

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6538886号
(P6538886)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/48 (2010.01) H O 1 L 33/48

請求項の数 19 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-567088 (P2017-567088) (86) (22) 出願日 平成28年6月21日 (2016.6.21) (65) 公表番号 特表2018-528601 (P2018-528601A) (43) 公表日 平成30年9月27日 (2018.9.27) (86) 国際出願番号 PCT/US2016/038472 (87) 国際公開番号 W02016/209792 (87) 国際公開日 平成28年12月29日 (2016.12.29) 審査請求日 平成29年12月25日 (2017.12.25) (31) 優先権主張番号 14/749,569 (32) 優先日 平成27年6月24日 (2015.6.24) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 517326383 イーラックス・インコーポレイテッド e L u x I n c . アメリカ合衆国 ワシントン州 9868 3, バンクーバー サウスイースト 3 4 ストリート スーツ480 (74) 代理人 110002262 T R Y 国際特許業務法人 (72) 発明者 佐々木 健司 アメリカ合衆国 ワシントン州 9860 7, カマス, ノースウェスト パシフィッ ク リム ブールバード 5750 シャ ープ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置およびその流体製造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光素子であって、
 凹部を有する基板と、
 前記基板上に位置し、前記基板の前記凹部の上方に設置された第1開口部および第2開口部を有する層間誘電体層と、
 第1マイクロ発光素子、第2マイクロ発光素子および第3マイクロ発光素子と、を備え、
 前記第1マイクロ発光素子の厚さは前記第2マイクロ発光素子の厚さよりも厚く、前記第1マイクロ発光素子は前記第1開口部に配置され、
 前記第2マイクロ発光素子は、前記第2開口部内に位置し、
前記第1マイクロ発光素子の上面の面積は、前記第2マイクロ発光素子の上面の面積よりも大きく、前記第2マイクロ発光素子の上面の面積は、また第3マイクロ発光素子の上面の面積よりも大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項2】

前記層間誘電体層の上面、前記第1マイクロ発光素子の上面および前記第2マイクロ発光素子の上面は、ほぼ同一平面であることを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】

前記発光装置は、さらに

前記層間誘電体層における、前記第2開口部と異なるサイズを有する第3開口部と、前記第2マイクロ発光素子とはサイズが異なり、前記第3開口部内に位置する前記第3マイクロ発光素子と、を含むことを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項4】

前記第2開口部および前記第2マイクロ発光素子それぞれは、前記第3開口部および前記第3マイクロ発光素子よりも1.2倍大きいことを特徴とする請求項3に記載の発光装置。

【請求項5】

前記第1開口部、前記第2開口部および前記第3開口部は、異なるサイズを有し、前記第1マイクロ発光素子、前記第2マイクロ発光素子および前記第3マイクロ発光素子は異なるサイズを有することを特徴とする請求項3に記載の発光装置。

10

【請求項6】

前記第1、第2および第3マイクロ発光素子それぞれは、赤色光、緑色光および青色光を発するために用いられ、その内、前記第1マイクロ発光素子の厚さはそれぞれ前記第2および第3マイクロ発光素子の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項5に記載の発光装置。

【請求項7】

前記発光装置は、さらに前記層間誘電体層における第4開口部と、青色光を発するための前記第4開口部内に位置する第4マイクロ発光素子と、を含むことを特徴とする請求項6に記載の発光装置。

20

【請求項8】

前記基板における凹部の深さは、前記層間誘電体層の厚さとほぼ等しいことを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項9】

前記基板は、前記凹部の底部に形成され、前記基板の前記凹部に設置された対応する第1開口部と連通する第1貫通孔、および前記凹部の底部に位置決めされていない第2開口部の底部に形成される第2貫通孔を有することを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項10】

前記発光素子の形状は、発光面の面積が電極の表面よりも大きい、或いは発光面の面積が電極の表面よりも大きい多角形であることを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

30

【請求項11】

前記基板の凹部は、テーパ状の形状を有することを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項12】

前記第1および前記第2開口部は、それぞれ対応する前記第1マイクロ発光素子および前記第2マイクロ発光素子よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項13】

発光装置の製造方法であって、
基板上に凹部を形成するステップと、
前記基板上に層間誘電体層を提供するステップと、前記層間誘電体層において前記基板の前記凹部の上方に設置された第1開口部を形成するステップと、
前記層間誘電体層に第2開口部を形成するステップと、
第1流体送達段階において、第1マイクロ発光素子を前記第1開口部内に流体送達するステップと、および
第2流体送達段階において、第2マイクロ発光素子を前記第2開口部に流体送達するステップと、を含むことを特徴とする発光装置の製造方法。

40

【請求項14】

前記第1流体送達段階における流体速度は、前記第2流体送達段階における流体速度よりも速いことを特徴とする請求項13に記載の発光装置の製造方法。

50

【請求項 15】

前記第1流体送達段階の捕捉段階期間において、前記第1流体送達段階の流体速度は、 $5 \sim 200 \mu\text{m/s}$ の持続速度であることを特徴とする請求項13に記載の発光装置の製造方法。

【請求項 16】

前記第2流体送達段階の捕捉段階期間において、前記第2流体送達段階の流体速度は、 $5 \sim 200 \mu\text{m/s}$ の持続速度であることを特徴とする請求項13に記載の発光装置の製造方法。

【請求項 17】

前記基板に形成された前記凹部の深さは、前記層間誘電体層における前記第1開口部の厚さとほぼ等しいことを特徴とする請求項13に記載の発光装置の製造方法。

10

【請求項 18】

前記層間誘電体層に第3開口部が形成されるステップと、
第3流体送達段階において、第3マイクロ発光素子を前記第3開口部に流体送達するステップと、をさらに含むことを特徴とする請求項13に記載の発光装置の製造方法。

【請求項 19】

前記基板内に複数の貫通孔が形成され、各前記貫通孔が、前記層間誘電体層の第1開口部および第2開口部のいずれか一方に対応するステップと、

前記第1流体送達段階または前記第2流体送達段階において、送達流体の一部を貫通孔に取り入れるステップと、を、さらに含むことを特徴とする請求項13に記載の発光装置の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

発光装置(LED)は、ディスプレイやランプなどの将来の高効率発光応用に使用されることが期待されている。近年、将来の高効率発光応用のマイクロLEDが開発されているがこれらの装置に関連する課題は、マイクロデバイスの組み立てが高価で複雑である可能性があるため、妥当な製造コストで、高精度な組み立てを達成することが困難になっている。

【0002】

30

ウィジェットをガラスまたはポリマーのような透明基板上に分布または整列させて発光装置を生産する方法は、当技術分野において周知である。経済的で効果的な方法は、インクまたはスラリーの液体キャリア媒体が小さな発光装置で満たされ、液体キャリア媒体が基板を流れるような流体自己組み立てである。前記マイクロ照明装置は、流体によって基板を流れて送達され、かつ製造過程において、基板上のマイクロ照明装置の機械的捕捉位置を機械的に捕捉するために重力が使用される。しかしながら、従来の流体自己組み立て方法では、異なるサイズのマイクロ装置が捕捉位置に閉じ込められると、装置はしばしば位置がずれたり、誤った位置に配置されたりする。また、装置が正確に整列され、正しい位置に設置されても、発光装置において得られる表面は平坦ではない可能性があるため、組み立て後の研磨ステップを必要とする。しかしこのような場合、製造プロセスにおける経済利益を損失し、場合によってはマイクロ照明装置の正確な位置が変更される恐れがある。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

