

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5080900号
(P5080900)

(45) 発行日 平成24年11月21日 (2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日 (2012.9.7)

(51) Int.Cl.

G O 2 B 5/30 (2006.01)

F I

G O 2 B 5/30

請求項の数 11 外国語出願 (全 25 頁)

| | | | |
|--------------|------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2007-207219 (P2007-207219) | (73) 特許権者 | 000001007 |
| (22) 出願日 | 平成19年8月8日 (2007.8.8) | | キヤノン株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2008-46632 (P2008-46632A) | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43) 公開日 | 平成20年2月28日 (2008.2.28) | (74) 代理人 | 100076428 |
| 審査請求日 | 平成22年6月29日 (2010.6.29) | | 弁理士 大塚 康德 |
| (31) 優先権主張番号 | 11/500,321 | (74) 代理人 | 100112508 |
| (32) 優先日 | 平成18年8月8日 (2006.8.8) | | 弁理士 高柳 司郎 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (74) 代理人 | 100115071 |
| | | | 弁理士 大塚 康弘 |
| | | (74) 代理人 | 100116894 |
| | | | 弁理士 木村 秀二 |
| | | (74) 代理人 | 100130409 |
| | | | 弁理士 下山 治 |
| | | (74) 代理人 | 100134175 |
| | | | 弁理士 永川 行光 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光分離部材の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

偏光分離部材の周期格子構造を製造する製造方法であって、

第1の材料の周期格子構造及び、前記周期格子構造における個々の構造の間を充填する第2の材料で構成された構造層を形成する工程と、

第1の化学プロセスを用いて前記第2の材料を除去する工程と、

第2の化学プロセスを用いて前記第1の材料の少なくとも一部を窒化処理して第3の材料にする工程と、

を含み、

前記第1の材料の窒化物濃度が第3の材料の窒化物濃度より低いことを特徴とする製造方法。 10

【請求項 2】

前記窒化処理は、プラズマアシストプロセスを含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項 3】

前記第3の材料の窒化物濃度が、前記周期格子構造の表面から前記周期格子構造の中心にかけて、実質的に減少することを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項 4】

前記第1の材料がA1であることを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項 5】

前記第 3 の材料が AlO_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) であり、
 前記第 2 の化学プロセスは、プラズマアシスト窒化プロセスであることを特徴とする請求項 4 記載の製造方法。

【請求項 6】

前記第 1 の材料が Si であり、
 前記第 3 の材料が SiO_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) であり、
 前記第 2 の化学プロセスは、プラズマアシスト窒化プロセスであることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 7】

前記第 1 の材料が ZrO_2 であり、
 前記第 3 の材料が ZrO_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) であり、
 前記第 2 の化学プロセスは、プラズマアシスト窒化プロセスであることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 8】

前記第 1 の材料が $HfO_{x_1}N_{y_1}$ であり、
 前記第 3 の材料が $HfO_{x_2}N_{y_2}$ ($(y_2/x_2) > (y_1/x_1)$) であり、
 前記第 2 の化学プロセスは、プラズマアシスト窒化プロセスであることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 9】

前記第 1 の材料が $TiO_{x_1}N_{y_1}$ であり、
 前記第 3 の材料が $TiO_{x_2}N_{y_2}$ ($(y_2/x_2) > (y_1/x_1)$) であり、
 前記第 2 の化学プロセスは、プラズマアシスト窒化プロセスであることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 10】

前記構造層を形成する工程が、
 前記第 2 の材料の犠牲層を基板材料の層上に提供する工程と、
 前記犠牲層の表面から前記基板材料の層まで伸長する一つまたは複数の開口部により構成されるパターンを前記犠牲層に形成する工程と、
 前記第 1 の材料で前記パターンを充填する工程と、
 前記犠牲層を除去する工程と、
 を有することを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 11】

前記犠牲層は選択的エッチングにより除去されることを特徴とする請求項 10 記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ナノメートルスケールの構造 (features) を有するデバイスの製造、特に、具体的には偏光ビームスプリッタ (PBS) の部材の製造に関する。

