

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7404371号  
(P7404371)

(45)発行日 令和5年12月25日(2023.12.25)

(24)登録日 令和5年12月15日(2023.12.15)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 2 B 5/18 (2006.01) G 0 2 B 5/18

請求項の数 15 (全16頁)

(21)出願番号	特願2021-533803(P2021-533803)	(73)特許権者	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050 3050 Bowers Avenue Santa Clara CA 95054 U.S.A.
(86)(22)出願日	令和1年12月17日(2019.12.17)	(74)代理人	110002077 園田・小林弁理士法人
(65)公表番号	特表2022-514525(P2022-514525A)	(72)発明者	エヴァンズ, モーガン アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
(43)公表日	令和4年2月14日(2022.2.14)		最終頁に続く
(86)国際出願番号	PCT/US2019/066812		
(87)国際公開番号	WO2020/131852		
(87)国際公開日	令和2年6月25日(2020.6.25)		
審査請求日	令和4年12月14日(2022.12.14)		
(31)優先権主張番号	62/780,802		
(32)優先日	平成30年12月17日(2018.12.17)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 複数の格子を形成する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の複数の格子を形成する方法であって、  
基板上に配置された格子材料の上に保護材料を堆積させることであって、前記保護材料が、前記格子材料上に配置されたパターンニングされたハードマスクの部分間に堆積され、前記保護材料は、前記格子材料の平坦な上面から前記保護材料の上面までの厚さを有し、前記保護材料の前記厚さは、イオンビームが前記格子材料に向けて方向付けられた時に前記保護材料の前記厚さが前記格子材料の除去を少なくとも部分的に阻害するように、前記格子材料の平坦な上面に沿って変動する、保護材料を堆積させることと、  
前記格子材料の少なくとも一部分が除去され、これにより前記保護材料の前記厚さにそれぞれ対応する深さプロファイルを有する前記第1の複数の格子が形成されて、前記第1の複数の格子のうちの少なくとも1つの格子が前記第1の複数の格子のうちの他の格子とは異なる厚さを有するように、前記イオンビームを前記格子材料に向けて方向付けることと、  
を含み、前記第1の複数の格子のうちの少なくとも1つの格子が、5°~85°の角度を有する、  
 方法。

10

【請求項2】

前記保護材料を堆積させることは、前記格子材料の第1部分と第2部分の上に前記保護材料を堆積させることであって、これにより、前記厚さを有する前記保護材料が、前記第1部分における前記格子材料の除去を完全に阻害する、前記保護材料を堆積させることと、

20

前記第 2 部分の上の前記保護材料を除去することと、を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 部分の上に配置された前記保護材料が、前記第 2 部分の上に配置された前記保護材料よりも厚い、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記保護材料の前記厚さが、前記第 1 の複数の格子にわたって 2 次元的に変動するか、又は前記格子材料にわたって線形に変動する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

複数の格子を形成する方法であって、  
基板上に配置された格子材料の第 1 部分の上に保護材料を堆積させることであって、前記格子材料の前記第 1 部分は第 2 部分に隣接しており、前記保護材料が、前記第 1 部分上のパターンニングされたハードマスクの部分間に配置され、前記パターンニングされたハードマスクは、前記格子材料の上に配置され、前記保護材料は、前記格子材料の平坦な上面から前記保護材料の上面までの厚さを含み、前記保護材料の前記厚さは、イオンビームが前記格子材料に向けて方向付けられた時に前記格子材料の前記第 1 部分の除去を阻害する、保護材料を堆積させることと、

前記複数の格子が形成されるように、前記イオンビームを前記格子材料の前記第 1 部分及び前記第 2 部分に向けて方向付けることであって、前記第 1 部分において第 1 の複数の格子が形成され、前記第 2 部分において第 2 の複数の格子が形成され、前記第 1 の複数の格子は前記第 2 の複数の格子の第 2 の深さよりも小さな第 1 の深さを有し、前記第 1 の深さは対応する前記保護材料の厚さに基づく、前記イオンビームを前記格子材料の前記第 1 部分及び前記第 2 部分に向けて方向付けることと、を含む、

前記第 1 の複数の格子及び前記第 2 の複数の格子のうちの少なくとも 1 つの格子が、 $5^{\circ}$  ~  $85^{\circ}$  の角度を有する、

方法。

【請求項 6】

前記格子材料の前記第 2 部分の上に前記保護材料を堆積させることを更に含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 部分の上に配置された前記保護材料が、前記第 2 部分の上に配置された前記保護材料よりも厚い、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 の複数の格子のうちの少なくとも 1 つの格子が、前記第 1 の複数の格子のうちの他の格子とは異なる厚さを有する、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 9】

前記保護材料を堆積させること及び前記イオンビームを方向付けることが反復される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 10】

第 1 の複数の格子を形成する方法であって、：

基板上に配置された格子材料の第 1 部分及び第 2 部分の上に保護材料を堆積させることであって、前記格子材料の前記第 1 部分は第 2 部分に隣接しており、前記保護材料が、前記第 1 部分及び前記第 2 部分上のパターンニングされたハードマスクの部分間に配置され、前記パターンニングされたハードマスクは、前記格子材料の上に配置され、前記保護材料は、前記格子材料の平坦な上面から前記保護材料の上面までの第 1 の厚さであって、イオンビームが前記第 1 部分に向けて方向付けられた時に前記格子材料の前記第 1 部分の除去を阻害する、前記保護材料の前記第 1 の厚さと、

前記格子材料の平坦な上面から前記保護材料の上面までの第 2 の厚さであって、イオンビームが前記第 2 部分に向けて方向付けられた時に前記格子材料の前記第 2 部分の除去を阻害する前記第 2 の厚さと、を含む、保護材料を堆積させることと、

前記第 1 の複数の格子及び第 2 の複数の格子が形成されるように、前記イオンビームを前

10

20

30

40

50

記格子材料の前記第 1 部分及び前記第 2 部分に向けて方向付けることであって、前記第 1 部分において前記第 1 の複数の格子が形成され、前記第 2 部分において前記第 2 の複数の格子が形成され、前記第 1 の複数の格子は前記第 2 の複数の格子の第 2 の深さよりも小さな第 1 の深さを有し、前記第 1 の複数の格子の前記第 1 の深さは前記保護材料の前記第 1 の厚さに基づき、前記第 2 の複数の格子の前記第 2 の深さは前記保護材料の前記第 2 の厚さに基づく、前記イオンビームを前記格子材料の前記第 1 部分及び前記第 2 部分に向けて方向付けることと、を含み、