上記課題を解決するために、発光装置およびその製造方法を提供する。一実施例によれば、凹部を有する基板、および基板の上に位置する層間誘電体層を含む発光装置を提供する。層間誘電体層は、第1開口部および第2開口部を有し、第1開口部は基板の凹部の上方に設置される。発光装置は、第1および第2マイクロ発光素子をさらに含むことができ、第1マイクロ発光素子の厚さは、第2マイクロ発光素子の厚さよりも大きい。第1マイク

50

口発光素子および第2マイクロ発光素子は、第1開口部および第2開口部にそれぞれ配置されていてもよい。

【0004】

本発明の概要は、以下の「詳細な説明」でさらに説明する概念の選択を簡略化した形で紹介するために提供される。本発明の概要の部分は主張された主旨の重要な特徴または本質的な特徴を特定することを目的とせず、請求される主旨の範囲を限定するために用いられることも意図していない。さらに、請求される主旨は、本開示における任意の部分に記載の任意またはすべての欠点を解決する実施形態に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0005】

本発明の添付図面の図面は、例を示す方式により本発明を説明するが、例を限定する方式により本発明を説明しているのではない。その中で、同一の構成要素には同一符号を付してある。

【図1A - 1B】本発明の第1実施例に係る発光装置を示す図である。

【図2】本発明の第2実施例に係る発光装置を示す図である。

【図3A - 3B】本発明の第3実施例に係る発光装置を示す図である。

【図3C】本発明の第5実施例に係る発光装置を示す図である。

【図4A - 4H】本発明の第1実施例に係る発光装置を製造するためのプロセスを示す図である。

【図5A - 5B】本発明の第1実施例に係る発光装置を製造するための自己整列プロセスを示す図である。

【図6】本発明の第1実施例に係る発光装置を製造するための変更プロセスを示す図である。

【図7A - 7B】本発明の第4実施例に係る発光装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

本発明の選択された実施例を添付の図面によって説明する。当業者にとっては明らかであるが、本公開中の本発明の実施例に対する以下の説明は例示のみのために提供され、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される本発明を限定するためではない。

【0007】

先ず図1Aに示すように、本発明の第1実施例によれば、発光装置10が提供される。図1Aは発光装置10（本明細書では“LED”と称する）の断面図である。発光装置10は、凹部30を有する基板20と、基板20上に位置し第1開口部22および第2開口部24を有する層間誘電体層40を含み、第1開口部22は、基板20の凹部30の上方に設置されて凹部30と連通する。発光装置10はさらに層間誘電体層40に位置する第3開口部26を含むことができ、第3開口部26は第2開口部24と異なるサイズを有する。通常、第1開口部22、第2開口部24および第3開口部26は、互いに異なるサイズを有する。開口部の横断面に対して、複数種類の形状を有することができ、サイズが異なる開口部に対して、複数種類のサイズを有することができる。具体的な例において、第1開口部22、第2開口部24および第3開口部26それぞれは、95～115 μm 、70～90 μm 、および45～65 μm の直径を有する円形形状に構成される。且つ、より具体的な例において、対応するサイズは105 μm 、80 μm と55 μm であってもよい。一般的に、開口部の効果的な直径のサイズは、対応するマイクロLEDよりも数マイクロメートル大きく設定（例えば、1～6 μm 、並びにより一般的には3 μm である）し、マイクロLEDが開口部内に組み立てられるため除去しにくい。この構成によって、開口部は、製造過程における流体送達の過程において、サイズが異なるマイクロLEDを機械的に捕捉するために用いられる。以下、より詳細に説明する。

【0008】

図1Aにおいて、第3開口部26は、それぞれ点線AおよびBによって頂部および底部

10

20

30

40

50

に示され、且つ凹部 30 が点線 B によって頂部に示される。点線 A は、層間誘電体層 40 の上表面の平面に沿って第 1 開口部 22 に伸びる仮想平面を示し、点線 B は、凹部 30 と第 1 開口部 22 との間の境界を図示する仮想平面を示し、前記仮想平面は、基板 20 の上表面の平面に沿って凹部 30 の上方に伸びる。図示された実施例において、凹部 30 の深さは、層間誘電体層 40 の厚さとほぼ等しくなるように構成されるが、他の構成でも可能であり、且つ層間誘電体層 40 の厚さに対して、凹部 30 は、より浅く又はより深くてもよく。後述するが、対応するマイクロ LED の厚さと一致するように凹部 30 と第 1 開口部 22 の総厚さを選択すればよい。従って、大きな装置を選択的に捕捉することができる捕捉位置が形成される。第 1 開口部 22、第 2 開口部 24 および第 3 開口部 26 は、層間誘電体層 40 の厚さとほぼ等しい厚さに配置することができる。例示的な構成において、層間誘電体層 40 の厚さは 0.1 ~ 100 μm との間で選択し、より具体的には 1 ~ 50 μm との間で選択することができ、且つ特定の実施例においては、5 μm であってもよい。図 1 A において、説明のためにマイクロ LED が既に除去されていることが理解できる。

10

【0009】

凹部 30 は、基板 20 の上表面に配置され、基板 20 は好ましくは透明基板であり、それはプラスチック、ポリマー（例えば、ポリイミド）またはガラス（有孔ガラス、石英ガラスまたはサファイアガラス）を含むことができ、または前記材質によって形成される。あるいは、透明基板は二層の基板を含む積層体であってもよい。一般的に、凹部 30 の深さは 0.1 ~ 100 μm との間であり、より具体的には 1 ~ 50 μm との間であり、特定の実施例においては 5 μm であってもよい。凹部 30 は、第 1 開口部 22 に対応する形状およびサイズに構成されてもよく、具体的な例において、第 1 開口部 22 は、直径が 95 ~ 115 μm との間であり、より具体的には直径が 105 μm である円形であってもよい。あるいは、凹部 30 は、異なる深さのマイクロ LED 装置に適應するために、同じ基板 20 上に異なる深さを有するようにエンボス加工またはエッチングすることができる。

20

【0010】

一般には、基板 20 の上表面に位置する層間誘電体層 40 は、前記実施例ではアクリル樹脂またはポリイミド樹脂のポリマー材料を含んでいるが、代替として、窒化ケイ素 (SiNx) または酸化ケイ素 (SiO₂) を含んでもよい。層間誘電体層 40 の厚さは、0.1 ~ 100 μm との間、より具体的には 1 ~ 50 μm の間の範囲に設定されてもよい。

