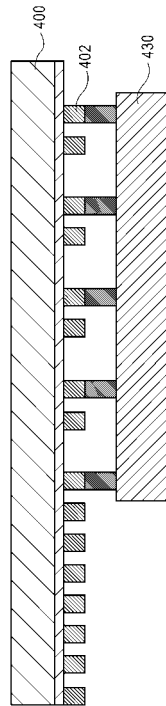
【図 4 B】



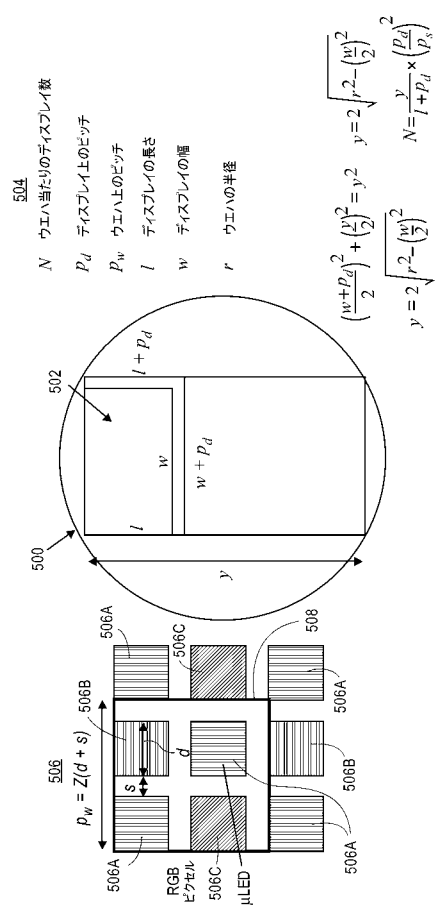
【図 4 C】



【図 4 D】



【図 5】

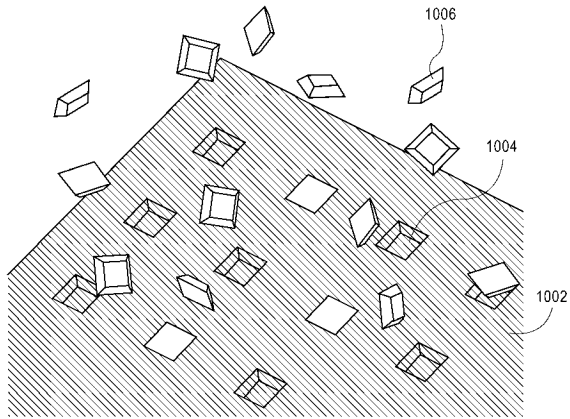


【図 6】

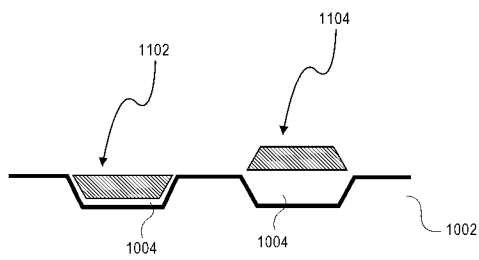
600

ディスプレイ 対角線 (インチ)	ウエハ径	w(mm)	l(mm)	Hピクセル	Vピクセル	pd(um)	μ LED サイズ (um)	ストリート (um)	冗長性	pw (um)	ps/pw	N
6.9	200	153	86	2560	1440	60	3.5	1	2	18	3	9
6	300	133	75	2560	1440	52	3.5	1	2	18	2	12
7.5	200	166	93	2560	1440	65	3.5	1	2	18	3	9
6.9	200	153	86	2560	1440	60	3.5	1	1	9	6	36
6	300	133	75	2560	1440	52	3.5	1	1	9	5	75
7.5	200	166	93	2560	1440	65	3.5	1	1	9	7	49