前記第 1 の複数の格子及び前記第 2 の複数の格子のうちの少なくとも 1 つの格子は、 $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$  の角度を有し、

前記第 2 部分の上に前記保護材料を堆積させることが、複数の加熱ピクセル又は発光ダイオード (LED) に前記保護材料を曝露することを含む、方法。

10

【請求項 1 1】

前記複数の加熱ピクセル又は LED の各々が個別に制御される、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記基板の裏面に、前記第 1 部分に対応する温度分布が提供される、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記第 1 の複数の格子のうちの少なくとも 1 つの格子が、前記第 1 の複数の格子のうちの他の格子とは異なる厚さを有する、請求項 1 0 に記載の方法。

20

【請求項 1 4】

前記保護材料がジアゾナフトキノン、フェノールホルムアルデヒド樹脂、ポリ(メチルメタクリレート)、ポリ(メチルグルタルイミド)、及び SU-8 の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記保護材料を堆積させることが、インクジェットプリンティング又は三次元(3D)プリンティングを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

30

【0001】

技術分野

本出願の実施形態は方法に関し、より具体的には、複数の格子を形成する方法に関する。

【0002】

関連技術の説明

仮想現実とは、一般に、コンピュータで生成された模擬環境であって、その中でユーザが見かけ上の物理的存在を有する、模擬環境であると考えられる。仮想現実体験は、三次元(3D)で生成されることが可能であり、実際の環境を置換する仮想現実環境を表示するためのレンズとしてニアアイディスプレイパネルを有する、眼鏡又はその他のウェアラブルディスプレイデバイスといったヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いて視認されうる。

40

【0003】

しかし拡張現実とは、ユーザが、眼鏡又はその他のHMDデバイスのディスプレイレンズを通して見て周囲環境を視認することが可能であるまま、表示のために生成されてこの環境の一部として出現する仮想物体の画像も見ることができるとい、体験を可能にする。拡張現実とは、任意の種類のカップリング(音響カップリング及び触覚カップリングなど)に加えて、ユーザが体験する環境を強化又は拡張する仮想画像、グラフィックス、及びビデオも含みうる。

【0004】

ユーザに拡張現実体験を提供するために、仮想画像が周囲環境上にオーバーレイされる

50

。画像のオーバーレイを支援するために導波路 ( wave guides ) が使用される。生成された光は、導波路を通るように伝搬されてから、この導波路を出て周囲環境上にオーバーレイされる。一部の実行形態では、複数の導波路が、重ねられるか又は別様に組み合わせられて、光学デバイス ( ディスプレイレズなど ) を形成する。導波路又は導波路結合器の各々は、種々の格子領域を有する基板を含む。

【 0 0 0 5 】

当該技術分野における不利益の 1 つは、同一基板上に種々の格子を製造することが時間のかかるプロセスであるということである。種々の材料特性 ( 格子配向や格子深さなど ) を有する格子を製造するためには、フォトリソグラフィにおいて、種々のマスクングステップ及び方法が必要となる。加えて、一部のフォトリソグラフィ方法は、異なる導波路において格子の間隔及び深さプロファイルを変動させる能力を有していない。

10

【 0 0 0 6 】

したがって、必要とされているのは、別々の格子プロファイルを有する複数の格子領域を形成することを可能にする製造プロセスである。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 7 】

本書の実施形態は、複数の格子を形成する方法を含む。この方法により、種々の格子プロファイルを有する導波路を、より迅速かつより安価に形成することが可能になる。

【 0 0 0 8 】

一実施形態では、第 1 の複数の格子を形成する方法が提供される。この方法は、基板上に配置された導波路結合器の一又は複数の第 1 領域の上に保護材料を堆積させることであって、イオンビームが基板に向けて方向付けられている時に保護材料が導波路結合器上に配置された格子材料の除去を少なくとも部分的に阻害するように、保護材料が第 1 の厚さを有する、保護材料を堆積させることと、導波路結合器の一又は複数の第 1 領域から格子材料の少なくとも一部分が除去され、これにより第 1 の複数の格子が形成されるように、イオンビームを基板に向けて方向付けることと、を含む。複数の格子の第 1 格子のうちの少なくとも 1 つは、約 5 ° ~ 約 8 5 ° の角度を有する。

20

【 0 0 0 9 】

別の実施形態では、複数の格子を形成する方法が提供される。この方法は、基板上に配置された導波路結合器の一又は複数の保護領域の上に保護材料を堆積させることであって、保護材料が、イオンビームが基板に向けて方向付けられている時に導波路結合器上に配置された格子材料の除去を阻害する厚さを有する、保護材料を堆積させることと、導波路結合器の一又は複数の保護されない領域のうちの 1 つから格子材料の少なくとも一部分が除去され、これにより複数の格子が形成されるように、イオンビームを基板に向けて方向付けることと、一又は複数の保護領域の上の保護材料を除去することと、を含む。一又は複数の保護されない領域は、マイクロディスプレイから入射光ビームを受信するよう構成される。複数の格子のうちの少なくとも 1 つの格子は、約 5 ° ~ 約 8 5 ° の角度を有する。

30

【 0 0 1 0 】

更に別の実施形態では、第 1 の複数の格子を形成する方法が提供される。この方法は、基板上に配置された導波路結合器の一又は複数の保護領域の上に保護材料を堆積させることであって、保護材料が、イオンビームが基板に向けて方向付けられている時に導波路結合器上に配置された格子材料の除去を阻害する厚さを有する、保護材料を堆積させることと、保護されない領域のうちの 1 つの少なくとも一部分上に保護材料を堆積させることと、導波路結合器の一又は複数の保護されない領域のうちの 1 つから格子材料の少なくとも一部分が除去され、これにより第 1 の複数の格子が形成されるように、イオンビームを基板に向けて方向付けることと、一又は複数の保護領域の上の保護材料を除去することと、を含む。第 1 の複数の格子は、2 つの異なる深さを伴う 1 つのプロファイルを有する。複数の格子のうちの少なくとも 1 つの格子は、約 5 ° ~ 約 8 5 ° の角度を有する。保護されない領域のうちの 1 つの少なくとも一部分上に保護材料を堆積させることは、複数の加熱ピクセル又は発光ダイオード ( LED ) に材料を曝露することを含む。