30

【0011】

図 1 B を参照すると、発光装置 10 の最終組み立てを示すために、開口部および凹部 30 の中にマイクロ LED が放置されていることが示されている。第 1 マイクロ LED 12 は第 2 マイクロ LED 14 の厚さよりも厚く、第 1 開口部 22 に配置され、第 2 マイクロ LED 14 は第 2 開口部 24 に位置する。第 3 マイクロ LED 16 は第 3 開口部 26 内に位置してもよく、且つ第 2 マイクロ LED 14 とは異なるサイズであってもよい。第 1 マイクロ LED 12 および第 2 マイクロ LED 16 は、層間誘電体層 40 の上表面、第 1 マイクロ LED 12 の上表面および第 2 マイクロ LED 14 の上表面がほぼ同一平面になるように発光装置 10 上に設置されてもよく、これによって組み立てた後に、CMP のような研磨プロセスの使用または付加層の追加などの方式によって、発光装置 10 の上表面を平坦化する必要がない。このように、光学フィルムなどのようなカバー層を発光装置 10 における面一面に容易に製造することができる。第 1 開口部 22 および第 2 開口部 24 それぞれは、対応するマイクロ LED、即ち、第 1 マイクロ LED 12 および第 2 マイクロ LED 14 よりもわずかに大きくなるように設置される。例えば、マイクロ LED の直径は、第 1 開口部 22、第 2 開口部 24 および第 3 開口部 26 のそれぞれは、前記第 1 マイクロ LED 12、前記第 2 マイクロ LED 14 および第 3 マイクロ LED 14 よりもそれぞれ所定距離（例えば 5 μm ）大きい直径を有するように設置されており、以下に記載しているように、マイクロ LED は、流体送達組み立て期間において、より容易にこれらのそれぞれの開口部に沈む。あるいは、他の実施例において、第 1 マイクロ LED 12、第 2 マイクロ LED 14 および第 3 マイクロ LED 16 の上表面は、層間誘電体層 40 の上

40

50

表面よりも低くてもよく、且つ必要があれば、その後続の平坦化プロセスを応用してもよい。例えばマイクロLEDの頂部に材料を追加することによって、または層間誘電体層40の上表面における材料を除去することによって組み立て体の上表面を平坦化する。

【0012】

上記の開口部22、24、26のように、第1マイクロLED12、第2マイクロLED14および第3マイクロLED16も異なるサイズを有し、且つこれらの異なるサイズはそれぞれの上表面面積の差異として表してもよい。例えば、第1マイクロLED12の上表面の面積は、第2マイクロLED14の上表面の面積よりも大きく、第2マイクロLED14の上表面の面積は、第3マイクロLED16の上表面の面積よりも大きい。上表面面積の変化可能な程度の例として、第2マイクロLED14の上表面および第2開口部24に対応する頂部開口の面積は、第3マイクロLED16および第3開口部26に対応する頂部開口の面積の1.2倍以上であってもよい。より具体的には、1.5倍以上であってもよい。マイクロLED間の均一な知覚輝度を達成することが望まれるため、これらの例示的なサイズの差異は、各タイプのマイクロLEDの発光強度の差に基づいたもの、および製造プロセスのマージン、コスト、およびその他の要因を考慮したものである。マイクロLEDの形状については、図示された実施例では、マイクロLEDは円筒形に設置されている。特定の構成において、第1マイクロLED12は直径100 μm を有し、第2マイクロLED14は直径75 μm を有し、第3マイクロLED16は直径50 μm を有してもよい。しかしながら、前記直径は1~1000 μm の範囲であってもよい。上記サイズの差異により、マイクロLEDは、連続波での流体送達によって自己組み立てすることができ、その内、最大規格のマイクロLEDは最初に送達され、且つ使用可能な位置に充填され、続いて、中型サイズのマイクロLEDが送達され、且つ中型サイズの位置に充填され、最後に最小規格のマイクロLEDが送達され、且つ残りの位置に充填される。組み立て後に、CMPなどの研磨方法または追加のレベリング方法を使用する必要がなく、発光装置10においてほぼすべての位置が充填された平坦な上表面を実現する。

【0013】

第1マイクロLED12、第2マイクロLED14、および第3マイクロLED16は、それぞれ赤色光、緑色光および青色光を発するために用いることができ、且つ所望の色および強度の混合光を発する画素として機能することができる。前記赤色マイクロLEDは、一般には、ヒ化ガリウムをベースとすることができるため、窒化ガリウムをベースとする青色および緑色マイクロLEDよりも厚くすることができる。前記赤色マイクロLEDは、通常、単位面積あたりの弱い発光強度を有するので、他のマイクロLEDと類似する発光強度を達成するように、前記赤色マイクロLEDは大きな発光面積を有して補償する構成になってもよい。このように、マイクロLEDの厚さおよび面積は変化可能である。例示的な厚さとして、各第1マイクロLED12の厚さは、第2マイクロLED14および第3マイクロLED16の厚さよりも大きくてもよい。特定の実施例において、第1マイクロLED12は10 μm の厚さを有し、第2マイクロLED14は5 μm の厚さを有し、第3マイクロLED16は5 μm の厚さを有するが、これらの厚さには差異がある可能性がある。この厚さの特定の構成によって、層間誘電体層40の上表面および第1マイクロLED12、第2マイクロLED14および第3マイクロLED16の上表面はほぼ同一平面上にあり、発光装置10の上表面を平坦化するための例えばCMPプロセスの研磨プロセスを応用する必要がない。

【0014】

第1マイクロLED12、第2マイクロLED14および第3マイクロLED16は、既知のピークスペクトルを放射する発光面として用いられる上表面および接続電極として用いられる裏面を有する。例えば、第1マイクロLED12は、ピークスペクトルが630nm(赤色)であるリン化インジウムアルミニウム(AlGaInP)を含むことができ、第2マイクロLED14は、ピークスペクトルが517nm(緑色)である窒化インジウムガリウム(InGaN)を含むことができ、第3マイクロLED13は、ピークスペクトルが460nm(青色)である窒化ガリウム(GaN)を含むことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

第1実施例に係る発光装置10に示したように、発光装置10は基板20に形成された凹部30と、第1開口部22および第2開口部24を有する層間誘電体層40を含み、第1開口部22が基板20の凹部30の上方に設置され、第1マイクロLED12の厚さが、第2マイクロLED14の厚さよりも大きく、第1マイクロLED12および第2マイクロLED14がそれぞれ第1開口部22および第2開口部24に位置し、厚さが異なるLEDは、基板20上に容易に、且つ確実に位置決めすることができ、組み立て後に研磨方法、例えばCMPまたは追加のレベリングを使用することを必要とせずに、発光装置10に平坦な上表面を達成する。