【背景技術】

【0002】

多層偏光分離素子を有する PBS はすでに製造されている。多層偏光分離素子は高屈折率層と低屈折率層を交互に有する層で構成されている。これらの多層偏光分離素子は TiO_2 を用いて構成されている。このような PBS は、2005 年 5 月 3 日に出願された「POLARIZATION ELEMENT AND OPTICAL DEVICE USING POLARIZATION ELEMENT」(特許文献 1 参照) に記載されている。

【0003】

図 1 は PBS を示すブロック図である。図 1 は、二つのプリズムにより挟まれている、構造複屈折をそれぞれ有する複数の周期構造で構成された偏光分離層 23 を示す。偏光分

10

20

30

40

50

離層 2 3 及び二つのプリズムは、偏光分離機能を有する光学素子を構成する。

【 0 0 0 4 】

図 1 において、偏光分離層 2 3 は、プリズムの入射面 2 5 に対して、ブリュースター角だけ傾いている。P 偏光成分 1 8 及び S 偏光成分 2 0 を含む入射光線が入射面 2 5 に垂直に投射されると、P 偏光成分 1 8 は偏光分離層 2 3 を通過し通過光 1 9 となり、S 偏光成分 2 0 は偏光分離層 2 3 に反射され反射光 2 1 となる。ここに図示するように、光学素子は可視光に使用されと考えられる。

【 0 0 0 5 】

図 2 は偏光分離層 2 3 を示す概念図である。偏光分離層 2 3 には、複数の格子構造（周期構造）が積層されている。隣接する格子構造の周期方向はお互いに対して実質的に垂直である。この実施形態において、五つの層に対応する五つの一次元格子構造が積層されている。（図 2 は概念図であるため、三つの一次元格子構造のみが示されている。）第一、第二、第三、第四、並びに、第五の一次元格子は光入射側から順に配置されているとする（図 2 の上側）。各格子構造の周期は任意の入射光の波長よりも短い。各格子構造は構造複屈折を示す。

【 0 0 0 6 】

図 2 に示すように、入射光ビーム（P 偏光成分 1 8 及び S 偏光成分 2 0）が入射される入射面は、第一の一次元格子の周期方向に対して垂直である。第一の一次元格子の周期方向は格子方向 V とする。図 2 に示すとおり、第二の一次元格子の周期方向は格子方向 V に対して垂直であり、格子方向 P とする。

【 0 0 0 7 】

光が偏光分離層 2 3 に入射したとき、S 偏光成分は反射され、その反射光 2 1 は、プリズムの光入射側に位置する入射面 2 5 とは異なる射出面 2 6 から射出する。この時、P 偏光成分は偏光分離層 2 3 を通過し、その通過光 1 9 は、光射出側に位置する射出面 2 7 から射出する。

【特許文献 1】米国特許出願公開第 1 1 / 1 2 2 1 5 3 号明細書 この P B S は、広い入射角度及び広波長などの性能を有する。しかしながら、このようなデバイスの製造は困難である。一つの問題としては、偏光分離層に高屈折率の材料を組み込むことである。もう一つは、垂直格子を積み重ねる時、安定性を保ちつつ格子を積み重ねることが困難であることから発生する問題である。通常、エッチング停止層を用いることによって、S i ベースの半導体製造プロセスにおいてこのような格子を製造することができる。しかし、これは光学特性を考慮していないときに限る。P B S の場合、光学特性は重要であり、残ったエッチング停止層が P B S の光学特性に悪影響を与える。

【 0 0 0 8 】

従って、異なる格子材料の使用を可能とし、停止層材料の量を減らし、製造プロセスにおいて格子を支持し、かつ、低コストのバッチ製造技術を使用する製造プロセスが必要とされる。本発明の各種側面や実施形態は、これらの要件を満たしている。