40

50

## 【 0 0 1 1 】

本開示の上述の特徴を詳しく理解しうるよう、上記で簡単に要約した本開示のより詳細な説明が、実施形態を参照することによって得られる。一部の実施形態は付随する図面に示されている。しかし、付随する図面は、例示的な実施形態のみを示すものであり、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではなく、その他の等しく有効な実施形態も許容しうることに、留意されたい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 2 】

【図 1 A】一実施形態による、基板の正面透視図を示す。

【図 1 B】一実施形態による導波管結合器の正面透視図を示す。

10

【図 2 A】一実施形態による、システムの概略断面図を示す。

【図 2 B】一実施形態による、基板支持アセンブリの正面透視図を示す。

【図 2 C】一実施形態による、LEDアレイの概略図を示す。

【図 3】一実施形態による、導波路結合器を製造するための方法の工程のフロー図である。

【図 4 A】一実施形態による、導波路結合器を製造する方法における保護されない領域の概略断面図を示す。

【図 4 B】一実施形態による、導波路結合器を製造する方法における保護されない領域の概略断面図を示す。

【図 4 C】一実施形態による、導波路結合器を製造する方法における保護されない領域の概略断面図を示す。

20

【図 4 D】一実施形態による、導波路結合器を製造する方法における保護されない領域の概略断面図を示す。

【図 5 A】一実施形態による、格子の2Dアレイを有する保護されない部分の上面図を示す。

【図 5 B】一実施形態による、格子の2Dアレイを有する保護されない部分の側面図を示す。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 3 】

理解を容易にするため、可能な場合には、複数の図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。1つの実施形態の要素及び特徴は、更なる記述がなくとも他の実施形態に有益に組み込まれうると、想定される。

30

## 【 0 0 1 4 】

本出願の実施形態は概して、複数の格子を形成するための方法に関する。この方法は概して、基板上に配置された導波路結合器の一又は複数の保護領域の上に材料を堆積させることであって、材料が、イオンビームが基板に向けて方向付けられている時に導波路結合器上に配置された格子材料の除去を阻害する厚さを有する、材料を堆積させることと、イオンビームを基板に向けて方向付けることと、を含む。本書で開示している方法により、一又は複数の保護されない領域内に複数の格子又はフィンが形成される一方で、保護領域内には格子が形成されないということが可能になる。本書で開示している実施形態は、導波路のための複数の格子の形成に有用でありうるが、これに限定されるわけではない。

40

## 【 0 0 1 5 】

本書で使用される場合、「約 ( a b o u t ) 」という語は、公称値からの + / - 1 0 % の変動のことを指す。かかる変動は本書で提供しているいかなる値にも含まれうると、理解されたい。

## 【 0 0 1 6 】

図 1 A は、一実施形態による、基板 1 0 1 の正面透視図を示している。基板 1 0 1 は、光学デバイスで使用されるよう構成される。基板 1 0 1 は、当技術分野で使用される任意の基板でありうる。例えば、基板 1 0 1 は、半導体材料 (例えばシリコン ( S i )、ゲルマニウム ( G e )、シリコンゲルマニウム ( S i G e )、及び/又はヒ化ガリウム ( G a A s ) といった I I I - V 族半導体) を含む。別の例では、基板 1 0 1 は、透明材料 (例

50

例えばガラス及び/又はプラスチック)を含む。基板 101 は、表面上に任意の数の絶縁層、半導体層、又は金属層を有しうる。

#### 【0017】

図示しているように、基板 101 は、表面上に配置された複数の導波路結合器 103 を含む。複数の導波路結合器 103 は、横列と縦列とのグリッドで基板 101 上に配置される。基板 101 上に複数の導波路結合器 103 を配置する、別の好適な構成も、本書に記載の実施形態にしたがって実装されうると想定される。

#### 【0018】

図 1B は、一実施形態による、導波路結合器 103 の正面透視図を示している。導波路結合器 103 は、電磁放射(例えば光)を導くよう構成される。図示しているように、導波路結合器 103 は複数の領域を含み、複数の領域の各々は、複数のインカップリング格子 108 によって画定されたインカップリング領域 102、複数の中間格子 110 によって画定された中間領域 104、及び複数の出力格子 112 によって画定された出力カップリング領域 106 といった、複数の格子又はフィンを含む。

10

#### 【0019】

インカップリング領域 102 は、マイクロディスプレイから、強度を有する入射光ビーム(仮想画像)を受信するよう構成される。インカップリング領域 102 の複数のインカップリング格子 108 の各格子は、入射ビームを複数のモードに分割する(各ビームは 1 つのモードを有する)。ゼロ次モード( $T_0$ )のビームは、反射するか又は伝導される。正の一次モード( $T_1$ )のビームは、全内部反射(TIR)して導波路結合器 103 を通り、出力カップリング領域 106 に至る。負の一次モード( $T_{-1}$ )のビームは、導波路結合器 103 内を、 $T_1$ のビームとは逆方向に伝播する。

20

#### 【0020】

本書に記載の実施形態であって、本書に記載の他の実施形態と組み合わせられうる実施形態では、導波路結合器 103 の堆積中にインカップリング領域 102 と中間領域 104 との間の最小距離 114 が維持され、かつ導波路結合器 103 の堆積中に中間領域 104 と出力カップリング領域 106 との間の最小距離 116 が維持される。例えば、最小距離 114 及び最小距離 116 は約 1mm 未満である。本書に記載の実施形態であって、本書に記載の他の実施形態と組み合わせられうる実施形態では、複数のインカップリング格子 108 は深さ分布 118 を有し、複数の中間格子 110 は深さ分布 120 を有し、複数の出力格子 112 は深さ分布 122 を有する。例えば、深さ分布 118 を有する複数のインカップリング格子 108 の深さは x 方向に増大し、深さ分布 120 を有する複数の中間格子 110 の深さは x 方向に増大し、深さ分布 122 を有する複数の出力格子 112 の深さは y 方向に増大する。

30

#### 【0021】

図 2A は、一実施形態によるシステム 200 の概略断面図を示している。システム 200 は、イオンビーム 210 を使用して基板(例えば基板 101)を部分的にエッチングするよう構成される。システム 200 は、当技術分野で使用される任意のイオンビームシステム(例えばイオンビームエッチングシステム、集束イオンビームエッチングシステム、電子ビームエッチングシステム、反応性イオンビームエッチングシステム、フルウエハイオンシステムなど)を含みうる。図示しているように、システム 200 は、基板支持アセンブリ 204 と、イオン源 201 と、発光ダイオード(LED)アレイ 205 を有する抽出電極 270 と、コントローラ 214 と、二次コントローラ 250 と、複数の加熱ピクセル 216 と、電源 212 とを含む。後述するシステムは、例示的なシステムであり、本開示の態様を実現するために、他のシステムスキャンと共に使用されうるか、又は改変されうることを、理解されたい。

