

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6989382号
(P6989382)

(45) 発行日 令和4年1月5日 (2022. 1. 5)

(24) 登録日 令和3年12月6日 (2021. 12. 6)

(51) Int. Cl.

F I

B 8 1 C 1/00 (2006. 01)

B 8 1 C 1/00

C 2 3 C 14/04 (2006. 01)

C 2 3 C 14/04 A

G 0 2 B 26/00 (2006. 01)

G 0 2 B 26/00

請求項の数 28 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-542406 (P2017-542406)	(73) 特許権者	511248294
(86) (22) 出願日	平成28年2月19日 (2016. 2. 19)		シーウェア システムズ
(65) 公表番号	特表2018-508375 (P2018-508375A)		S I -WARE S Y S T E M S
(43) 公表日	平成30年3月29日 (2018. 3. 29)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 1
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/018802		O 1 1 , ラカナダ, フットヒルズブルー
(87) 国際公開番号	W02016/134329		バード 1 1 5 O , スイート エム
(87) 国際公開日	平成28年8月25日 (2016. 8. 25)	(74) 代理人	110001302
審査請求日	平成31年1月30日 (2019. 1. 30)		特許業務法人北青山インターナショナル
審査番号	不服2020-15136 (P2020-15136/J1)	(72) 発明者	メダット, モスタファ
審査請求日	令和2年10月30日 (2020. 10. 30)		エジプト国 1 1 3 5 1 , ヘリオポリス,
(31) 優先権主張番号	15/047, 032		バガト ストリート 1 6
(32) 優先日	平成28年2月18日 (2016. 2. 18)	(72) 発明者	モルタダ, バセム
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		エジプト国 1 1 3 7 1 カイロ, ナスル
			シティー, イムテダド ラムシス 2 ス
			トリート 2 9 2
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細加工構造のための選択的なステップカバレッジ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

デバイス内の微細加工構造の選択的なコーティングの方法において、
微細加工構造を具える基板を提供するステップと；

頂面内に第 1 開口部と、底面内に第 2 開口部とを具えるシャドーマスクを提供するステップであって、前記第 2 開口部が、前記第 1 開口部と整列し、前記第 1 開口部の第 1 の幅よりも小さい第 2 の幅を有し、前記第 1 開口部と前記第 2 開口部との間の第 1 の重複部が、前記シャドーマスク内に第 1 の孔を形成するステップと；

前記シャドーマスクの底面が、前記基板に面するように、前記基板上に前記シャドーマスクを配置するステップと、

前記第 1 の孔を通して第 1 の微細加工構造の第 1 面上にコーティング材料を堆積するステップであって、前記第 1 面が、前記基板に対して平面外にあるステップと；

を具え、

前記シャドーマスクが、前記第 1 の孔の第 1 の深さに対応する第 1 の厚さと、前記第 1 の厚さよりも大きく、前記シャドーマスクの全厚に対応する第 2 の厚さと、前記第 1 の厚さよりも小さく、前記第 2 開口部の第 2 の深さに対応する第 3 の厚さと、を具えるマルチレベルシャドーマスクであり；

前記第 3 の厚さが、前記シャドーマスクの底面から延在し；

前記第 1 開口部が、前記頂面から、前記第 1 の厚さと前記第 3 の厚さとの差に対応する第 4 の厚さを通して延在し；

前記第 2 開口部が、前記底面内の窪み部に形成され；
前記シャドーマスクが、前記底面に沿ったプロテクションリップを具え、前記プロテクションリップが、前記第 1 開口部の第 1 の幅と、前記第 2 開口部の第 2 の幅との差に対応する第 3 の幅を有する；

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、前記シャドーマスクを提供するステップが更に、
前記シャドーマスクの底面上に少なくとも 1 つのスペーサを提供するステップを具え、
前記少なくとも 1 つのスペーサが、前記第 1 の厚さと前記第 2 の厚さとの差に対応する第 5 の厚さを有する、

10

ことを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法が更に、
前記プロテクションリップを用いて前記コーティング材料を堆積する間に、第 2 の微細加工構造の第 2 面を保護するステップを具える、

ことを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法において、前記基板を提供するステップが更に、
前記第 1 の微細加工構造の第 1 面と、前記第 2 の微細加工構造の第 2 面との間の距離を、
前記第 1 開口部の第 1 の幅と、前記シャドーマスクの第 1 の厚さと、前記シャドーマスクの第 3 の厚さに基づいて、最小にするステップを具える、

20

ことを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の方法において、
前記デバイスが干渉計を具え、前記第 1 の微細加工構造がマイクロミラーを具え、前記第 2 の微細加工構造がビームスプリッタを具える、

ことを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法において、
前記コーティング材料が金属層を具える、

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の方法において、前記コーティング材料を堆積するステップが更に、
前記マイクロミラーの高さに沿って、前記金属層のステップカバレッジの均一性を最適化することにより、前記干渉計の結合効率を最大化するステップを具える、

ことを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 5 に記載の方法において、
前記マイクロミラーが移動可能である、

ことを特徴とする方法。

40

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法において、前記コーティング材料を堆積するステップが更に、
前記シャドーマスクの前記第 1 開口部を用いて、前記第 1 の微細化構造の第 1 面に堆積された前記コーティング材料の輪郭および厚さを制御するステップと；

前記シャドーマスクの前記第 2 開口部を用いて、前記基板の前記コーティング材料の広がり

を制御するステップと；
を具えることを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法において、前記第 1 開口部が、第 1 の頂面レベルの開口部であり、
前記第 2 開口部が、第 1 の底面レベルの開口部であって、前記シャドーマスクを提供す

50

るステップが更に、

前記シャドーマスクの頂面内における前記第 1 の頂面レベルの開口部から離れた第 2 の頂面レベルの開口部を提供するステップと；

前記シャドーマスクの底面内における前記第 1 の底面レベルの開口部から離れた第 2 の底面レベルの開口部を提供するステップと；

を具え、

前記第 2 の底面レベルの開口部が、前記第 2 の頂面レベルの開口部と整列し、前記第 2 の頂面レベルの開口部の第 3 の幅よりも小さい第 4 の幅を有し、前記第 2 の頂面レベルの開口部と、前記第 2 の底面レベルの開口部との間の第 2 の重複部が、前記シャドーマスク内に第 2 の孔を形成する、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の方法が更に、

前記第 2 の孔を通して第 3 の微細加工構造の光学面上に前記コーティング材料を堆積するステップを具える、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の方法において、