【 0 0 0 9 】

本発明の第 1 の側面において、部材の周期格子構造を製造する方法が提供される。この製造方法は、第 1 の材料の周期格子構造及び、周期格子構造における個々の構造（features）の間を充填する第 2 の材料で構成された構造層を形成する工程と、第 1 の化学プロセスを用いて第 2 の材料を除去する工程と、第 2 の化学プロセスを用いて第 1 の材料の少なくとも一部を窒化処理して第 3 の材料にする工程と、を含み、前記第 1 の材料の窒化物濃度が第 3 の材料の窒化物濃度より低いことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明の別の側面において、構造層を形成する工程は、第 2 の材料の犠牲層を基板材料の層上に提供する工程と、犠牲層の表面から基板材料の層まで伸長する一つまたは複数の開口部により構成されるパターンを犠牲層に形成する工程と、第 1 の材料でパターンを充填する工程と、犠牲層を除去する工程と、を有することを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 7 】

前述したように、図 1 は偏光分離素子を示す構成図である。図 1 は、二つのプリズムにより挟まれている、構造複屈折をそれぞれ有する複数の周期構造で構成された偏光分離層 2 3 を示す。偏光分離層 2 3 及び二つのプリズムは、偏光分離機能を有する光学素子を構成する。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、偏光分離層 2 3 を示す概略図である。偏光分離層 2 3 には、複数の格子構造（周期構造）が積層されている。隣接する格子構造の周期方向はお互いに対して実質的に垂直である。この実施形態において、五つの層に対応する五つの一次元格子構造が積層されている。（図 2 は概念図であるため、三つの一次元格子構造のみが示されている。）第一、第二、第三、第四、並びに、第五の一次元格子構造は光入射側から順に配置されているとする（図 2 の上側）。各格子構造の周期は任意の入射光の波長よりも短い。

10

【 0 0 1 9 】

偏光分離層 2 3、偏光分離層を組み込む素子、及び、いくつかの実施形態に関する完全な記載は、2005 年 5 月 3 日に出版された「POLARIZATION ELEMENT AND OPTICAL DEVICE USING POLARIZATION ELEMENT」（特許文献 1）で提供されており、それを引用することで、その内容の全てをここに合体する。

【 0 0 2 0 】

以下の記載は、特に、偏光分離層 2 3 などのような偏光分離層の格子形成に適用されるが、本願において開示される製造プロセスの各種の実施形態は、他の光学及び RF 用の部材の周期又は非周期構造の形成に適用される。例えば、特定の RF 周波数、検波器、連結器のフィルタ、又は、導波管、レーザー、検波器、変調器、マルチプレクサ、デマルチプレクサなどの電気通信アプリケーションに、積み重なった格子構造を使用することができる。以下の記載に従って製造されて積み重なった構造は、記載された PBS、偏光子、回折素子の反射防止膜、及び色収差補正レンズなどの光学結像デバイス、並びに、DVD 又は CD、光ヘッドなどの光メモリに用いることができる。また、本願明細書では、酸化処理及び窒化処理をアニールと呼ぶこととする。

20

【 0 0 2 1 】

図 3 は、偏光分離層 2 3 に似た構造を製造するための製造プロセスのプロセスフロー図である。このような構造は、一つ以上の格子を、遷移材料を用いて構造層に形成することによって製造される。次に、遷移材料は、格子の最終又は所望の材料にアニールされる。このプロセスの第 1 のステップは、構造の形成に機能するパターンを形成する工程である（100）。第 2 のステップは、パターンを基に構造を製造する工程である（102）。次に、二つ以上の構造が素子の部材を形成するために組み合わせられる（104）。最後に、部材が素子に組み込まれる（106）。

30

【 0 0 2 2 】

さらに詳細には、図 4 は本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスのプロセスフロー図である。このプロセスでは、構造（図 2 の偏光分離層 2 3 の一つの周期構造など）のためのパターンが犠牲材料層に形成される（200）。パターンが形成されると、パターンを遷移材料で充填することにより構造が形成される（202）。その結果、構造の個々の構造（features）の間が犠牲材料で充填される。そして、追加構造が、第 1 の構造の上に絶縁層を蒸着することで形成され、絶縁層の表面上に付加構造を素子の部材（図 2 に示す偏光分離層 2 3 など）を形成するために必要な数の層だけ形成する。部材が完成すると、かかる部材は基板に取り付けられ、犠牲材料が除去される（208）。犠牲材料が除去された後、遷移材料は、部材の最終又は所望の材料を形成するように、アニールされる（210）。