40

#### 【0022】

イオン源 201 は、基板 101 の表面に入射するイオンを制御された様式で放出するよう構成される。図示しているように、イオン源 201 は抽出開孔 202 を含む。イオンは、イオンビーム 210 として、抽出開孔 202 を通じてイオン源 201 から抽出される。

50

抽出開孔 202 は、イオン源 201 の、基板 101 に最も近い面 203 に配置される。イオンビーム 210 は基板 101 に向けて方向付けられる。イオンビーム 210 は、リボンビーム、スポットビーム、又はフル基板サイズのビームでありうる。

#### 【0023】

基板支持アセンブリ 204 は、基板 101 を支持面 280 上に保持するよう構成される。図示しているように、基板支持アセンブリ 204 は、本体 206 とアクチュエータ 208 とを含む。基板支持アセンブリ 204 の本体 206 は、アクチュエータ 208 に連結される。アクチュエータ 208 は、本体 206 を、x 方向及び / 又は y 方向に沿ってスキャン運動で動かすよう構成される。本書に記載の他の実施形態と組み合わせられうる一実施形態では、アクチュエータ 208 は、基板 101 がイオン源 201 の z 軸に対してチルト角  
10  
に位置付けられるように、本体 206 をチルトさせるよう構成される。本書に記載の他の実施形態と組み合わせられうる別の実施形態では、アクチュエータ 208 は、基板 101 を本体 206 の x 軸を中心に回転させるよう構成される。図 2 B は、一実施形態による、基板支持アセンブリ 204 の正面透視図を示している。

#### 【0024】

コントローラ 214 は、システム 200 を制御し、自動化するよう構成される。図示しているように、コントローラ 214 は、中央処理装置 (CPU) 215 と、メモリ 217 と、サポート回路 (又は I/O) 219 とを含む。CPU 215 は、様々なプロセス及びハードウェア (例えばパターン生成装置、モータ、及びその他のハードウェア) を制御し、プロセス (例えば処理時間、及び基板の位置又は場所) をモニタするために工業用設定  
20  
で使用される、任意の形態のコンピュータプロセッサのうちの 1 つである。メモリ 217 は、CPU 215 に接続されており、ランダムアクセスメモリ (RAM)、読取専用メモリ (ROM)、フロッピーディスク、ハードディスク、又はその他の任意の形態のローカル若しくはリモートのデジタルストレージといった、容易に入手可能なメモリのうちの 1 つ又は複数である。ソフトウェア命令及びデータは、CPU 215 に命令するために、メモリ 217 内でコード化され、メモリ 217 内に記憶されうる。従来の方式で CPU をサポートするために、サポート回路 219 も CPU 215 に接続される。サポート回路 219 は、従来型のキャッシュ、電力供給装置、クロック回路、インカップリング / 出力回路網、サブシステムなどを含む。

#### 【0025】

二次コントローラ 250 は、LED アレイ 205 を制御し、自動化するよう構成される。図示しているように、二次コントローラ 250 は、中央処理装置 (CPU) 291 と、メモリ 293 と、サポート回路 (又は I/O) 295 とを含む。CPU 291 は、様々なプロセス及びハードウェア (例えばパターン生成装置、モータ、及びその他のハードウェア) を制御し、プロセス (例えば処理時間、及び基板の位置又は場所) をモニタするために工業用設定で使用される、任意の形態のコンピュータプロセッサのうちの 1 つである。メモリ 293 は CPU 291 に接続されており、ランダムアクセスメモリ (RAM)、読取専用メモリ (ROM)、フロッピーディスク、ハードディスク、又はその他の任意の形態のローカル若しくはリモートのデジタルストレージといった、容易に入手可能なメモリのうちの 1 つ又は複数である。ソフトウェア命令及びデータは、CPU 291 に命令するた  
40  
めに、メモリ 293 内でコード化され、メモリ 293 内に記憶されうる。従来の方式で CPU をサポートするために、サポート回路 295 も CPU 291 に接続される。サポート回路 295 は、従来型のキャッシュ、電力供給装置、クロック回路、インカップリング / 出力回路網、サブシステムなどを含む。

#### 【0026】

コントローラ 214 及び / 又は二次コントローラ 250 によって可読なプログラム (又はコンピュータ命令) は、どのタスクがシステム 200 によって実行可能であるかを特定する。コントローラ 214 は、通信を行い、電源 212、アクチュエータ 208、及び二次コントローラ 250 を制御するよう構成される。コントローラ 214 及び二次コントローラ 250 は、処理中に基板支持アセンブリ 204 の態様を制御するよう構成される。複  
50

数の加熱ピクセル 216 が、本体 206 内に配置され、電源 212 に連結される。コントローラ 214 は、インカップリング領域 102、中間領域 104、及び出力カップリング領域 106 のうちの少なくとも一つに対応するよう、基板 101 の裏面（すなわち、支持面 280 上に保持された基板 101 の面）に温度分布が提供されるように、加熱ピクセル 216 の各々を個別に制御するよう動作可能である。

#### 【0027】

LED アレイ 205 は、基板 101 を部分的に加熱するよう構成される。LED アレイ 205 は、イオン源 201 の面 203 の、基板 101 に最も近い表面上に、抽出開孔 202 に近接して配置される。LED アレイ 205 の幅はそれぞれ、ページの内外へと延在している。

10

#### 【0028】

図 2C は、一実施形態による、LED アレイ 205 の概略図を示している。図示しているように、LED アレイ 205 は、横列と縦列とのアレイで配置された複数の個別の LED 207 を含む。任意の数の LED 207 の横列及び縦列が使用されうる。二次コントローラ 250 は、基板 101 の表側面に温度分布が提供されるように、LED アレイ 205 の LED の各々を個別に制御するよう動作可能である。

#### 【0029】

図 3 は、導波路結合器（例えば導波路結合器 103）を製造するための方法 300 の工程のフロー図である。方法 300 の工程について、図 4A ~ 図 4D に関連付けて説明しているが、方法の工程を任意の順序で実行するよう構成されたシステムであればいずれも、本書に記載の実施形態の範囲に含まれることが、当業者には理解されよう。方法 300 は、命令を包含するコンピュータ可読媒体として、コントローラ 214 及び/又は二次コントローラ 250 に記憶されうるか、又はコントローラ 214 及び/又は二次コントローラ 250 にアクセス可能であってよく、かかる命令は、コントローラの CPU 215 及び/又は二次コントローラの CPU 291 によって実行されると、システム 200 に方法 300 を実施させる。