前記第 2 の頂面レベルの開口部の第 3 の幅が、前記第 1 の頂面レベルの開口部の第 1 の幅と異なる、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の方法において、前記コーティング材料を堆積するステップが更に、前記第 1 の頂面レベルの開口部の第 1 の幅と、前記第 2 の頂面レベルの開口部の第 3 の幅との差に基づき、前記第 1 の微細加工構造の第 1 面と、前記第 3 の微細加工構造の光学面上に堆積される前記コーティング材料のそれぞれの厚さを制御するステップを具える、ことを特徴とする方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記第 2 の底面レベルの開口部の第 4 の幅が、前記第 1 の底面レベルの開口部の第 2 の幅と異なる、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 0 に記載の方法において、前記シャドーマスクを提供するステップが更に、前記シャドーマスクの頂面に、第 3 の頂面レベルの開口部を提供するステップを具え、前記第 3 の頂面レベルの開口部が、前記第 1 の頂面レベルの開口部および前記第 2 の頂面レベルの開口部を含む、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の方法において、前記コーティング材料を堆積するステップが更に、前記第 1 の孔を通して前記第 1 の微細加工構造の第 1 面上に前記コーティング材料を堆積して、前記第 1 面の高さにわたる前記コーティング材料の均一でないステップカバレッジを生じさせるステップを具える、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の方法において、前記シャドーマスクを提供するステップが更に、前記シャドーマスクの底面内の前記第 2 開口部に、第 1 の開口部サイズを有する第 1 サブ開口部と、前記第 1 の開口部サイズよりも大きい第 2 の開口部サイズを有する第 2 サブ開口部とを提供するステップ、

を具えることを特徴とする方法。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

請求項 17 に記載の方法において、
前記第 2 サブ開口部が、前記第 1 サブ開口部と同一平面上にあり、前記第 1 サブ開口部に対して傾けられている、
ことを特徴とする方法。

【請求項 19】

請求項 1 に記載の方法において、前記シャドーマスクを提供するステップが更に、
前記シャドーマスクの底面上に、第 1 のパターン化されたマスクを提供するステップであって、前記第 1 のパターン化されたマスクは、その中に第 1 のマスク開口部を有するステップと；

10

前記第 1 のマスク開口部を通して前記シャドーマスクの底面をエッチングして、前記シャドーマスクの底面上に前記第 2 開口部を形成するステップと；

前記シャドーマスクの頂面の第 2 のパターン化されたマスクを提供するステップであって、前記第 2 のパターン化されたマスクは、その中に第 2 のマスク開口部を有するステップと；

前記第 2 のマスク開口部を通して前記シャドーマスクの頂面をエッチングして、前記シャドーマスクの頂面に前記第 1 開口部を形成するステップと；

を具えることを特徴とする方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法において、前記頂面をエッチングすることにより、前記第 1 開口部を形成するステップと、前記底面をエッチングすることにより、前記第 2 開口部を形成するステップはともに、深堀反応性イオンエッチング（DRIE）を利用する、
ことを特徴とする方法。

20

【請求項 21】

デバイス内の微小加工構造を選択的にコーティングするのに使用するシャドーマスクにおいて、

前記シャドーマスクが、

頂面および底面を有する基板と；

前記基板の頂面内の第 1 開口部と；

前記基板の底面内の第 2 開口部と；

30

を具え、

前記第 2 開口部が、前記第 1 開口部の第 1 の幅よりも小さい第 2 の幅を有し、

前記第 1 開口部と前記第 2 開口部との間の第 1 の重複部が、前記シャドーマスク内に第 1 の孔を形成し、

前記シャドーマスクが、前記第 1 の孔の第 1 の深さに対応する第 1 の厚さと、前記第 1 の厚さよりも大きく、前記基板の全厚に対応する第 2 の厚さと、前記第 1 の厚さよりも小さく、前記第 2 開口部の第 2 の深さに対応する第 3 の厚さと、を具えるマルチレベルシャドーマスクであり；

前記第 3 の厚さが、前記基板の底面から延在し；

前記第 1 開口部が、前記頂面から、前記第 1 の厚さと前記第 3 の厚さとの差に対応する第 4 の厚さを通して延在し；

40

前記第 2 開口部が、前記底面内の窪み部に形成され；

前記第 1 の孔の側壁が、前記第 1 の孔の一方の側における、前記第 1 開口部と前記第 2 開口部の整列により、前記第 1 の厚さを通して延在し；

前記第 3 の厚さが、前記第 1 の孔の前記側壁とは反対側のみにプロテクションリップを形成する；

ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 22】

請求項 21 に記載のシャドーマスクが更に、

前記基板の底面上に少なくとも 1 つのスペーサを具え、前記少なくとも 1 つのスペーサ

50

が、前記第 1 の厚さと前記第 2 の厚さとの差に対応する第 5 の厚さを有する、
ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 2 3】

請求項 2 1 に記載のシャドーマスクにおいて、前記第 1 開口部が、第 1 の頂面レベルの開口部であり、前記第 2 開口部が、第 1 の底面レベルの開口部であり、更に、

前記基板の頂面内の前記第 1 の頂面レベルの開口部から離れた第 2 の頂面レベルの開口部と；

前記基板の底面内の前記第 1 の底面レベルの開口部から離れた第 2 の底面レベルの開口部と；

を具備、

10

前記第 2 の底面レベルの開口部が、前記第 2 の頂面レベルの開口部と整列し、前記第 2 の頂面レベルの開口部の第 3 の幅よりも小さい第 4 の幅を有し、前記第 2 の頂面レベルの開口部と、前記第 2 の底面レベルの開口部との間の第 2 の重複部が、前記基板内に第 2 の孔を形成する、

ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 に記載のシャドーマスクにおいて、前記第 2 の頂面レベルの開口部の前記第 3 の幅が、前記第 1 の頂面レベルの開口部の前記第 1 の幅と異なる、

ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 2 5】

20

請求項 2 3 に記載のシャドーマスクにおいて、前記第 2 の底面レベルの開口部の前記第 4 の幅が、前記第 1 の底面レベルの開口部の前記第 2 の幅と異なる、

ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 2 6】

請求項 2 3 に記載のシャドーマスクが更に、

前記基板の頂面における第 3 の頂面レベルの開口部を具備、

前記第 3 の頂面レベルの開口部は、前記第 1 の頂面レベルの開口部と前記第 2 の頂面レベルの開口部を含む、

ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 2 7】

30

請求項 2 1 に記載のシャドーマスクが更に、

前記基板の第 2 開口部内に第 1 サブ開口部を具備、前記第 1 サブ開口部は、第 1 の開口部サイズを有し；

前記基板の第 2 開口部に第 2 サブ開口部を具備、前記第 2 サブ開口部は、前記第 1 の開口部サイズよりも大きい第 2 の開口部サイズを有する；

ことを特徴とするシャドーマスク。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 に記載のシャドーマスクにおいて、

前記第 2 サブ開口部が、前記第 1 サブ開口部と同一平面内にあり、前記第 1 サブ開口部に対して傾けられている、

40

ことを特徴とするシャドーマスク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連特許への相互参照〕

本米国実用新案登録出願は、全体が参照によって組み込まれ、すべての目的において本米国実用新案登録出願の一部となる、以下の米国仮特許出願について 35 U. S. C. 第 119 (e) 条に準ずる優先権を主張する。

1. 2015 年 2 月 20 日に出願された、「微細化構造のための選択的なステップカバレッジ」と題する米国仮出願第 62/119,065 号（代理人整理番号 S I W A - 10

50

20 PROV)

2. 2016年2月18日に出願された、「微細化構造のための選択的なステップカバレッジ」と題する米国特許出願第15/047,032号

【0002】

本発明は、一般的に、微小光学ベンチデバイス内の光学面のメタライゼーションまたは薄膜コーティングに関し、特に、微小光学ベンチデバイス内の微細加工構造における光学面の選択的なステップカバレッジを提供するシャドーマスクの製造に関する。

【背景技術】

【0003】

〔関連技術の説明〕

一般的に、シリコン・オン・インシュレーター（SOI）基板と平行に伝搬する自由空間光ビームをプロセス処理できる微小光学部品およびMEMS部品を生産するためには、シリコン・オン・インシュレーター（SOI）ウェーハ上への深堀反応性イオンエッチング（DRIE）プロセスを用いて、深くエッチングされた微小光学ベンチを形成する。従来、深くエッチングされた微小光学ベンチ内の光学面のステップカバレッジと、選択的なメタライゼーションまたは薄膜コーティングと、を提供するには、1レベルのシャドーマスクが用いられていた。

【0004】

しかし、薄膜コーティング近くの光学面を保護するには、コーティング面とノンコーティング面とを十分な距離をとって分離して、ノンコーティング面の意図しないコーティングを避ける必要があった。したがって、微小光学ベンチデバイス内の光伝搬距離は、シャドーマスクの設計ルールに制限されていた。

【0005】

図1に、シリコン・オン・インシュレーター（SOI）ウェーハ／基板のような、基板110のエッチングされた面を金属被覆するための、従来技術における例示的な1レベルのシャドーマスク100を示す。基板110が、デバイス層120と、エッチング停止または犠牲（例えば、埋め込み酸化（BOX））層130と、ハンドル層140と、を具える。例えば、DRIEボッシュプロセスを用いることで、微小光学ベンチデバイス170の様々な微細加工構造（例えば、構造152および162）が、デバイス層120へとエッチングされ、微小光学面150および160を曝露する。面のうちの1つ（例えば、面150）にコーティング材料155（例えば、金属層）をスパッタするためには、シャドーマスクにメタライゼーションアングル θ_m を想定した幅 L_m の開口部が必要である。ジオメトリから、メタライゼーションをするための開口幅は、

$$L_m = M + (h + D_2)\tan\theta_m \quad (\text{Equation 1})$$

で与えられる。M、h、および D_2 は、それぞれ、ミスアラインメントマージン、SOIデバイス層の高さ、およびシャドーマスクの厚さである。

【0006】

対向する微小光学面（例えば、面160）を保護し、それが金属化されないようにするには、メタライゼーションをする開口部から L_p のプロテクションディスタンスが必要である。プロテクションディスタンスは、メタライゼーションをする開口部の幅と、デバイス層の高さと正比例であり、

$$L_p = L_m \left(\frac{h+D_2}{D_1} - 1 \right) \quad (\text{Equation 2})$$

で与えられる。 D_1 は、SOIウェーハ上の窪み部を除いたシャドーマスクの厚さである。したがって、金属被覆面150と保護面160との間の全体の距離は、

$$L_t = (M + (h + D_2) \tan \theta_m) \left(\frac{h + D_2}{D_1} \right) \approx \left(\frac{h^2}{D_2} + 2h + D_2 \right) \tan \theta_m \quad (\text{Equation 3})$$

で与えられる。

【0007】

上記式より、デバイス層を高くすることが、より良い光結合効率のためには必要であり、その高さの増加は、メタライゼーションのための1レベルのシャドーマスクや、垂直微小光学面の薄膜コーティングを使用することで達成可能な、最小光学伝搬距離に直接影響する。一方で、1レベルのシャドーマスクの厚みを増すことは、必要なメタライゼーションの開口部を大きくすると同時に、プロテクションディスタンスを減少する。

10

【0008】

したがって、光学面間で最小のプロテクションディスタンスを有する微小光学ベンチデバイス内においての、微細加工構造の選択的なステップカバレッジを実現するよう設計されたシャドーマスクが必要である。

【発明の概要】

【0009】

本開示の様々な態様においては、微小光学ベンチデバイス内における、選択コーティング微細加工構造にて使用するシャドーマスクを提供する。このシャドーマスクは、シャドーマスクの頂面の第1開口部と、シャドーマスクの底面の第2開口部とを具える。第2開口部は、第1開口部と整列し、第1開口部の第1の幅よりも小さい第2の幅を有する。第1開口部と第2開口部との間の重複部は、シャドーマスクに孔を形成し、その孔を通して、微小光学ベンチデバイス内における微細加工構造の選択的なコーティングが起こる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

本発明は、添付の図面と、以下の詳細な説明とを参照することによって、より完全に理解できる。

【図1】図1は、本開示の態様における、基板のエッチング面の金属化において使用する、従来技術の例示的な1レベルのシャドーマスクである。

【図2】図2は、本開示の態様における、微細加工構造の選択的なステップカバレッジを実現するために使用する、例示的なマルチレベルのシャドーマスクである。

30

【図3】図3は、本開示の態様における、例示的なシャドーマスクの頂面レベルの開口部である。

【図4】図4は、本開示の態様における、図3に示したシャドーマスクの頂面レベルの開口部における、異なる開口部を用いて堆積された薄膜の例示的な輪郭と厚みを示す図である。