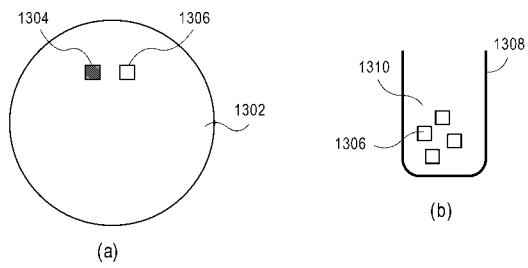
【図 10】



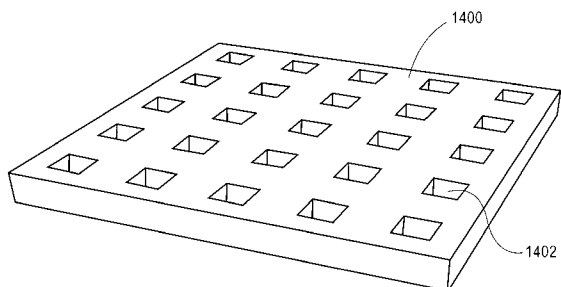
【図 11】



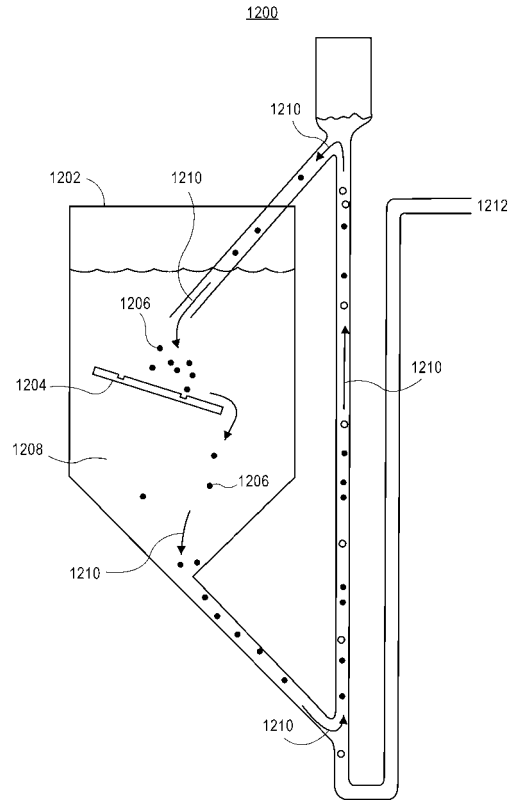
【図 13】



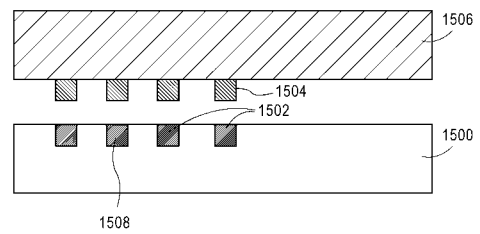
【図 14】



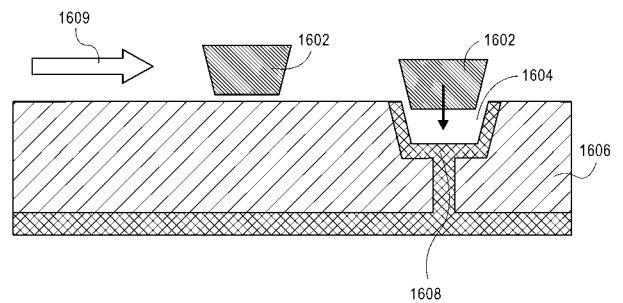
【図 12】



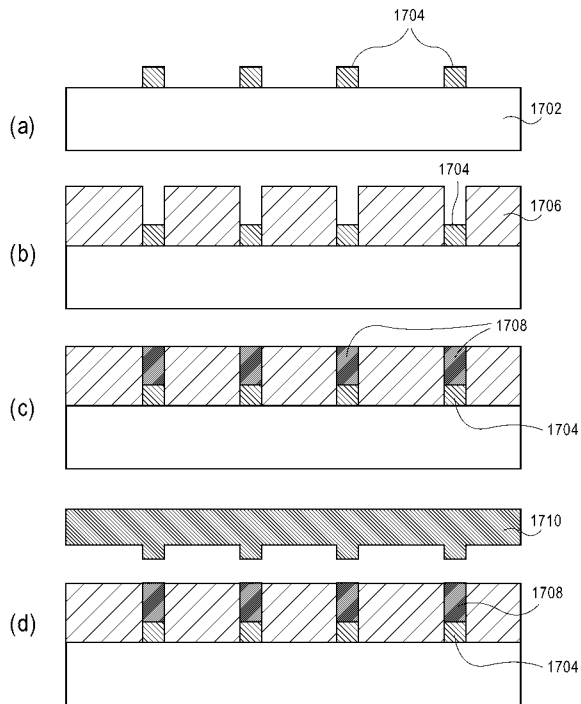
【図 15】



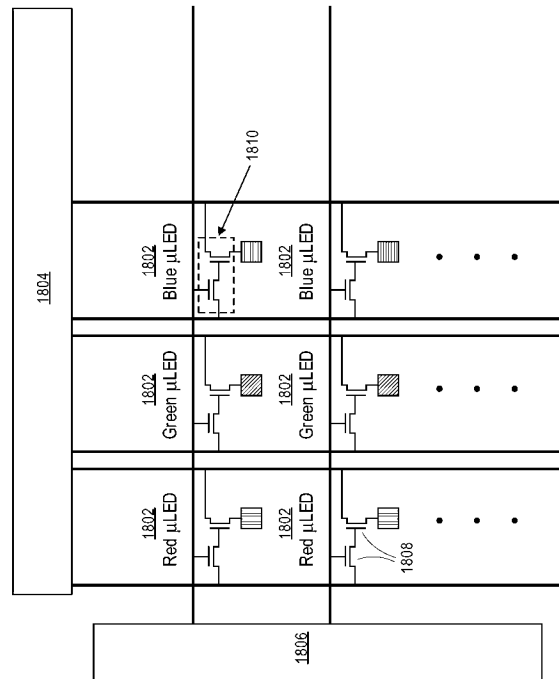
【図 16】



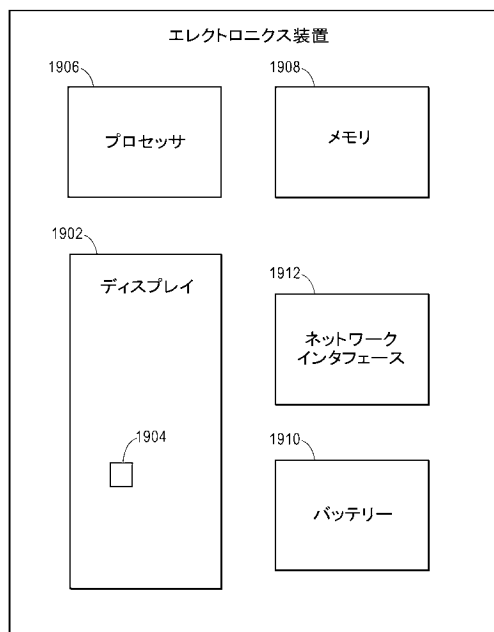
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 ハリド アフメド

アメリカ合衆国 9 5 0 5 4 カリフォルニア州 サンタ クララ ミッション カレッジ ブールバード 2 2 0 0 インテル コーポレーション 内

(72)発明者 アナブ パンチョーリ

アメリカ合衆国 9 5 0 5 4 カリフォルニア州 サンタ クララ ミッション カレッジ ブールバード 2 2 0 0 インテル コーポレーション 内

(72)発明者 アリ カキフィルーズ

アメリカ合衆国 9 5 0 5 4 カリフォルニア州 サンタ クララ ミッション カレッジ ブールバード 2 2 0 0 インテル コーポレーション 内

F ターム(参考) 5F241 AA24 AA41 CA04 CA05 CA22 CA40 CA65 CA93 CB05 CB23
CB27 FF06

【外国語明細書】