20

#### 【0030】

方法 300 は工程 301 で始まり、工程 301 において、基板 101 の一又は複数の保護領域（あるいは「完全保護領域」と称される）の上に保護材料が堆積される。保護材料は、工程 302 において一又は複数の保護領域をエッチングから保護しつつも、一又は複数の保護されない領域のエッチングを可能にするよう構成される。一実施形態によると、一又は複数の保護領域は中間領域 104 及び出力カップリング領域 106 を含み、一又は複数の保護されない領域はインカップリング領域 102 を含む。保護されない領域は、部分的に保護されない領域も含みうる（すなわち、この領域の一部は保護されるが、この領域の他の部分は保護されない）。

30

#### 【0031】

材料は、一実施形態によると、インクジェットプリンティング又は三次元（3D）プリンティングのうちの１つによって堆積される。材料はフォトレジスト材料を含みうる。フォトレジスト材料は、ジアゾナフトキノン、フェノールホルムアルデヒド樹脂、ポリ（メチルメタクリレート）、ポリ（メチルグルタルイミド）、及び/又は SU-8 を含みうるが、これらに限定されるわけではない。

40

#### 【0032】

図 4A は、一実施形態による、一又は複数の保護領域のうちの１つの一部分 400 の概略断面図を示している。一実施形態によると、一又は複数の保護領域は、中間領域 104 及び出力カップリング領域 106 を含む。材料 499（例えば、上述した保護材料）は、基板 101 の導波路結合器 103 上に配置された格子材料 412 の上に配置される。パターンニングされたハードマスク 413 が、格子材料 412 の上に配置される。格子材料 412 は、シリコンオキシカーバイド（SiOC）、酸化チタン（TiO<sub>x</sub>）、TiO<sub>x</sub> ナノ材料、酸化ニオブ（NbO<sub>x</sub>）、ニオブ-ゲルマニウム（Nb<sub>3</sub>Ge）、二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）、酸炭窒化ケイ素（SiOCN）、バナジウム（IV）酸化物（VO<sub>x</sub>）、酸

50

化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、酸化インジウムスズ ( $ITO$ )、酸化亜鉛 ( $ZnO$ )、五酸化タンタル ( $Ta_2O_5$ )、窒化ケイ素 ( $Si_3N_4$ )、シリコンリッチ  $Si_3N_4$ 、水素がドーブされた  $Si_3N_4$ 、ホウ素がドーブされた  $Si_3N_4$ 、シリコンカーボンナイトレート ( $SiCN$ )、窒化チタン ( $TiN$ )、二酸化ジルコニウム ( $ZrO_2$ )、ゲルマニウム ( $Ge$ )、リン化ガリウム ( $GaP$ )、多結晶 ( $PCD$ )、ナノ結晶ダイヤモンド ( $NC D$ )、ドーブされたダイヤモンド含有材料、及び、上述したものの何らかの混合物、を含みうる。

【0033】

材料499は、3Dプリンティング又はインクジェットプリンティングによって堆積されうる。材料499は、イオンビーム210が基板101に向けて方向付けられている時に格子材料412の除去を阻害する厚さ414を有する。

10

【0034】

オプションの工程301oにおいて、基板101の一又は複数の部分的に保護されない領域の少なくとも一部分の上に材料が堆積される。材料は、一実施形態によると、工程302において、一又は複数の部分的に保護されない領域のこの部分を、エッチングから部分的に保護するよう構成される。

【0035】

工程302において、イオンビームが基板101に入射するように方向付けられる。工程302は、イオンビームエッチング、集束イオンビームエッチングなどを含みうる。一実施形態では、イオンビーム(例えばイオンビーム210)は、システム200によって作り出され、システム200によって方向付けられる。

20

【0036】

図4Bは、一実施形態による、工程302の前の、工程302における、及び工程302の後の、一又は複数の全く保護されない領域のうちの1つの概略断面図を示している。本書に記載の一実施形態であって、本書に記載の他の実施形態と組み合わせられうる実施形態では、工程301において、保護されない領域の格子材料412の上に材料499は堆積されない。一実施形態によると、保護されない領域はインカップリング領域102でありうる。

【0037】

工程302において、イオンビーム210が基板101に向けて方向付けられると、イオンビーム210は、例えば、段階401~406に対応する持続期間にわたって、エッチングすることによって、パターンニングされたハードマスク413によって露出した格子材料412内に複数のインカップリング格子108を形成する。この例ではハードマスク413の上の材料499の厚さが均一であるので、段階401~406にわたって形成される複数のインカップリング格子108の各格子は、段階406において同じ深さ415を有する。ゆえに、複数のインカップリング格子108の格子全体がほぼ同じ寸法を有することが可能であり、一貫して均一な格子プロファイルが形成される。本書に記載の格子はいずれも、約5°から約85°まで変動しうる角度を有する(すなわち、格子は基板101の表面に対して傾斜している)。

30

【0038】

図4Cは、一実施形態によると、工程302の前の、工程302における、及び工程302の後の、一又は複数の部分的に保護されない領域及び全く保護されない領域のうちの1つの、概略断面図を示している。図4Cに示している実施形態では、オプションの工程301oが実施される。ゆえに、材料499が、部分的に保護されない領域の少なくとも一部分の上に配置される。材料499は、異なる厚さ(例えば第1の厚さ416と第2の厚さ417)の様々な領域を有する。第2の厚さ417は第1の厚さ416よりも薄く、これにより、段階406において、第1の厚さに対応する格子の第1部分418は、第2の厚さに対応する格子の第2部分421の深さ420よりも浅い、深さ419を有することになる。ゆえに、同一の複数の格子の別々の部分は、別々の深さプロファイルを有し、2つの異なる深さを有する1つの深さプロファイルが形成される。一部の実施形態では、

40

50

第1の厚さ416は、ほぼゼロである（すなわち、この部分には材料がほとんど又は全く堆積されない）。一部の実施形態では、第1の厚さ416が十分に厚いためこの部分には格子は発現せず、この領域は完全保護領域となる。一部の実施形態では、材料の複数の厚さ（例えば3つ以上の厚さ）が含まれる。

【0039】

保護されない領域の格子材料412の上に材料499が全く堆積されなかった場合に、格子の第1部分418は、段階406において、格子の第2部分421の深さ420を下回る深さ419を有することがある。