【図5】図5は、本開示の態様において、スパッタされた薄膜の厚さが、シャドーマスクの頂面レベルの開口部の大きさに依存することを示す図である。

【図6】図6は、本開示の態様における例示的なシャドーマスクであって、頂面レベルの開口部が、異なる大きさを有するシャドーマスクである。

40

【図7】図7Aおよび7Bは、本開示の態様における、光学面の高さにわたり、均一および不均一なステップカバレッジを達成可能な例示的なマルチレベルシャドーマスクである。

【図8】図8は、本開示の態様における、微小光学ベンチデバイス内の複数の光学面に均一なコーティングを提供するよう選択した、頂面レベルに大きな開口部を有する例示的なシャドーマスクである。

【図9】図9は、本開示の態様における、シャドーマスクと基板との間にスペーサを具える例示的なシャドーマスクである。

【図10】図10は、本開示の態様における、例示的なマルチレベルシャドーマスクのレイアウトの平面図である。

50

【図 1 1】図 1 1 は、本開示の態様における、微小光学ベンチデバイスとして製造可能なマイケルソン干渉計を具える例示的な分光計である。

【図 1 2】図 1 2 は、本開示の態様において、マルチレベルシャドーマスクを用いることで、微小光学ベンチデバイス内における微細化構造の選択的なコーティングをするための例示的な方法である。

【図 1 3】図 1 3 A - 1 3 F は、本開示の態様における、マルチレベルシャドーマスクを製造するための例示的なプロセスである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本開示の態様によれば、微小光学ベンチデバイス内における微細加工構造の光学面の選択的なメタライゼーションまたは薄膜コーティングが、微小光学ベンチデバイス上に配置されたシャドーマスクの 2 またはそれ以上のレベルの開口部を用いて実施される。このマルチレベルのシャドーマスクは、よりフットプリントの小さなベンチ（すなわち、より短い光学伝搬距離）のシリコン・オン・インシュレーター（SOI）ウェーハに光学ミラーを形成することを可能にし、それにより、微小光学ベンチデバイス内における微小光学部品の薄膜コーティングを制御することができる。頂面レベルのシャドーマスク開口部の大きさと形状を用いて、堆積される薄膜の輪郭および厚みを制御する。シャドーマスクにおける 2 番目のレベルの開口部を用いて、堆積の広がり方を制御し、コーティングされない面を保護する。さらに、マルチレベルのシャドーマスクは、単一の微小光学ベンチデバイス内、およびウェーハ個片化前の複数の微小光学ベンチデバイスを含むウェーハにわたる、1 つの光学面から別の光学面へのコーティングの均一性を改善することができる。

【0012】

図 2 は、本開示の態様による、微小光学ベンチデバイス 270 内における微細化構造の選択的なステップカバレッジを実現するのに用いられる例示的なマルチレベルシャドーマスク 200 を示している。微小光学ベンチデバイス 270 が、シリコン・オン・インシュレーター（SOI）ウェーハ/基板のような、基板 230 内に製造される。基板 230 は、デバイス層 240 と、エッチング停止または犠牲（例えば、埋め込み酸化（BOX））層 250 と、ハンドル層 260 と、を具える。微小光学ベンチデバイス 270 の様々な微細加工構造（例えば、構造 282 および 292）が、例えば、DRIE ボッシュプロセスを用いることで、デバイス層 240 へとエッチングされ、その光学面 280 および 290 を曝露する。図 2 に示されているように、エッチングされた光学面 280 および 290 は、基板 230 に対しては面外であり、基板 230 の面に対して垂直であるか、または傾斜角を有する。

【0013】

シャドーマスク 200 は、例えば、頂面 202 および底面 206 を有するシリコン（Si）基板または別の種類の基板（例えば、プラスチック、ガラス等）で形成されていてもよい。マルチレベルのシャドーマスク 200 は、2 またはそれ以上の開口部を用いて形成される。例えば、図 2 に示されているように、シャドーマスク 200 の頂面 202 内に第 1 開口部 205 を具え、シャドーマスク 200 の底面 204 内に第 2 開口部 210 を具える。第 2 開口部 210 は、第 1 開口部 205 と並んでおり、第 1 開口部 205 の幅 L_m よりも小さい幅 L_{mb} を有する。第 1 開口部 205 および第 2 開口部 210 の幅の重複部は、シャドーマスク 200 内に頂面 202 および底面 204 を通って延在する孔 215 を形成する。図示しないが、シャドーマスク内の第 1 開口部 205 および第 2 開口部 210 の間に、追加の開口部を具えてもよいことは理解されたい。

【0014】

シャドーマスク 200 の窪み部 206 が、シャドーマスク 200 と、微小光学ベンチデバイス 270 内の、移動式/脆弱な微細化構造 282 および 292 との間に間隙を提供する。第 1 開口部 205 と第 2 開口部 210 が異なる幅を有することにより、シャドーマスク 200 内にプロテクションリップ 220 が形成される。このプロテクションリップ 220 の幅は、第 1 開口部 205 の第 1 の幅 L_m と、第 2 開口部 210 の第 2 の幅 L_{mb} との

差と一致する。プロテクションリップ 220 により、対向する面 280 にコーティング材料（すなわち、金属層）を堆積する間、面 290 を保護することが可能となる。

【0015】

図 2 に示すように、 D_1 、 D_2 、および D_3 であらわす 3 つの異なるシャドーマスクレベルが存在する。シャドーマスク 200 の第 1 レベル D_1 は、窪み部 206 を除いたシャドーマスク 200 の厚さを有し、孔 215 の深さと一致する。シャドーマスク 200 の第 2 レベル D_2 は、窪み部 206 を含むシャドーマスク 200 の全体の厚さを有する。シャドーマスク 200 の第 3 レベル D_3 は、第 2 開口部 210 の深さと一致するシャドーマスク 200 の厚さを有し、 D_3 は D_2 よりも非常に小さい。したがって、シャドーマスク 200 の第 3 レベル D_3 は、シャドーマスク 200 の窪んだ底面 204 から第 2 開口部 210 の深さ分を通過して延在する。さらに、第 1 開口部 205 は、シャドーマスク 200 の頂面 202 から D_1 と D_3 の差と一致する深さに延在する。さらに、プロテクションリップ 220 は、シャドーマスク 200 の第 3 レベル D_3 以内の厚さに形成されている。