40

【 0 0 2 3 】

上記の記載では、本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスを説明した。以下、図 5 A 乃至 5 E を参照して、製造プロセスのパターン形成ステップをさらに詳細に説明

50

する。図 5 A は基板材料 3 0 0 の層の断面図である。図 5 B に示すように、犠牲材料の犠牲層 3 0 2 は基板層 3 0 0 の表面に形成される。図 5 C に示すように、レジスト層 3 0 4 が犠牲層 3 0 2 の表面に形成される。レジスト層 3 0 4 は、レジスト層 3 0 4 を通って伸長し、犠牲層 3 0 2 の表面の部分に露出する開口部 3 0 5 などの開口部を含む。開口部は、周期パターンを示す場合がある。このパターンは、レジスト層に、位相シフトによるリソグラフィ、複数のレーザービームを用いる干渉リソグラフィ、又はインプリントプロセスを含むいくつかの方法により形成することができる。

【 0 0 2 4 】

本発明の例示的な実施形態に対応するレジスト層において、間のある溝のラインホールパターンを形成するように、開口部は、レジスト層 3 0 4 の一つの面次元に沿って伸長する。このようなラインホールパターンは、周期格子などを形成するのに役立つ。

10

【 0 0 2 5 】

本発明の例示的な実施形態に対応するレジスト層において、開口部の幅は 3 0 n m 程度 (3 0 8) 、間隔は 1 4 0 n m 程度 (3 0 6) である。犠牲層の高さは 4 0 0 n m 程度である。このような寸法は、可視光線用の P B S の部材のための格子寸法である。当業者に容易に理解できるように、ピッチは波長に依存する。例えば、赤外線を用いる場合、ピッチは上記例より、波長に比例して大きい。

【 0 0 2 6 】

図 5 D は、犠牲層 3 0 2 にパターンを形成する工程を示す。このパターンは、開口部 3 1 0 のような、レジスト層から基板層 3 0 0 まで実質的に伸長する一つ以上の開口部を含む。本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスにおいて、犠牲層 3 0 2 は C V D によって形成された SiO_2 で構成され、基板層 3 0 0 は Si で構成され、犠牲層 3 0 2 のパターンは、レジスト層 3 0 4 の開口部 3 0 5 を介した反応性イオンエッチング (R I E) などのドライエッチングプロセスによって形成される。この製造プロセスでは、Si 層は、基板層 3 0 0 の Si 表面へのあらゆるダメージを回避するためにエッチング停止層として準備される。従って、Si ラージスケールインテグレーション (L S I) プロセスで使用される従来のエンチャント、例えば、 $\text{CF}_4 + \text{H}_2$ 、 C_2F_6 、 CHF_3 、 C_3F_8 などが高選択性でエッチングするために使用される。

20

【 0 0 2 7 】

本発明の例示的な実施形態に対応する他の製造プロセスでは、パターンの開口部の幅が設計値に比べて大きすぎると、化学気相蒸着 (C V D) により開口部に追加 SiO_2 が蒸着され、方向性エッチングが R I E により途切れることなく行われる。このようにして、ラインホールパターンの幅を調整される。

30

【 0 0 2 8 】

本発明の例示的な実施形態に対応する他の製造プロセスでは、レジストリフロー処理が、さらに小さいホールパターンを形成するために用いられる。

【 0 0 2 9 】

図 5 E は、レジスト層 3 0 4 を犠牲材料 3 0 2 の表面から除去する工程を示す。製造プロセスの現時点では、犠牲層 3 0 2 には、犠牲層 3 0 2 の表面から実質的に基板層 3 0 0 の表面まで伸長する開口部 3 1 0 などの一つ以上の開口部により形成されたパターンが残される。