【0040】

本書に記載の一実施形態であって、本書に記載の他の実施形態と組み合わせられる実施形態では、加熱ピクセル216の各々は、基板101の裏面に部分的に保護されない領域に対応する温度分布が提供されるように、個別に制御される。一部の実施形態では、材料499の、より高い温度を受ける部分は、より低い温度を受ける部分よりも高速で反応する。ゆえに、高温部分の方が深くエッチングされ、低温部分よりも高温部の方で格子が深くなるという結果になる。一部の実施形態では、材料499の、より高い温度を受ける部分は、より低い温度を受ける部分よりも低速でエッチングされる。ゆえに、高温部分の方が浅くエッチングされ、低温部分よりも高温部の方で格子が浅くなるという結果になる。例えば、エッチングプロセスにおいて材料499が部分的に除去される場合、高温部分の温度上昇により、低温部分よりも多くの材料が除去されることになる。

【0041】

本書に記載の別の実施形態であって、本書に記載の他の実施形態と組み合わせられる実施形態では、基板101の表側面に保護領域に対応する温度分布が提供されるように、LEDアレイ205のLEDの各々を個別に制御することにより、エッチング速度の変動がもたらされる。一部の実施形態では、保護領域の上に均一な材料499が堆積され、形成される格子（例えば格子418）の深さは、LEDによって照射される光の線量によって制御される。形成される格子の深さは、材料499のある部分への照射を増大させることによって制御される。一部の実施形態では、材料499の高線量の光を受ける部分は、低線量の光を受ける部分よりも高速でエッチングされる。ゆえに、高線量部分の方が深くエッチングされることにより、高線量部分には、低線量分よりも深い格子が設けられる。一部の実施形態では、材料499の高線量の光を受ける部分は、低線量の光を受ける部分よりも低速でエッチングされる。ゆえに、高線量部分の方が浅くエッチングされることにより、高線量部分には、低線量部分よりも浅い格子が設けられる。一部の実施形態では、格子（例えば格子418）の深さを制御するために、均一な材料499に対してグレースケールリソグラフィが実施される。

【0042】

図4Dは、一実施形態による、工程302の前の、工程302における、及び工程302の後の、一又は複数の部分的に保護されない領域のうちの1つの、概略断面図を示している。図4Dに示している実施形態では、オプションの工程301oが実施される。ゆえに、材料499が、部分的に保護されない領域の少なくとも一部分の上に配置される。材料499は、位置によって変動する厚さ498を有する。ゆえに、同一の複数の格子の、材料499の厚さによって変動する別々の深さプロファイルを有する別々の部分が形成される。材料499の厚さ498の変動は、一実施形態によると線形であるが、厚さ498は、他の任意の方式で変動してよく、複数の格子全体にわたって2次元で変化することもある。

【0043】

上述した実施形態のいずれにおいても、パターンニングされたハードマスク413の要素は種々の幅451を有してよく、ゆえに、結果として生じる複数のインカップリング格子108のフィンとは種々の幅を有する。上述した実施形態のいずれにおいても、パターンニングされたハードマスク413の要素は、種々の間隔452を有してよく、ゆえに、結果として生じる複数のインカップリング格子108のフィン同士の間隔は異なりうる。上述

10

20

30

40

50

した実施形態のいずれにおいても、パターンニングされたハードマスク 4 1 3 の要素は、種々の幅 4 5 1 及び種々の間隔 4 5 2 を有してよく、ゆえに、複数のインカップリング格子 1 0 8 のフィン、種々の幅及びフィン同士の間種々の間隔を有する。

【 0 0 4 4 】

工程 3 0 3 において、保護領域から材料 4 9 9 が除去される。一実施形態では、保護領域は、中間領域 1 0 4 及び出力カップリング領域 1 0 6 を含む。材料は、当該技術分野において標準的な任意の方法（酸素ガス（ $O_2$ ）灰化など）を使用して除去されうる。ゆえに、保護されない領域（例えばインカップリング領域 1 0 2）には複数の格子（例えば複数のインカップリング格子 1 0 8）が形成され、保護領域（例えば中間領域 1 0 4 及び出力カップリング領域 1 0 6）には格子が形成されない。

10

【 0 0 4 5 】

工程 3 0 2 のエッチングの後に何らかの材料がまだ残っている場合には、オプションの工程 3 0 3 において、部分的に保護されない領域から材料が除去される。材料は、工程 3 0 3 について上述したように除去されうる。

【 0 0 4 6 】

一部の実施形態では、工程 3 0 1 ~ 3 0 3 が反復されるが、保護領域及び保護されない領域は先の工程 3 0 1 ~ 3 0 3 とは異なる。一実施形態によると、保護領域はインカップリング領域 1 0 2 及び出力カップリング領域 1 0 6 を含み、保護されない領域は中間領域 1 0 4 を含む。一実施形態によると、保護領域はインカップリング領域 1 0 2 及び中間領域 1 0 4 を含み、保護されない領域は出力カップリング領域 1 0 6 を含む。保護されない領域の各々について、方法 3 0 0 は、厚さ、幅、及びプロファイルの様々な格子を作り出しうるように変更されうる（例えば、インカップリング領域 1 0 2 は、図 4 B に示している実施形態で形成される複数のインカップリング格子 1 0 8 を有し、中間領域 1 0 4 は、図 4 C に示している実施形態で形成される複数の中間格子 1 1 0 を有する）。他の実施形態では、工程 3 0 1 及び 3 0 3 も反復される。ゆえに、方法 3 0 0 により、種々の格子特性を有する種々の領域を作り出すことが可能になる。

20

【 0 0 4 7 】

方法 3 0 0 についての上記の説明は、格子（例えば格子 4 1 8）の一次元アレイによって例示されているが、格子の二次元（2D）アレイも方法 3 0 0 によって形成されうる。図 5 A は、一実施形態による、格子 5 2 1 の 2 D アレイ 5 2 0 を有する保護されない部分 5 0 0 の上面図を示している。図 5 B は、一実施形態による、格子 5 2 1 の 2 D アレイ 5 2 0 を有する保護されない部分 5 0 0 の側面図を示している。図示しているように、2 D アレイ 5 2 0 は、格子 5 2 1 の横列 5 0 1 及び縦列 5 0 2 を有する。任意の数の横列 5 0 1 及び縦列 5 0 2 が 2 D アレイ 5 2 0 に含まれうる。図 5 A に示している 2 D アレイ 5 2 0 は、グリッドパターンで配置された格子 5 2 1 を有しているが、任意のパターンが利用されうる。