【0016】

この異なるレベルの設計により、いくつかの光学面（例えば、面 280）が曝露され、一方でそれは同時に、微小光学ベンチデバイス 270 内の別の光学面（例えば、面 290）を保護する。したがって、これらのレベルは、微小光学ベンチデバイス 270 の選択的なメタライゼーションまたは薄膜コーティングの制御パラメータを示す。これらのレベルを最適化することで、間の光伝搬距離が短い、より小さな微細化構造 282 および 292 を達成することができる。さらに、レベルの最適化により、微小光学ベンチデバイス 170 内のマイクロミラーの光学品質および光インターフェースのさらなる制御ができる。結果的に、マルチレベルのシャドーマスク 200 は、微小光学ベンチデバイス 170 の光効率を高める。

【0017】

本開示の一態様において、シャドーマスクのレベルを制御することにより、金属化／コーティングする面（例えば、面 280）と、金属化／薄膜コーティングから保護する面（例えば、面 390）との間の距離を最小化することができる。例えば、頂面レベルの開口部 205 の幅は、図 1 と同じであり、したがって、数式 1 で与えられる。しかし、シャドーマスクが、より大きな厚さ D_2 を有することにより、第 2 レベルの厚さ D_3 を通して同様のメタライゼーション特性を提供する一方で、プロテクションディスタンス L_p は、以下の数式で示すように減少する。

$$L_p = [L_m - (D_1 - D_3)\tan\theta_m] \left(\frac{h+D_2}{D_1} - 1 \right) \quad (\text{Equation 4})$$

さらに、金属被覆面 280 と保護面 290 との間の全体の距離 L_t は、

$$L_t = [M + (h + D_3 + D_2 - D_1)\tan\theta_m] \left(\frac{h+D_2}{D_1} \right) \approx \left[\left(\frac{h^2}{D_2} + h + D_3 \right) \tan\theta_m \right] \quad (\text{Equation 5})$$

で与えられる。

【0018】

従来のシャドーマスクの厚さ D_0 の 2 倍の厚さ、 $D_2 = 2D_0$ および $D_3 = D_0/2$ となるシャドーマスクを用いることで、全体の光学伝搬距離（ L_t ）を、従来のシャドーマスクを用いた場合の半分の値に減少できる。 D_2 のさらなる増加および／または D_3 のさらなる減少により、これよりもさらに減らすこともできる。

【0019】

光学面 280 に堆積されたコーティング材料 285（すなわち、金属層）の厚さおよび輪郭は、スパッタ時間および頂面の開口幅 L_m により制御可能であるが、基板上の金属の広がり（ L_t ）は、以下の底面の開口幅 L_{mb} を制御することによる。

$$L_{mb} = M + (h + D_3 + D_2 - D_1) \tan \theta_m \quad (\text{Equation 6})$$

【0020】

したがって、図3に示すように、スパッタされた金属の厚みの輪郭、およびその厚さの最大値が、それぞれ、シャドーマスクの開口部の形状、およびその輪郭によって制御される。シャドーマスクの頂部開口部 $g(x, y)$ の形状は、スパッタされた薄膜 $t(x, y)$ の輪郭形状を制御する。図4に示すように、開口部の大きさを L_{m1} から L_{m2} 、 L_{m3} 、 L_{m4} に変更することにより、達成できる最大の厚さが、 t_1 から t_2 、 t_3 、 t_4 へと制御される。開口部の大きさが、所与の閾値 $L_m - t_h$ よりも小さい場合、スパッタによる厚さは無視できるものとなる。この閾値は、反応炉の中のターゲットとウェーハとの距離、バイアス電力、およびスパッタリングガスを含む、プロセス条件により制御される。さらに、その閾値は、用いられるシャドーマスクの全体の厚さによる。薄膜の厚さが開口部の大きさに依存する実験例を図5に示す。大きな開口部とすると、厚さは、ある値で飽和する。この値は、プロセス時間とプロセス条件により制御される。

10

【0021】

図6を参照すると、シャドーマスク200は、異なる大きさの開口部を同時に有することができ、それにより、異なるメタライゼーションまたは薄膜の厚さをもたらす。これにより、例えば、全反射ミラー282bおよび透過制御をした部分反射／透過ミラー280aを形成することができる。図6の例では、シャドーマスク200の頂面レベルには、2つの異なる開口部205aおよび205bがあり、それぞれが、異なる幅 L_{m1} と L_{m2} とを有している。頂面レベルの開口部の大きさの違いは、微細加工構造282aおよび282bのコーティングされた光学面280aおよび280bに異なる薄膜の厚さ t_1 および t_2 をもたらす。薄膜285が金属の場合、コーティング面280aおよび280bは、与えられた微小光学ベンチ270内を伝搬する光の波長に係る光学スキンの深さに対する金属の厚さによって、異なる反射率および透過特性を有することができる。金属面280aおよび280bの一方または両方のコーティングの厚さが、スキンの深さよりも非常に大きい場合、面（例えば、面280b）は、入射光に対して全反射面としてはたらく。

20

【0022】

底面レベルの開口部210aおよび210bの幅は、同じであっても、異なってもよい。例えば、コーティング面280aおよび280b上へのコーティング材料285の堆積中に、微小光学ベンチデバイス270内の別の面290aおよび290bを保護するように底面レベルの開口部210aおよび210bの幅を選択できる。

30

【0023】

図7Aおよび7Bを参照すると、均一または不均一なステップカバレッジの両方を、マルチレベルシャドーマスク200を用いて達成することができる。例えば、プロセス条件に応じて、シャドーマスクの頂面レベル、および底面レベルにある開口部の大きさ205および210のそれぞれを最適化し、図7Aに示すように光学面280の高さにわたり均一なコーティングにするか、または図7Bに示すように不均一なコーティングにする。例えば不均一なコーティングの場合、図7Bに示されているように、コーティング材料285のような楔形にできる。

40

【0024】

微小光学ベンチデバイス270における複数の光学面280aおよび280b上の薄膜の厚さを同時に制御するため、図8を参照すると、シャドーマスク200は、底面レベルの2つまたはそれ以上の開口部210aおよび210bと重なる頂面レベルにある単一の大きな開口部205を具えることができる。一例では、頂面レベルにある開口部205により、微小光学ベンチデバイス270の両方の光学面280aおよび280bに同じ薄膜の厚さを実現できる。底面レベルの開口部210aおよび210bを用いて薄膜材料285の広がりを制御し、その他のコーティングされない面290aおよび290bを保護することができる。