【 0 0 1 6 】

図2に示すように、本発明の第2実施例に係る発光装置110が提供される。図2は、第1マイクロLED112の近傍における発光装置110の拡大断面図である。第2実施例の発光装置110において、横断面で示されるように、基板120の凹部130は、テーパ形状を有してもよく、且つ層間誘電体層140における第1開口部122も横断面においてテーパ形状を有する。図2において、T1およびT2は、凹部130および第1開口部122それぞれが水平面に対するテーパ角である。T3は、第1マイクロLED112が水平面に対するテーパ角である。図示された実施例では、T3はT1およびT2と同じであるが、T3はT1および/またはT1と異なってもよい。例えば、凹部130および第1開口部122は、夾角T1およびT2が30度~60度の間の角度になるように、水平方向に対して30度~60度となる角度で傾斜して次第に細くなる。より具体的な実施例として、図に示すように、角度T1およびT2は45度になる。図示された実施例では、T1とT2は同じ値であるように示されているが、T1とT2は、例えば30度~60度の範囲で形成される異なる角度であってもよい。特定の代替実施例として、層間誘電体層140における第1開口部122は、テーパ(T2=90度)状を有さず、凹部は、T1が70度と85度になるようなテーパ状であり、且つ第1マイクロLED112は、T1=T3となるように、70度と85度との間のテーパ角を有する。テーパ状構造は、マイクロLEDが開口部の上方に流体送達する際に、電極およびマイクロLEDを最適な位置に位置決めし、かつ重力作用で開口部内に沈むことに役立つ。

【 0 0 1 7 】

図2では、断面図としてのみ示されているが、第1マイクロLED112の形状は、円盤状、八角形、または六角形などの多角形であり、且つ上記テーパ状の凹部および開口部と同様のテーパ状の側面を有してもよい。前記テーパ状の側面により、発光面112a(即ち、上表面)の面積は、第1マイクロLED112の電極面112b(即ち、底面)の面積よりも大きい。従って、第1開口部122および凹部130に位置する第1マイクロLED112は、第1開口部122および凹部130に容易にフィットすることを許可する形状となるように構成される。図2の発光装置110には、単一のテーパ状の開口部122および単一のテーパ状のマイクロLED112のみが示されているが、これはテーパ状の側面の可能性を説明するためのものであり、且つ本明細書に記載の他の実施例における全てまたは選択された複数の開口部、凹部、およびマイクロLEDは、図2に示されるテーパ状を形成することができ、これにより様々な配列をカバーする。この内、開口部のみが漸次縮径し、マイクロLEDは漸次縮径しない実施例を含む。従って、後述する第2マイクロLEDと第3マイクロLEDおよび、これらの対応する開口部は、第1マイクロLED112と同様の構造を有することができる。上記の円盤状または多角形は、製造過程におけるマイクロLEDの流体送達過程におけるマイクロLEDがクラスタリングすることを抑制することに役立つ。これにより、基板全体にわたるこれらの分布を促進し、基板に分散された開口部に迅速に沈む。

【 0 0 1 8 】

図3Aを参照すると、第3実施例の発光装置210のドットパターン領域244の平面図が示されている。これは画素とも称される。発光装置210は、ドットパターン領域244によって具現された複数のドットパターンを含み、例えば複数行、複数列の形式によ

10

20

30

40

50

ってグリッドとして配置される、またはその他の繰り返しパターンをディスプレイ、テレビ、天井ライト、車両のライトとされる。本実施例の発光装置210は、ドットパターン領域244に配置された、赤色光を発するための第1マイクロLED212と、緑色光を発するための第2マイクロLED214と、青色光を発するための第3マイクロLED216及びまた青色光を発するための第4マイクロLED218を含む4つのマイクロLEDを有する。ドットパターン領域244における二つの青色マイクロLEDの構成は、人間のスペクトル感度が一般的に短い波長で弱いという事実を考慮して色域を改善することを目的とする(人間においては、スペクトル感度は、約三つのピークで認識され、それぞれ赤、緑色、青色にほぼ対応し、最も強いピークは緑色であり、次いで赤色と青色である)。第3マイクロLED216および第4マイクロLED218は、同じピークスペクトルを有することを必要としない可能性がある。例えば、第3マイクロLED216は、450nmのピークスペクトルを有するGaNを含むことができ、第4マイクロLED218は、470nmのピークスペクトルを有するGaNを含むことができる。

10

【0019】

第1実施例と同様に、図3Aに示される4つのマイクロLEDは円筒状に構成されるが、他の形状を使用してもよい。具体的な例として、第1マイクロLED212は90~110 μ m、例えば100 μ mの直径を有することができ、第2マイクロLED214は65~85 μ m、例えば75 μ mの直径を有することができ、第3および第4マイクロLED216、218は40~60 μ m、例えば50 μ mの直径を有することができる。以上に記載したように、赤色マイクロLEDは、その構成材料のために、緑色または青色マイクロLEDよりも厚く設定されることが多い。したがって、第1マイクロLED212の厚さは、第2、第3、第4マイクロLED214、216、218の厚さよりも厚く設定されることが一般的である。したがって、具体的な例では、第1マイクロLED212は、8 μ m~12 μ m、例えば10 μ mの厚さを有し、第2マイクロLED214は、4 μ mと6 μ m、例えば5 μ mの厚さを有し、第3および第4マイクロLED218は、4 μ mと6 μ m、例えば5 μ mの厚さを有する。

20

【0020】

図3Bを参照すると、発光装置210のドットパターン領域244における電極242a、242b、および242cの平面図が示されている。説明のために当該図面では、マイクロLEDが既に除去されている。第1開口部222、第2開口部224、第3開口部226および第4開口部228は、層間誘電体層240中に位置する。第1電極242aは、第1開口部222に配置された第1マイクロLED212の電極面に電氣的に接触するために用いられ、第2電極242bは、第2開口部224に配置された第2マイクロLED214の電極面に電氣的に接触するために用いられ、第3電極242cは、第3開口部226に配置された第3マイクロLED216と第4開口部228に配置された第4マイクロLED218の電極面に電氣的に接触するために用いられる。第1電極242a、第2電極242bおよび第3電極242cは互いに交差しない。第3電極242cは、第1マイクロLED212または第2マイクロLED214およびこれらのそれぞれの電極との接触を避けるために、ジグザグ状を呈する。

30

【0021】

本実施例において、層間誘電体層240は、マイクロLEDの電極242a、242b、242cを隔離するだけでなく、配置されたデバイスを選択的に捕捉すると同時に、より大きなデバイスを排除するために用いられる開口部も提供する。はんだまたは共晶接合によって、電極と配置されたデバイスとの間の良好な電気接触を確保することができる。組み立てにおいて、はんだは液体であってもよく、且つ捕捉を助けるために素子の毛細管力との相互作用を提供してもよい。

40

【0022】

図3Cを参照すると、第5実施例の発光装置410のドットパターン領域444(すなわち、画素)の平面図が示されている。この内、図3Aおよび図3Bの実施例と比較して、人間の分光感度を考慮するために、関連するマイクロLEDが形成される各開口部のサ