30

【 0 0 4 8 】

x 方向における複数の格子 5 2 1 の限界寸法（CD）（例えば x 幅、 $d_x$ ）は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。y 方向における複数の格子 5 2 1 の CD（例えば y 幅、 $d_y$ ）は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。z 方向における複数の格子 5 2 1 の限界寸法（CD）（例えば z 幅、 $d_z$ ）は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。y 方向における複数の格子 5 2 1 の CD（例えば y 幅、 $d_y$ ）は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。複数の格子 5 2 1 の角度 1、 2、 3、 4 は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。

40

【 0 0 4 9 】

x 方向における個々の格子 5 2 1 の間の格子間間隔（例えば x 距離、 $S_x$ ）は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。y 方向における個々の格子 5 2 1 の間の格子間間隔（例えば y 距離、 $s_y$ ）は、同じであることも、互いとは異なることもありうる。

【 0 0 5 0 】

格子 5 2 1 は、長方形の形状（例えば格子 5 1 0、5 1 0'）、正方形の形状（例えば格

50

子 5 1 1、5 1 1' )、L 字形状 ( 例えば格子 5 1 3、5 1 3' )、円形の形状 ( 例えば格子 5 1 6 )、及びノ又は島形の形状 ( 例えば 5 1 4 ) を有しうる。任意の形状の格子 5 2 1 の任意の組合せが含まれうる。格子 2 5 1 の形状の例が付与されているが、他の任意の実現可能な形状も想定される。格子 5 2 1 は、ボイド 5 1 5 ( すなわち、下にある基板 1 0 1 内に延在する部分 ) も含みうる。

【 0 0 5 1 】

上述したように、複数の格子を形成するための方法が提供されている。この方法は、基板上に配置された導波路結合器の一又は複数の保護領域の上に材料を堆積させることであって、材料が、イオンビームが基板に向けて方向付けられている時に導波路結合器上に配置された格子材料の除去を阻害する厚さを有する、材料を堆積させることを含む。本書で開示している方法により、一又は複数の保護されない領域内に複数の格子が形成される一方で、保護領域内には格子が形成されないということが可能になる。

10

【 0 0 5 2 】

以上の記述は、本開示の例を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく、本開示の他の例及び更なる例が考案されてよく、本開示の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