【0025】

50

図9は、本開示の一態様による、シャドーマスク200と基板230との間にスペーサ900を具える例示的なシャドーマスク200を示す。スペーサ900は、個片化の前にシャドーマスク200と基板/ウェーハ230との間に配置される。一例では、スペーサ900は、シャドーマスク200の底面レベル（すなわち、窪み部）に配置することができ、シャドーマスク200の底面上にフォトリソグラフィマスクを用いて、シャドーマスク内にエッチングされることができる。スペーサ900は、微小光学ベンチデバイス270内で、移動式/脆弱な微細加工構造282と重ならないように、底面レベルに配置される。スペーサ900は、シャドーマスク200の窪んだ底面と、基板230の頂面との間で一定の間隙を維持することができ、それにより、基板/ウェーハ230にわたるメタライゼーションの均一性を改善することができる。

10

【0026】

図10は、本開示の一態様における、例示的なマルチレベルシャドーマスク200のレイアウトの平面図である。図10に示される例では、シャドーマスク200内の頂面レベルにある開口部205を通して、底面レベルの開口部210を見ることができる。底面レベルの開口部210は、微小光学ベンチデバイス270上（点線で示す）に所望の薄膜コーティングを作るため、異なる方向に並んだいくつかのサブ開口部210a-210dを具える。図10に示される微小光学ベンチデバイス270は、金属被覆されるマイクロミラー、およびメタライゼーションから保護されるインターフェース（例えば、ビームスプリッター）を具える光学干渉計の少なくとも一部を形成する。

20

【0027】

例えば、1つのサブ開口部（例えば、サブ開口部210a）は、金属被覆されるマイクロミラー面280と、保護されるインターフェース面290とをつなぐ方向で、開口部の大きさを最小にするように設計されている。別のサブ開口部（例えば、サブ開口部210b）は、マイクロミラー面280とインターフェース面290とをつなぐラインに対して傾いた方向で、開口部を最大にするように設計されている。したがって、図10に示すように、底面レベルの開口部210は、少なくとも1つの長方形の形状と、その長方形の形状に対して傾いた開口部を形成する少なくとも1つの平行四辺形の形状との結合体を具えてもよい。

【0028】

微小光学ベンチデバイスとして製造可能な干渉計を具えた分光計の一例が、図11に示されている。図11の例では、分光計1100が、マイケルソン干渉計1105を具える。しかし、別の例として、ファブリペロー干渉計やマッハツェンダ干渉計のような、他のタイプの干渉計を利用可能である。図11において、広帯域源1110からコリメートされた光 I_0 が、ビームスプリッター1120により2つのビーム I_1 および I_2 に分けられる。1つのビーム I_1 は、固定ミラー1130で反射し、別のビーム I_2 は、MEMSアクチュエータのような、アクチュエータ1150に連結された移動式ミラー1140に反射する。特記すべきは、上記のように、マルチレベルシャドーマスク200を用いて固定ミラー1130および移動式ミラー1140の高さに沿って金属層のステップカバレッジの均一性を最適化することにより、干渉計1150の（光）結合効率を最大化できることである。

30

40

【0029】

一例では、MEMSアクチュエータ1150を、橢円ドライブとバネとで形成する。橢円ドライブに電圧を印加することにより、アクチュエータ1150に、静電容量を誘導する電位差が生まれ、それが、駆動力とともにバネからの復元力を生じさせ、それにより、移動式ミラー1140を、ビーム I_2 を反射させる所望位置に変位させる。その後、光学パス長の差（OPD）が反射ビームの間に生成される。その差は、実質上ミラー1140の変位の2倍に等しい。

【0030】

反射ビームが、ビームスプリッター1120で干渉することで、移動式ミラーが提供するそれぞれの光学パス長の差（OPD）において光の時間的コヒーレンスの測定が可能とな

50

る。移動式ミラーの多くの異なる位置で、インターフェログラムと呼ばれる信号が、検出器 1160 により測定される。その後、スペクトルが回収され、例えば、プロセッサ 1170 によりフーリエ変換が実施される。

【0031】

プロセッサ 1170 は、単一プロセスデバイスまたは複数のプロセスデバイスであることができる。そのようなプロセスデバイスとして、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、マイクロコンピュータ、CPU、フィールドプログラマブルゲートアレイ、プログラマブルロジックデバイス、ロジック回路構造、アナログ回路構造、デジタル回路構造、および／または回路構造のハードコーディングおよび／または動作指示に基づいて何らかの信号（アナログおよび／またはデジタル）を操作するデバイスがある。プロセッサ 1170 は、関連するメモリおよび／またはメモリ要素を有しており、それは、単一のメモリデバイス、複数のメモリデバイス、および／またはプロセッサに埋め込まれた回路構造であることができる。そのようなメモリデバイスとしては、読み取り専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、スタティックメモリ、ダイナミックメモリ、フラッシュメモリ、キャッシュメモリ、および／またはデジタル情報を蓄積する何らかのデバイスがある。

10

【0032】

図 12 は、本開示の態様による、マルチレベルシャドーマスクを用いた微小光学ベンチデバイス内における微細加工構造の選択的なコーティングの、例示的な方法 1200 を示すフローチャートである。方法 1200 は、微小光学ベンチデバイスを形成する微細加工構造を具える基板の提供から始まる（ブロック 1210）。その後、第 1 開口部をシャドーマスクの頂面内に、第 2 開口部をシャドーマスクの底面内に具えるマルチレベルシャドーマスクを提供する（ブロック 1220）。第 2 開口部は、第 1 開口部と並んでおり、第 1 開口部の幅よりも小さく、したがって、第 1 開口部と第 2 開口部との重複部が、シャドーマスク内に孔を形成する。

20

【0033】

シャドーマスクを基板に配置し、その孔を通して微細加工構造の面をコーティングする（ブロック 1230）。特に、シャドーマスクの底面は、基板の頂面に隣接配置され、コーティングされる微細加工構造の面が、孔に整列される。金属層といったコーティング材料が、孔を通して微細加工構造の面に堆積される（ブロック 1240）。