40

【 0 0 3 0 】

上記の記載では、本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスにおいて、どのようにして犠牲材料にパターンが形成されるかを説明した。以下、図 6 A 及び 6 B を参照して、例示的な実施形態に対応する製造プロセスにおいて、パターンにおける構造の形成について説明する。図 6 A は、基板層 3 0 0 の上に形成された、開口部 3 1 0 などの一つ以上の開口部により犠牲層 3 0 2 に形成されたパターンを有する犠牲層 3 0 2 の上面図である。図 6 B は、犠牲層 3 0 2 及び基板層 3 0 0 の、点線 A A に沿った断面図である。各図において、犠牲材料 3 0 2 に形成されたパターンの開口部への遷移材料 4 0 0 の導入により、パターンに構造が形成されている。従って、構造は、間の空間が犠牲材料により充填

50

される個々の離れた構造 (f e a t u r e s) で構成される。

【 0 0 3 1 】

製造プロセスの一つの実施形態では、遷移材料は A l、基板材料は S i である。従って、A l は、露出した S i 基板層の表面などの電子が支配的な表面のみのラインホールパターンに選択的に蒸着される。プロセス条件の例としては、バックグラウンド真空レベルが 10^{-8} T o r r であり、H ガスはパターンの表面を 0 . 7 T o r r で流れ、基板層上の温度は約 1 7 0 C に保たれる。そして、プラズマが、0 . 2 W / c m 2 のパワーレベルを用いて 1 3 . 5 6 M H z で生成される。トリメチルアルミニウム (T M A) が $1 . 5 E^{-4}$ T o r r の分圧で導入される。

【 0 0 3 2 】

図 7 A 及び 7 B を参照するに、犠牲層 3 0 2 のパターンへの遷移材料 4 0 0 の導入は犠牲層 3 0 2 の表面の端で停止されるべきであるが、過成長 5 0 0 の場合、表面は、図 7 B に示すように、化学的・機械的研磨 (C M P) により平らに研磨される。このプロセスでは、図 7 b に示すように、研磨は犠牲層の表面で停止される。

【 0 0 3 3 】

上記の記載では、犠牲材料における遷移材料により、どのようにして構造が形成されるかを説明した。以下、図 8、9 A、9 B、1 0 A、1 0 B 及び 1 1 を参照して製造プロセスの例示的な実施形態に対応する素子の部材を形成するために構造を結合するプロセスを説明する。これらの図では、同じ番号を割り当ててある要素は、同じ特徴を示す。図 9 A は、製造プロセスの一つの段階における部材を示す上面図である。図 9 b は、点線 B B に沿った断面図である。図 8 は、製造プロセスの異なる段階における、点線 B B に沿った断面図である。図 1 0 A は、製造プロセスの他の段階における部材を示す上面図である。図 1 0 B は、図 1 0 A の点線 C C に対応した断面図である。

【 0 0 3 4 】

図 8 は、基板材料 6 0 0 の新しい層を、基板層 3 0 0 によって支持された犠牲層 3 0 2 の表面上に絶縁層として蒸着する工程を示す。基板材料 6 0 0 の新しい層は、パターンを示す開口部 3 1 0 などの開口部を有する犠牲材料の層に形成されたパターンにおける遷移材料 4 0 0 の構造を覆う。製造プロセスの一つの実施形態では、基板材料 6 0 0 の新しい層は、ドーブされた n + S i 薄膜である。この n + S i 薄膜は、アモルファス、多結晶、又は結晶である。基板材料 6 0 0 の新しい層が伝導性のある、電子密度の高い層であることを保証するために、材料として n + S i が採用された。

【 0 0 3 5 】

図 9 B は、犠牲材料 6 0 2 の新しい層を基板材料 6 0 0 の新しい層の表面上に形成する工程を示す。図 9 A は、犠牲材料 3 0 2 と同じようにパターンニングされる犠牲材料 6 0 2 の新しい層を示す。すなわち、犠牲材料 6 0 2 の新しい層を通して伸長する開口部 6 0 4 などの一つ以上の開口部が、犠牲材料 6 0 2 の新しい層にパターンを形成する。本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法では、犠牲材料 6 0 2 の新しい層は、C V D により蒸着される約 6 0 n m の厚さの S i O ₂ 膜である。この S i O ₂ 膜は、犠牲層 3 0 2 で定義される格子構造に対して実質的に垂直である格子構造を形成するようにパターンニングされている。この格子構造のピッチ及び幅は、犠牲層 3 0 2 で定義される格子構造と同様である。S i O ₂ 膜におけるパターンは、基板材料 6 0 0 の新しい層により停止されるエッチングにより形成される。この製造プロセスにおける基板材料 6 0 0 は S i である。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 A 及び 1 0 B は、遷移材料 6 0 6 を、犠牲材料 6 0 2 の新しい層におけるパターンの開口部に組み込む工程、このようにして基板材料 6 0 0 の新しい層の表面上に遷移材料の第 2 の構造を形成する工程を示す。遷移材料は、前述してように、パターンに形成される。この、一つの構造層をもう一つの構造層の表面に配置するプロセスは、任意数の構造層の部材を製造するために繰り返すことができる。