50

イズが既に調整されている。第3実施例と同様に、発光装置410は、ドットパターン領域444によって具体化された複数のこのようなドットパターンを含むことができる。説明のために、当該図面では、マイクロLEDが既に除去されている。第1開口部422a-b、第2開口部424a-cおよび第3開口部426a-dは、層間誘電体層440中に位置する。第1頂部リード電極442dおよび第1底部リード電極442aは、第1開口部422a-bに配置された赤色マイクロLEDの電極面に電氣的に接触するために用いられる。これにより赤色サブ画素が形成される。第2頂部リード電極442eおよび第2底部リード電極442bは、第2開口部424a-cに配置された緑色マイクロLEDの電極面に電氣的に接触するために用いられる。これにより緑色のサブ画素が形成される。第3頂部リード電極442fと第3底部リード電極442aは、第3開口部426a-dに配置された青色マイクロLEDの電極面に電氣的に接触するために用いられる。これにより青色サブ画素が形成される。頂部リード電極442d-fおよび底部リード電極442a-cは、これらの互いに交差する箇所には電氣的な接続が形成されず、マイクロLEDと電氣的に接触する。各マイクロLEDは二つの電気リードで構成され、一方は頂部リード電極に電氣的に接続され、他方は底部リード電極に電氣的に接続される。該実施例では、第1開口部422a-bに配置された第1マイクロLEDは20~75 μm 、例えば45 μm の直径を有することができる、第2開口部424a-cに配置された第2マイクロLEDは40~100 μm 、例えば70 μm の直径を有することができる、第3開口部426a-dに配置された第3マイクロLEDは50~200 μm 、例えば100 μm の直径を有することができる。以下に記載するように、流体組み立て期間においてマイクロLEDが送達されるが、第1段階では最大直径のマイクロLEDが送達されて1番目に大きい直径の開口部が充填され、続いて第2段階では2番目に大きいマイクロLEDが送達されて2番目に大きい直径の開口部が充填され、第3段階では、3番目に大きいマイクロLEDが送達されて3番目に大きい直径の開口部が充填される。青色、赤色、および緑色のサブ画素の全てのLEDの総マイクロLED面積は、6:3:2(青色:赤色:緑色に対する)の比率を有するように設定できる。赤色マイクロLEDを含む開口部422a-bの深さは、一般的に、より厚い赤色マイクロLEDを収容するように、青色および緑色マイクロLEDの開口部424a-c、426a-dよりも深く、これらの開口部の内、開口部422a-bのみが基板内に延びる凹部を含む断面構造を有し、上述の図1Aの実施例における凹部30と同様である。該実施例に埋め込まれた赤色マイクロLEDは、インジウムアルミニウムリン化物(AlGaInP)によって製造され、青色LEDおよび緑色LEDは、インジウムドーピングの量が異なる窒化ガリウム(GaN)に基づく。青色および緑色マイクロLEDの厚さは約5 μm であり、赤色マイクロLEDは約10 μm 以上の厚さである。無論、これらは単なる例示的な測定値であり、他のサイズのLEDを利用してよい。人間の視覚は平均して緑色光に最も敏感であり、次いで赤色光であり、青色に最も敏感ではない。従って、本実施例におけるマイクロLEDのサイズ、位置、および数は、各色のサブ画素に対して同じまたは類似の輝度を達成するように調整される。これにより、LED自体の単位面積あたりの発光強度の変化および各サブ画素によって放射される赤色、青色および緑色の波長に対する眼の視覚感度を考慮する。

【0023】

図4A-Fは、本発明の第1実施例に係る図1A-Bの発光装置10を製造するための例示的方法の製造ステップを示す断面図である。

【0024】

図4A-Bは、ベース上に基板20が形成された際の状況が示されている(簡略化のため、ベースは図に省略されている)。基板20上にマスク層としてバリア層[46]を堆積し、所定のパターンを形成するためにフォトリソグラフィによってそれをパターン化し、且つウェットエッチングまたはレリーフエッチングによって凹部30を基板20上に形成する。基板20に形成された凹部30の深さは、層間誘電体層40における第1開口部22の厚さ(即ち、深さ)とほぼ同じに設定される。従って、大きなデバイスを選択的に捕捉できる捕捉位置が作成される。その後、前記バリア層46は、アッシングまたは溶解

10

20

30

40

50

によって除去される。

【0025】

図4Cは、凹部30を有する基板20上に電極42を形成する際の状況を示す。電極42は、金属（例えばアルミニウム、銅）またはITO（インジウムスズ酸化物）を含むことができる。電極42は、スパッタリング、電気メッキおよびリフトオフ（lift-off）等の方法により形成することができる。電極42は、これらのそれぞれの開口部内に正確に配置され、且つ整列されたマイクロLEDの電極面に電氣的に接続される。電極42の厚さがマイクロLEDのこれらのそれぞれ開口部内における配置および整列を邪魔しないように、電極42はマイクロLEDよりも薄く設定される。電極42とマイクロLEDの電極面との電氣的接続をさらに向上させるために、電極42は基板20に設置された専用凹部内に形成されてもよい。

10

【0026】

図4Dは、基板20上に層間誘電体層40が形成される際の状況を示す。第1開口部22が層間誘電体層40中に形成され、基板20の凹部30上に設置される。これにより電極42の少なくとも一部が露出する。第2開口部24および第3開口部26は、層間誘電体層40における所定の位置に形成される。これにより電極42の少なくとも一部が露出する。層間誘電体層40は感光性樹脂を含むことができ、これは単独で基板20に堆積されてもよいし、処理プロセスによって基板20の一部製造されてもよい。

【0027】

図4E-Fは、第1流体送達段階を示す。大きくて重い素子は、一般的に、第1流体送達段階で流体送達される。一方、より小さくて軽い素子は、後続の段階で流体送達され、大きな素子は最初に大きな捕捉位置を充填し、且つ小さい空き捕捉位置を通過し、小さな素子は続いて小さな捕捉位置を充填する。第1流体送達段階において、第1マイクロLED12は、第1開口部22に流体送達される。図面の左側は、流体流路の上流部分を示し、黒色矢印で示しているように、マイクロLEDが前記上流部分に沿って流体送達される。図面の右側は下流部分を示す。しかしながら、上流部分および下流部分は、発光装置10における開口部および基板20に対する他の位置で特定することができる。先ず、第1マイクロLED12は流体に移されてインク又はスラリーを形成する。その後、前記スラリーは、基板20の上表面および上流部分の層間誘電体層40上に分布される。第1流体送達段階の低速捕捉工程期間において、第1流体送達段階の流動速度は、表面局部で5～200 $\mu\text{m}/\text{秒}$ の持続速度であってもよいが、ここでは第1マイクロLED12は重力によって下流方向における流体送達を駆動して第1開口部22に配置される（図4Fを参照）。LEDが沈むことが許可される低速捕捉期間がまだ存在する場合、LEDが表面上に分布されている第1流体送達段階の分布周期中において、流体は高振幅（例えば、1mm/secより大きい）の振動またはパルスであってもよい。高い流体キャリアオーバーディスク速度（例えば、ディスク速度が約200 $\mu\text{m}/\text{s}$ を超える）で、第1マイクロLED12は、第1開口部22および凹部30または他のデバイス（第2マイクロLED14または第3マイクロLED16）に整列することができない場合があるが、第1マイクロLED12ではなく第1開口部22に設置されてもよい。自己整列が起こらない可能性があるディスクの速度は、ディスクおよびウエルのサイズによって影響される。また、ディスク速度と流体速度との間の関係は、送達流体の性質によって影響される。したがって、ディスクの表面局部の速度が5～100 $\mu\text{m}/\text{s}$ の範囲であれば、第1開口部22内の第1マイクロLED12の整列および配置が改善される。第1流体送達段階は、一つの製造過程において、可変な流体速度および方向によって複数回繰り返すことができる。