20

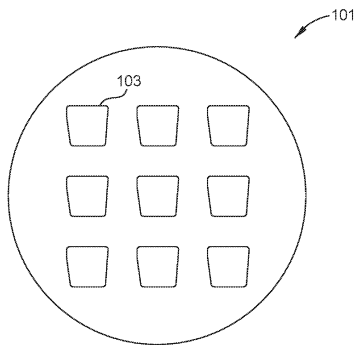
30

40

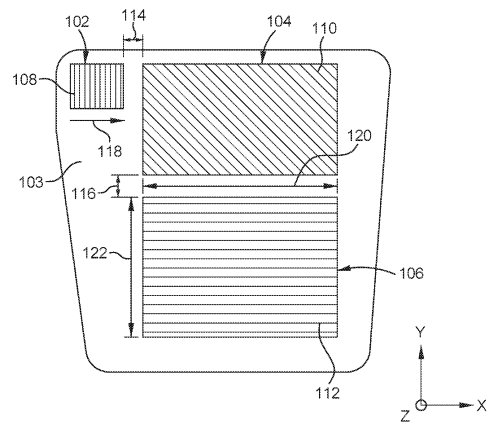
50

【図面】

【図 1 A】

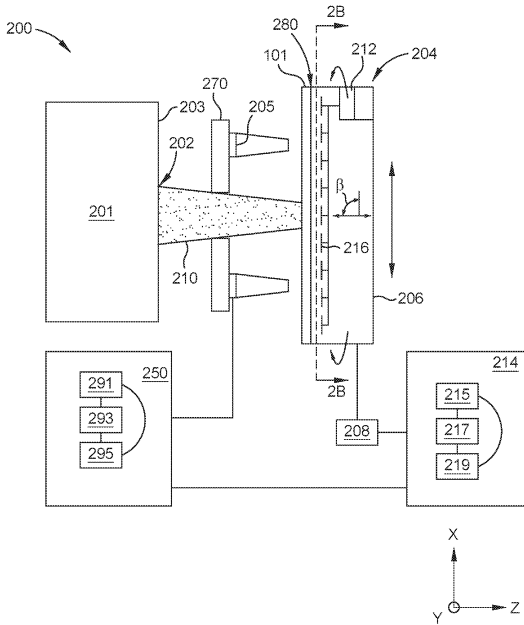


【図 1 B】

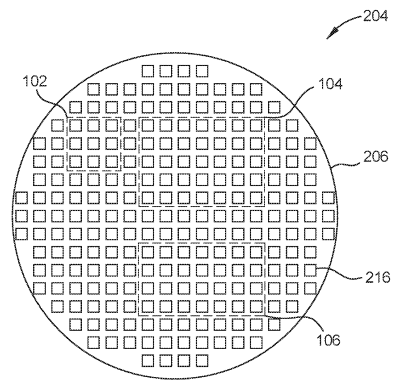


10

【図 2 A】



【図 2 B】



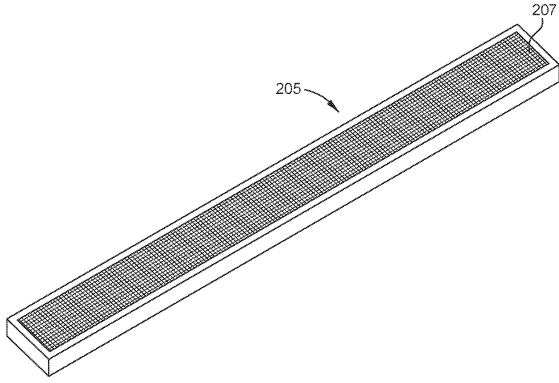
20

30

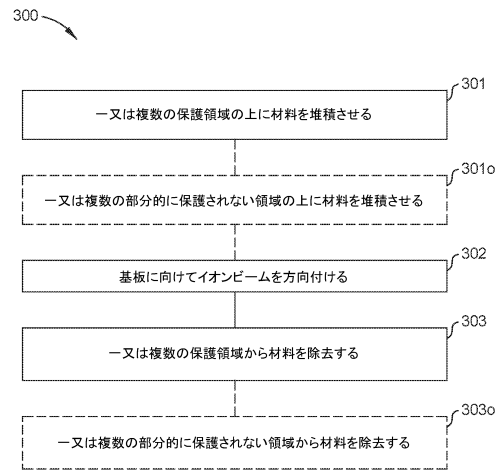
40

50

【図 2 C】

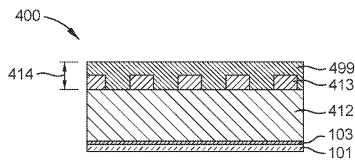


【図 3】

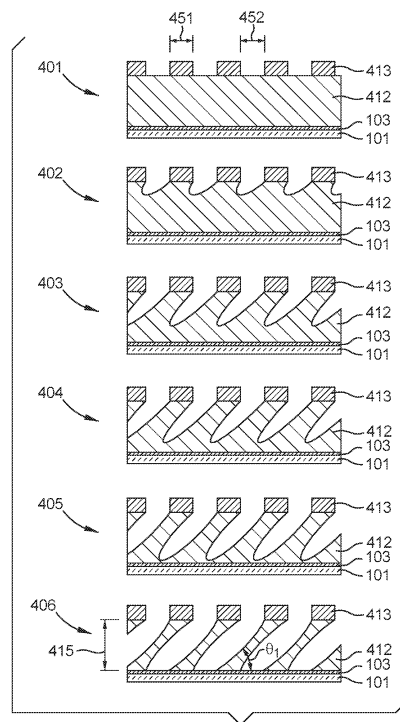


10

【図 4 A】



【図 4 B】



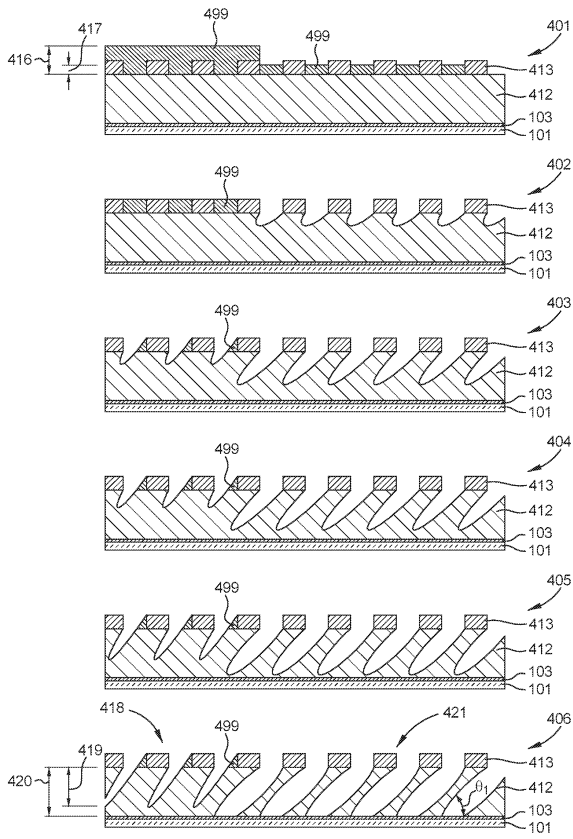
20

30

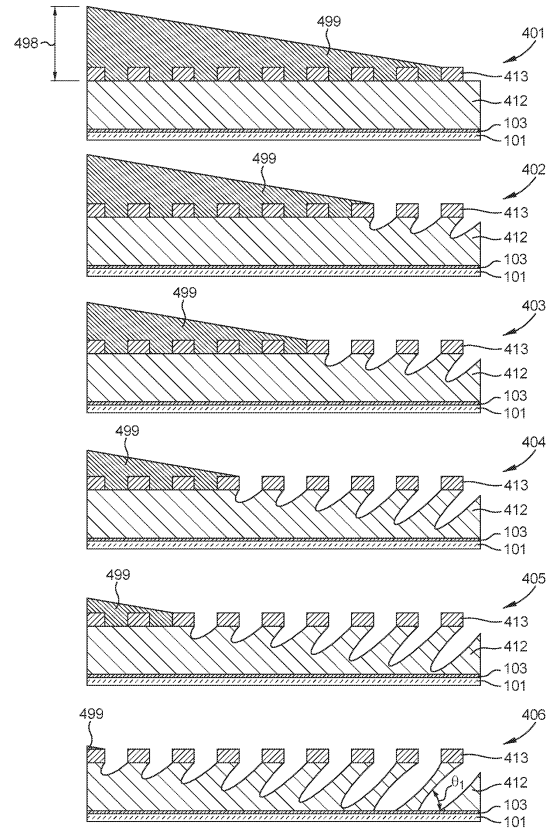
40

50

【図 4 C】



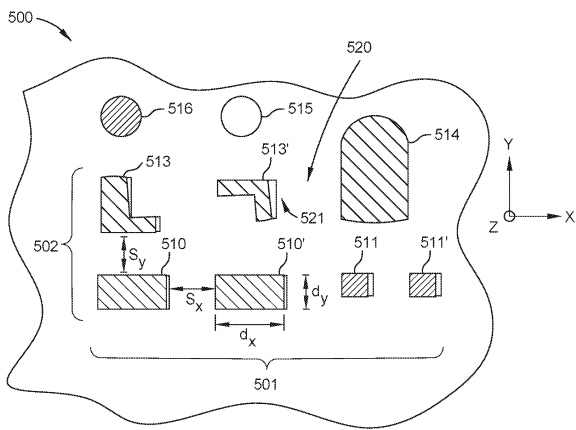
【図 4 D】



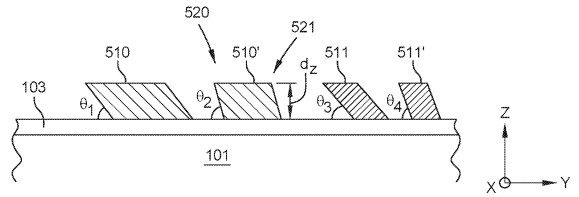
10

20

【図 5 A】



【図 5 B】



30

40

50

## フロントページの続き

54, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

(72)発明者 オルソン, ジョセフ シー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

(72)発明者 マイヤー ティーマーマン タイセン, ラトガー

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

審査官 吉川 陽吾

- (56)参考文献 特開2011-237374(JP, A)  
米国特許出願公開第2007/0263973(US, A1)  
特開平08-029606(JP, A)  
特開2016-177244(JP, A)  
中国特許出願公開第103675969(CN, A)  
特表2022-506595(JP, A)  
特開2003-100706(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G02B 5/18