【 0 0 3 7 】

図 1 1 は、三つの構造層 9 0 2、9 0 4、及び 9 0 6 で構成される部材 9 0 0 を示す。

図示するように、各構造層は、犠牲材料のマトリックスに埋め込まれた遷移材料の構造を定義する。この実施形態では、構造層 902 は、伸長した、間のある周期構造を有する周期格子構造 908、又は、図 11 の平面から垂直に伸長する縦軸を有する素子 910a ~ 910g、を定義する。構造層 904 は、遷移材料の周期格子構造 912（一つの伸長素子 914 を通る断面図のみが示されている）を定義する。構造層 904 は、縦軸が図 11 の平面に実質的に平行であり、格子 908 の縦軸に対して実質的に垂直である。同様に、構造層 906 は、周期格子構造 908 の縦軸と実質的に平行である縦軸を有する周期格子構造 916 を定義する。

【0038】

部材 900 の形成は、積み重なった一連の周期格子構造を製造することに関連して記載した。しかしながら、本発明の各種実施形態に対応する製造方法によって形成される構造の種類に対する制限ととして、前述の記載を解釈してはいけないことが理解されるであろう。例えば、その製造方法は、任意のパターン又は任意の製造技術により犠牲層に形成可能なパターンにも適用することができる。さらに、部材 900 の構造層は同じ技術を用いて形成されるものとして記載したが、個々の構造層は、記載した製造方法の目的から逸脱しない、異なる技術を用いて形成してもよい。

【0039】

上記の記載では、構造層の連続的な形成を介して、どのようにして遷移材料の部材が形成されるかを説明した。以下、図 12A 乃至 12G を参照して、部材から素子を形成し、化学プロセスにより部材を素子にアニールする方法を説明する。

【0040】

図 12A に、部材 900 を、他の材料で構成された追加部材 1000 に取り付ける工程（1002）を示す。例えば、部材 1000 は、研磨されたガラスなどの透明材料であっても良く、プリズムなどの最終素子の一部を形成するために、結合により部材 900 に取り付けられる。部材 900 が部材 1000 に取り付けられると、基板層 300 が研削やウェットエッチングにより除去される。図 12B は、他の部材 1004 を、基板層 300 を除去することにより現れた部材 900 の表面に取り付ける工程（1006）を示す。

【0041】

図 12C は、三つの部材 900、1000、及び 1004 から形成される素子 1008 を示す。前述したように、部材 900 は遷移材料にちりばめられた犠牲材料を有する構造層を含む。犠牲材料と遷移材料は、異なる性質を持つため、犠牲材料を、遷移材料に犠牲材料ほど大きな効果を発揮しない機械的又は化学的プロセスにより除去することが可能である。犠牲材料が除去されると、基板材料 1012 の層に取り付けられた遷移材料 1010 で形成される構成が残る。

【0042】

図 12D は、（図 12C の）、基板材料が犠牲材料に似た材料に変更されるように、基板材料をアニールすることで基板材料 1012 を除去し、さらに、ボイド 1014 によって示されるように、変更された基板材料を除去する工程を示す。

【0043】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、基板層 1012 は Si で構成され、プラズマアシスト技術（プラズマアシストプロセス）を含み、酸化によりアニールされる。結果として生じる SiO₂ 層はウェット又はドライエッチング又はプロセスにより除去される。