20

30

40

【0028】

図4G-Hは、それぞれ第2および第3流体送達段階を示す。第2流体送達段階において、第2マイクロLED14は第2開口部24に流体送達される。第3流体送達段階において、第3マイクロLED16は第3開口部26に流体送達される。図面の左側は、流体流路の上流部分を示し、黒色矢印で示しているように、マイクロLEDが前記上流部分に沿って流体送達される。図の右側は下流部分を示す。しかしながら、理解できるように、

50

上流部分および下流部分は、発光装置 10 の開口部および基板 20 に対する他の位置で特定することができる。第 2 流体送達段階において、第 2 マイクロ LED 14 は、最初に流体に移されてインクまたはスラリーを形成する。同様に、第 3 流体送達段階において、第 3 マイクロ LED 16 は、最初に流体に移されてインクまたはスラリーを形成する。その後、前記スラリーは、基板 20 の上表面および上流部分上の層間誘電体層 40 上に分布される。第 2 および第 3 流体送達段階は、一つの製造過程において可変な流体速度および方向で複数回繰り返すことができる。

【0029】

第 2 流体送達段階の捕捉段階期間において、第 2 流体送達段階の流体速度は、5 ~ 100 $\mu\text{m}/\text{s}$ の範囲内の持続速度であってもよい。この内、第 2 マイクロ LED 14 は、下流方向において流体送達によって第 2 開口部内に配置され、第 2 マイクロ LED 14 以外のデバイスは第 2 開口部 24 から追い出される。第 2 流体送達段階の分配時間帯の期間において、沈むために、1 mm/s のような高い速度を用いて、当該段階の LED のクロスオーバー表面を分配することができる。例えば、図 5 A は、流体送達が第 3 マイクロ LED 16 を第 2 開口部 24 から追い出す状況が示されている。第 2 マイクロ LED 14 は、100 $\mu\text{m}/\text{s}$ を超える流体キャリアオーバーディスク速度で、第 2 開口部 24 内に自己整列できない場合があり、または他のデバイスは第 2 マイクロ LED 14 ではなく第 2 開口部 24 に設置されてもよい。例えば、図 5 B は、第 2 マイクロ LED 14 ではなく第 3 マイクロ LED 16 が第 2 開口部 24 に配置される状況を示す。したがって、5 ~ 100 $\mu\text{m}/\text{s}$ の範囲の持続流体速度は、第 2 開口部 24 における第 2 マイクロ LED 14 の整列および配置を改善し、一方、特に同じ送達段階で分配される様々な装置を含む際に、第 2 開口部 24 における他のデバイスの整列および配置を悪化させる。所定の流体速度では、ミスマッチデバイスを備えた開口部の間に十分な乱流が発生するため、開口部からミスマッチデバイスが除去されると考えられている。同時に、ミスマッチデバイスの端子部分が開口部から突き出ると、LED 表面に沿った層流の遮断は、十分な乱流を生じさせ、これによって、ミスマッチ素子の端子部分に上向きの力を加えて開口部から前記デバイスを除去する。同様に、第 3 マイクロ LED 16 は、第 3 開口部 26 内に自己整列させることを許可する範囲（例えば持続的な 5 ~ 100 $\mu\text{m}/\text{s}$ ）の流体速度で送達される。第 1 マイクロ LED 12 の第 2 マイクロ LED 14 および第 3 マイクロ LED 16 に対する重い質量を考慮すると、前記第 1 流体送達段階の流体速度は、第 2 および第 3 流体送達段階の流体速度よりも速くなるように構成されてもよい。したがって、その質量は第 2 マイクロ LED 14 および第 3 マイクロ LED 16 よりも重い、第 1 マイクロ LED 12 の流体自己組み立ても可能である。流体送達段階期間において、マイクロ LED を均一に分配することをサポートするように、様々な分散技術のような他のプロセスを同時に利用して、流体送達期間においてマイクロ LED の流体送達に影響することができる。組み立て後、インクまたはスラリーは、蒸発などのプロセスによって発光装置 10 から除去される。

【0030】

上記連続的バッチ組み立て方法によって、大きな部品は大きな開口部に位置することができると共に小さな開口部にそれらが入り込むことを防止する。その後、小さな素子は、対応する開口部中に組み立てることができる。この際、これら開口部は既により大きいデバイスと開口部の予備組み立てのサイズ排除によってそれぞれ大きな開口部と小さな開口部から排除される。このように、複数の素子タイプを単一基板上に組み立てることができる。この結果、平坦なレイアウト構造が得られ、CMP または過度のポリマーレベリング層の使用を必要とせず、下流の処理および集積を容易にするため、電気接点をパターン化し、デバイスを固定及び保護し、凹部とマイクロ LED との間隙をブリッジ接続するように、ポリマー（例えばポリイミド）の使用を制限することができる。

【0031】

図 6 は、本発明の第 1 実施例に係る図 1 A - B の発光装置 10 を製造するための変形例の製造方法を示す断面図である。図 4 G - H に示すように、図面の左側は、流体流路の上流部分を示し、黒色矢印で示しているように、マイクロ LED が前記上流部分に沿って流

体送達される。図の右側は下流部分を示す。しかしながら、理解できるように、上流部分および下流部分は、発光装置 10 における開口部および基板 20 に対する他の位置で特定することができる。図 6 は、変更された第 2 流体送達段階を示し、第 2 マイクロ LED 14 は第 2 開口部 24 に流体送達され、前記第 3 マイクロ LED 16 は第 3 開口部 26 に流体送達される。本質上、変更された第 2 流体送達段階は、図 4 G - H に示す第 2 流体送達段階および第 3 流体送達段階と組み合わせられて一つの段階とする。変更された第 2 流体送達段階において、第 2 マイクロ LED 14 および第 3 マイクロ LED 16 は、最初に流体に移されてインクまたはスラリーを形成する。その後、前記スラリーは、基板 20 の上表面および上流部分の層間誘電体層 40 上に分布される。図 4 G - 図 4 H に示すように、変更された第 2 流体送達段階の流体速度は、第 2 マイクロ LED 14 および第 3 マイクロ LED 6 がそれぞれ第 2 開口部 24 および第 3 開口部 26 に適切に自己整列するようにする範囲内に設定することができる。

10

【0032】

図 7 A を参照すると、本発明の第 4 実施例に基づき発光装置 310 が提供される。第 4 実施例の構造は、第 1 実施例の構造と略同じであるので、簡潔にするために、ここでの詳細な説明は省略する。全体の詳細な説明および図面において、同じ部分には同じ参照番号が付されていることに注意されたい。図 7 A は、発光装置 310 の断面図である。前記実施例の基板 320 は凹部 330 の底部に形成され、凹部 330 の上方に設置された対応する第 1 開口部 322 と連通するように開口した第 1 貫通孔 332 を有する。基板 320 は、層間誘電体層 340 における第 2 開口部 324 の底部に形成された第 2 貫通孔 334 をさらに有し、第 2 開口部 324 は凹部 330 の上方に位置しない。第 3 貫通孔 336 も基板 320 上に位置し、且つ層間誘電体層 340 の第 3 開口部 326 の底部に形成される。