30

【0034】

図 13A-13F は、本開示の態様による、マルチレベルシャドーマスク 200 を製造するための例示的なプロセスを示す。図 13A に示すように、シャドーマスク基板 1300 が提供され、窪みパターン 1310 を、リソグラフィ工程を通して基板 1300 の底面 204 に形成する。例えば、窪みパターン 1310 は、基板 1300 の底面 204 上にアルミニウム層を堆積し、アルミニウム層をパターン形成することにより窪みパターン 1310 を形成してもよい。その後、図 13B に示すように、フォトレジスト層 1320 を、基板 1300 の底面 204 に堆積し、パターン化して、底面における開口部パターンを形成する。図 13C に示すように、底面開口部パターンを通して、構造 1300 に所定深さの底面開口部 210 をエッチングする。

40

【0035】

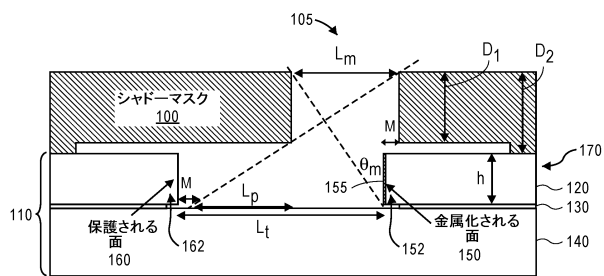
図 13D に示すように、基板 1300 の頂面 202 にフォトレジスト 1330 の別の層を堆積し、パターン化して頂面における開口部パターンを形成する。図 13E に示すように、頂面の開口部 205 が底面の開口部 210 と合流し、基板 1300 に孔 215 を形成するまで、頂面開口部 205 を、頂面における開口部パターンを通して基板 1300 にエッチングする。最終的に、図 13F に示すように、シャドーマスクの窪み部 206 を、窪みパターン 1310 を用いてエッチングし、シャドーマスク 200 が、ステップカバレッジ用のシャドーマスクを用いる際、どの移動式／脆弱な微細加工構造とも接触しないようにする。

【0036】

50

当業者に認識されているように、本開示に記載された革新的な概念は、出願の広い範囲にわたって修正および変更可能である。それに従い、特許主題の範囲は、記載された特定の例示的な教義に限定されるべきではなく、以下の請求項により規定される。

【図 1】

図1
(従来技術)