2019036719000001.pdf

专利名称(译)	微发光二极管 (LED) 元件和显示器		
公开(公告)号	JP2019036719A	公开(公告)日	2019-03-07
申请号	JP2018135218	申请日	2018-07-18
[标]申请(专利权)人(译)	英特尔公司		
申请(专利权)人(译)	英特尔公司		
发明人	ハリド アフメド アナプ パンチョーリ アリ カキフィルーズ		
IPC分类号	H01L33/08 H01L33/24 H01L33/32 H01L33/44		
CPC分类号	H01L27/156 H01L25/0753 H01L33/18 H01L33/32 H01L33/56 H01L33/02 H01L33/04 H01L33/06 H01L33/24 H01L33/38 H01L33/382 H01L33/385		
FI分类号	H01L33/08 H01L33/24 H01L33/32 H01L33/44		
F-TERM分类号	5F241/AA24 5F241/AA41 5F241/CA04 5F241/CA05 5F241/CA22 5F241/CA40 5F241/CA65 5F241/CA93 5F241/CB05 5F241/CB23 5F241/CB27 5F241/FF06		
代理人(译)	伊藤忠彦		
优先权	15/681247 2017-08-18 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了一种微发光二极管 (LED) 显示和组装设备。微发光二极管 (LED) 显示面板的像素元件包括第一颜色纳米线LED，不同于第一颜色的第二颜色不同颜色LED，一对第一颜色和第二颜色并且第三种颜色的纳米线LED与第二种颜色不同。连续绝缘材料层714横向围绕第一彩色纳米线LED，第二彩色纳米线LED和一对第三彩色纳米线LED。点域7