20

【0033】

上述した発光装置を製造するための方法は、発光装置 310 を製造するために、変更可能であり、さらに複数の貫通孔（第 1 貫通孔 332、第 2 貫通孔 334、第 3 貫通孔 336）を形成し、各貫通孔は、層間誘電体層の第 1 開口部 322、第 2 開口部 324 および第 3 開口部 326 のいずれか一つに対応する。第 1 貫通孔 332 は、第 2 貫通孔 334 よりも広い幅を有し、第 2 貫通孔 334 はまた第 3 貫通孔 336 よりも広い幅を有するように構成されている。基板 320 の凹部 330 が形成された後、第 1 貫通孔 332、第 2 貫通孔 334 および第 3 貫通孔 336 がエッチングによって基板 320 に形成される。凹部 330 の底部に形成された第 1 貫通孔 332 は、層間誘電体層 340 における第 1 開口部 322 に予め定められる。第 2 貫通孔 334 および第 3 貫通孔 336 は、基板 320 に形成され、それぞれ層間誘電体層 340 における第 2 開口部 324 および第 3 開口部 326 に位置する底部に予め定められる。

30

【0034】

第 1 貫通孔 332、第 2 貫通孔 334 および第 3 貫通孔 336 は、第 1 流体送達段階または第 2 流体送達段階において送達流体の一部を取り入れるために用いられる。前記第 1 流体送達段階において、真空装置（図示せず）が、第 1 マイクロ LED 312 を流体送達によって第 1 開口部 322 および凹部 330 に引っ張るように、第 1 貫通孔 332 によって送達流体の一部を取り入れる。同時に、真空装置はさらに、第 2 貫通孔 334 および第 3 貫通孔 336 によって粒子を取り入れる。マイクロ LED は非常に小さく且つ薄い。時には製造プロセス中または製造プロセスの前に割れる。したがって、第 1 マイクロ LED の破片は、貫通孔 332 を通過する粒子を形成することができる。

40

【0035】

前記第 2 流体送達段階において、真空装置は、第 2 貫通孔 334 および第 3 貫通孔 336 によって一部の送達流体を取り入れる。これにより、流体送達によって、第 2 マイクロ LED 314 および第 3 マイクロ LED 316 をそれぞれ第 2 開口部 324 および第 3 開口部 326 に引っ張る。同時に、前記真空装置は、さらに、第 1 貫通孔 332 によって粒子を取り入れる。粒子は、第 2 マイクロ LED 314 および第 3 マイクロ LED 316 の破片を含むことができる。インクまたはスラリーは、その後、蒸発などのプロセスによ

50

て発光装置 310 から除去してもよい。

【0036】

故に、貫通孔を含む各組み立て位置において、インク不純物または装置の破片などのスクラップを除去することができる。サイズが適切であれば、開口部および凹部と組み合わされる貫通孔によって、マイクロLEDの同時かつ選択的な自己組み立て、組み立てプロセスの簡略化および短縮、捕捉された配置されていない装置の再利用を実現することができる。

【0037】

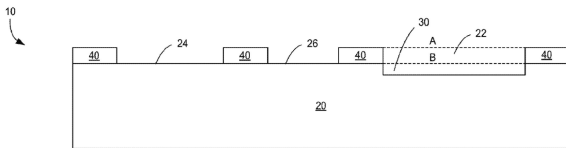
ここで記載された構成および/または方法は本質上例示的なものであり、これらの具体的な実施例または例は多くの変形が可能であるため、限定する意味で理解されるべきではない。ここで記載の具体的なルーチンまたは方法は、任意の数の処理戦略の内の1つまたは複数を表すことができる。このように、示されたおよび/または記載された様々な動作は、示されたおよび/または記載された順序、他の順序、同時または省略された方法によって実行されてもよい。同様に、上記プロセスの順序は変更することができる。

10

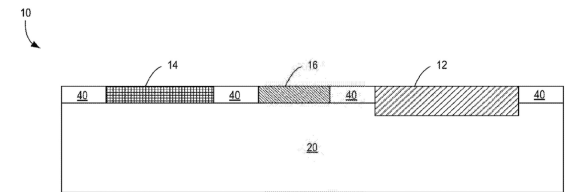
【0038】

開示されている本願の主旨は、本明細書で開示されている様々なプロセス、システムと構成、およびその他の特徴、機能、動作および/または特性ならびにその任意と、全ての均等物の全ての新規において、明白でない組み合わせとサブコンビネーションを含む。