【図 2】

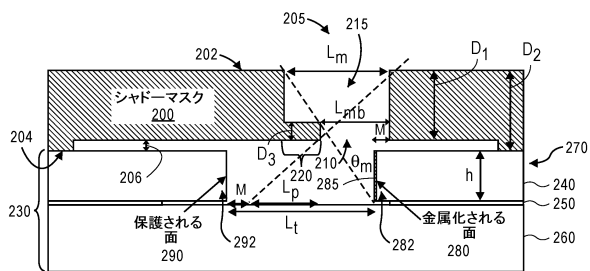


図2

【図 3】

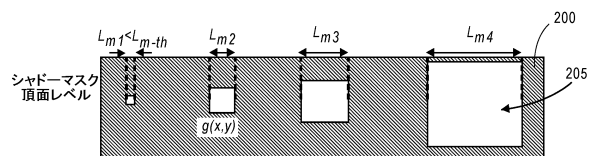


図3

【図 4】

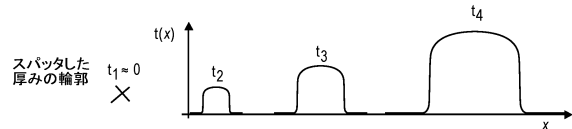


図4

【図 5】

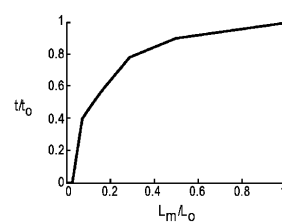


FIG. 5

【図 6】

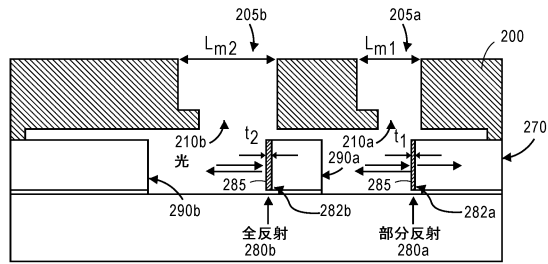


図6

【図 7 B】

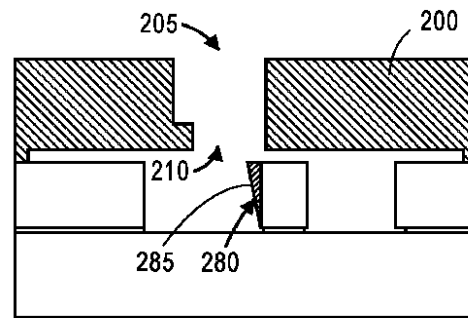


FIG. 7B

【図 7 A】

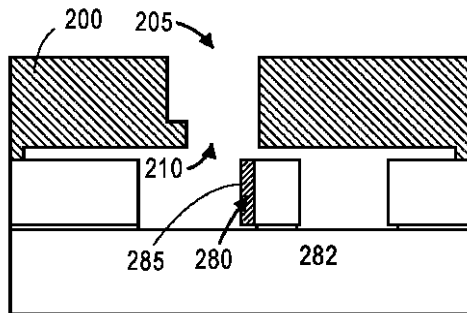


FIG. 7A

【図 8】

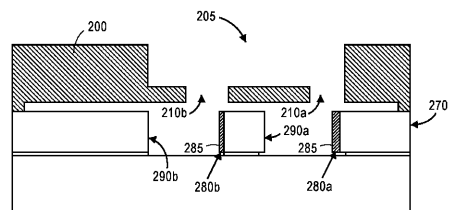


FIG. 8

【図 9】

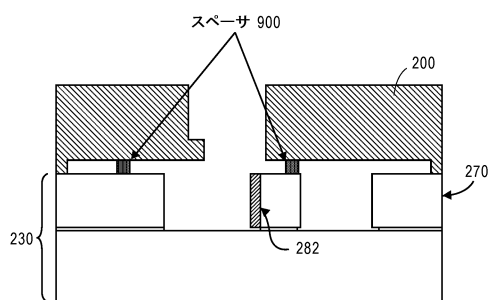


図9

【図 1 1】

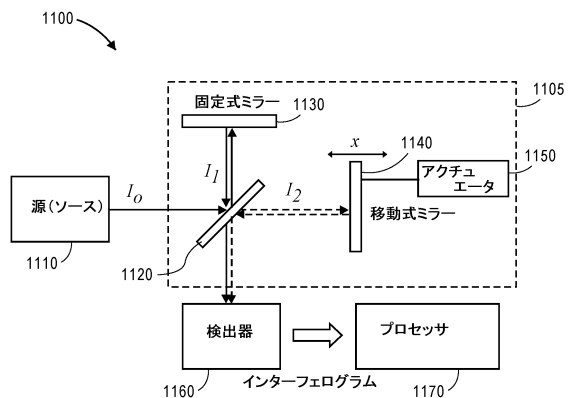


図11

【図 1 0】

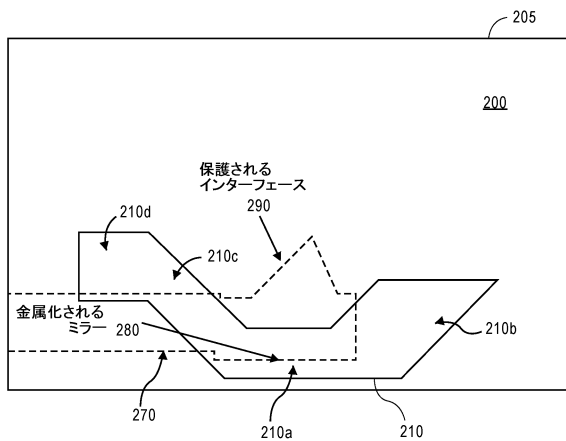


図10

【図 1 2】

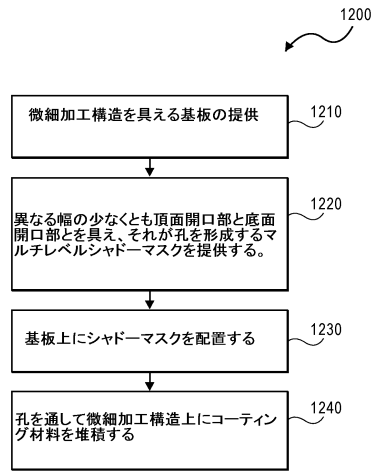
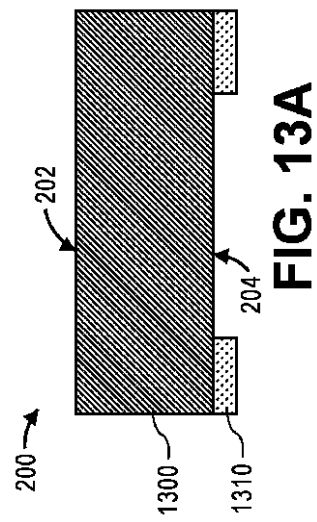
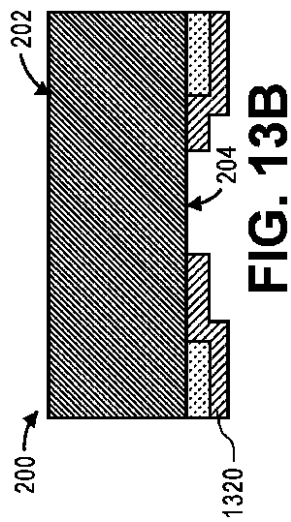


図12

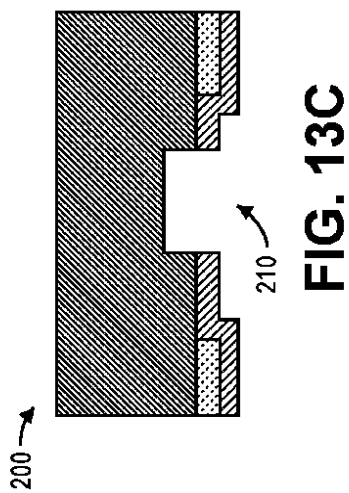
【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



【図 1 3 C】



【図 1 3 D】

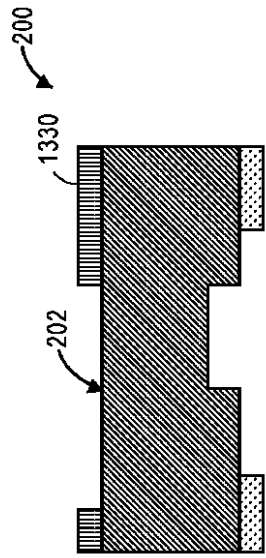


FIG. 13D

【図 1 3 E】

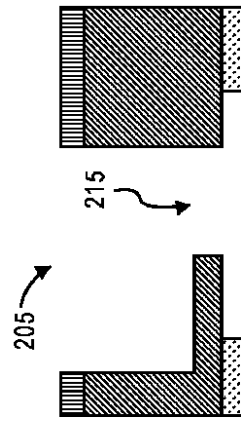


FIG. 13E

【図 1 3 F】

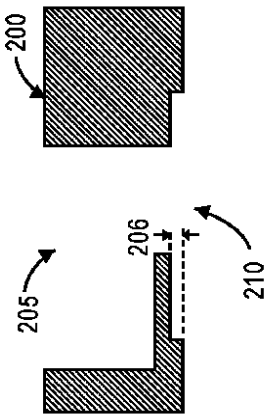


FIG. 13F

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 62/119,065

(32)優先日 平成27年2月20日(2015.2.20)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(72)発明者 サブリィ, ヤセル

エジプト国 11371 カイロ, ナスルシティー, アブド エライ ヘガジ ストリート 22

(72)発明者 ナジール, セバスチャン

フランス共和国 91940 レジュリス, アレ デュ ガティネ 2

(72)発明者 ナダ, ヤシーン

エジプト国 11341 ヘリオポリス, アルド エルーゴルフ, ナビル アル ワッカド ストリート 10

(72)発明者 サディク, モハメッド

エジプト国 カイロ, シュラビア, エル サイド ムバラク ストリート 23

(72)発明者 サダニイ, バサム, エイ

エジプト国 11371 カイロ, ナスルシティー, ゲハド ストリート 7, ゾーン1

合議体

審判長 河端 賢

審判官 貞光 大樹

審判官 大山 健

(56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0100424 (US, A1)

特開2013-253316 (JP, A)

特開2006-199998 (JP, A)

米国特許出願公開第2014/0020628 (US, A1)

米国特許出願公開第2006/0021869 (US, A1)

米国特許出願公開第2014/0220715 (US, A1)

特開昭57-76842 (JP, A)

特開2011-74404 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B81C 1/00-99/00

B81B 1/00- 7/04

G02B 6/35

G02B26/00-26/08

C23C14/00-14/58