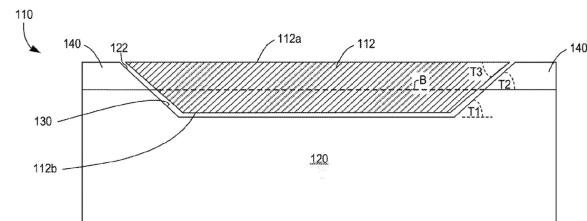
【図1A】



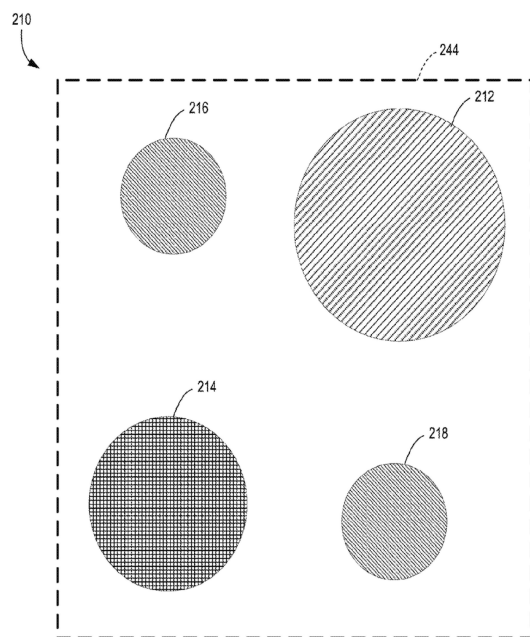
【図1B】



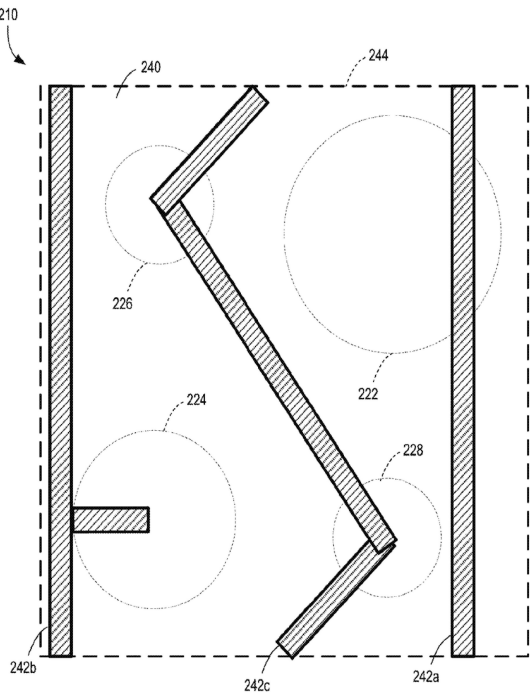
【図2】



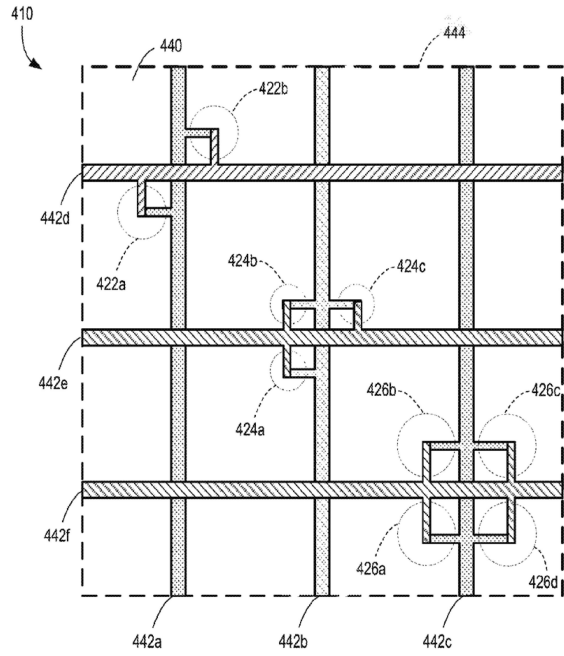
【図3A】



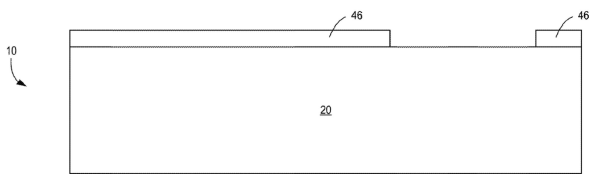
【 3 B 】



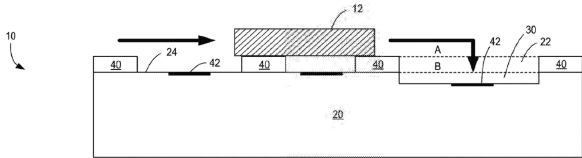
【 3 C 】



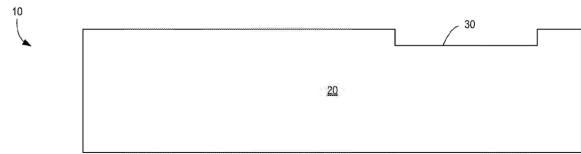
【 4 A 】



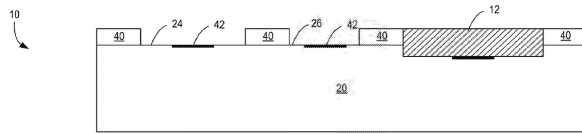
【 4 E 】



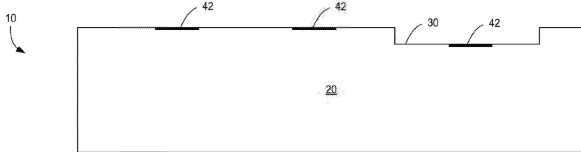
【 4 B 】



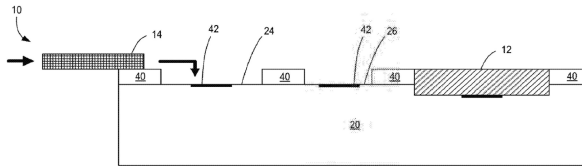
【 4 F 】



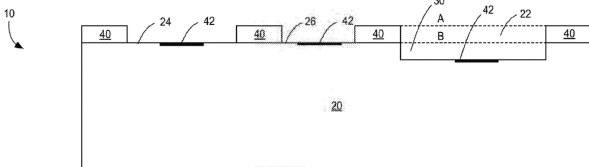
【 4 C 】



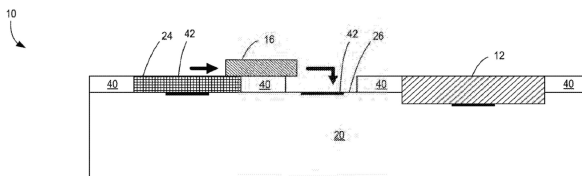
【 4 G 】




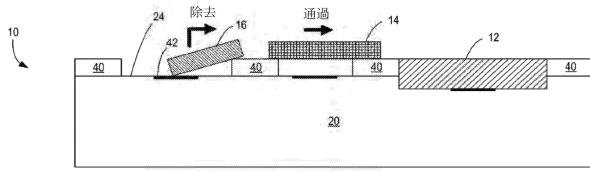
【 4 D 】




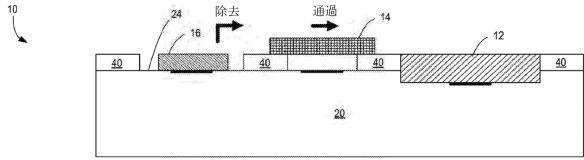
【 4 H 】



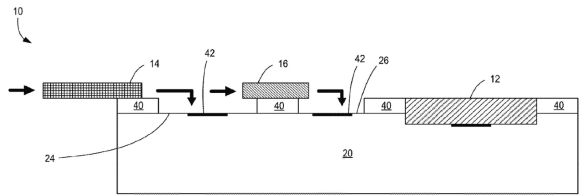
【 5 A】




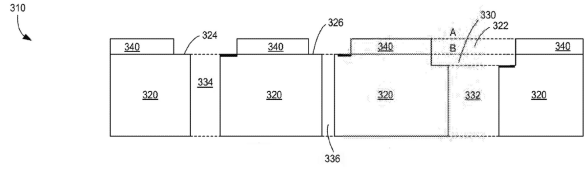
【 5 B】




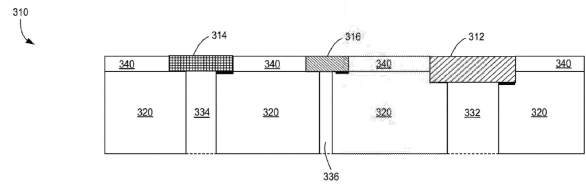
【 6】



【 7 A】



【 7 B】



フロントページの続き

(72)発明者 ボウル シュウレ

アメリカ合衆国 ワシントン州 98607, カマス, ノースウェスト パシフィック リム ブ
ールバード 5750 シャープ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内

(72)発明者 マーク クローダー

アメリカ合衆国 ワシントン州 98607, カマス, ノースウェスト パシフィック リム ブ
ールバード 5750 シャープ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内

審査官 吉岡 一也

(56)参考文献 特開2003-158296(JP, A)

特開2004-158604(JP, A)

特開2014-130327(JP, A)

特開昭57-052073(JP, A)

米国特許出願公開第2004/0068864(US, A1)

特開2005-191488(JP, A)

特開2010-044096(JP, A)

特開平05-145117(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00-33/64