【0044】

図 12E は、三つの部材で構成される素子 1008 を示す。部材 1016 は、実質的に、部材 1000 と 1004 との間の遷移材料で構成される。図 12F は、遷移材料を最終又は所望の材料にアニールし、部材 1000 と 1004 との間の最終又は所望の材料で構成される構造 1018 を含む素子 1008 を残す工程を示す。

【0045】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料は、プラズマアシス

10

20

30

40

50

ト技術を含む酸化によりアニールされる。本発明の例示的な実施形態に対応する他の製造方法では、遷移材料はプラズマアシスト技術を含む窒化（プラズマアシスト窒化）によりアニールされる。

【0046】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料はAlであり、最終又は所望の材料はAlNである。Alはプラズマアシスト技術を含む窒化によりアニールされる。

【0047】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、プラズマ窒化は、室温において、Ar/N₂混合プラズマで行われ、NH₃周囲圧力500Cでの熱窒化が、Alにおける窒素の取り込みに用いられる。これらのプロセスは、交互に用いることができる。また、窒化プロセスを促進させるために、プラズマエンハンスド窒化（plasma enhanced nitridation）前にAlを薄いネイティブAl₂O₃層で覆う。

10

【0048】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、素子部材は、基板材料の追加層を除去することにより残ったボイドを充填するために圧縮される。

【0049】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料のアニールは不完全である。すなわち、素子において機能する部材を形成するために、遷移材料の一部のみがアニールされる。

20

【0050】

図12Gに示すように、本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料は、部分的にアニールされた最終又は所望の材料で形成されてもよい。すなわち、遷移材料は、すでに部分的に窒化されているが、その窒化レベル（窒素化合物の濃度、窒化物の濃度）は最終又は所望の材料の窒化レベル（窒素化合物の濃度、窒化物の濃度）より低い。同様に、遷移材料は酸化されるが、その酸化レベルは最終又は所望の材料の酸化レベルより低い。この実施形態において、部材1022は、実質的に、部材1000と1004との間の遷移材料で構成される。素子1020がアニールされた後、部材1022は、最終又は所望の材料で構成される部分1024と、遷移材料で構成される部分1026

30

【0051】

アニールプロセスは、部材1022の部分的なアニールを結果的にもたすが、素子1020は機能する状態のまま残る。例えば、PBSの場合、可視光の波長が450nm～600nmであり、格子構造の幅が約30nmであるため、（Alなどの）第1の材料が格子の中心部分にコアとして残ったとしても、金属による光の吸収はまだ許容レベルにある。さらに、特に第1の材料から最終又は所望の材料までの表面領域において、格子の一部のみが変わったとしても、（光を吸収するAl金属が少なくなるため）PBSの透過率は向上し、表面平坦度をアニールにより減らすことができるため、格子表面での分散が減少する。

40

【0052】

他の例として、遷移材料がAlO又はAlONの場合、部材1022の部分1024の組成はAlO_{x1}N_{y1}として表現でき、部材1022の部分1026の組成はAlO_{x2}N_{y2}として表現できる。ここで、x₀、x₀、x₀、x₀、（y₂/x₂）（y₁/x₁）である。一般に、AlNはAlOよりも高い屈折率を持つため、窒化は、部材1022の光学性能をより高めることになる。

【0053】

前述の製造プロセスにおいて、いくつかのステップを変更することにより、代わりの遷移、所望、及び犠牲材料を用いることができる。図13は、本発明の例示的な実施形態に対応するそのような製造プロセスの一つのプロセスフロー図を示す図である。この製造方

50

法の実施形態では、犠牲材料の層が、基板材料の層に形成される(1100)。次に、構造のためのパターンが犠牲材料の層に形成される(1102)。パターンが形成されると、構造が遷移材料の選択的成長によるパターンに基づいて形成される(1104)。一つ以上の追加構造は、先行する基板上に形成された基板材料の新しい層上に追加層を形成することにより形成される(1106)。追加構造は、素子のための部材を形成するために必要な回数だけ加えることができる。部材が完成したら、犠牲材料が除去され(1108)、部材の最終又は所望の材料を形成するために、遷移材料がアニールされる。基板材料の元の層は除去され、最終素子を形成するために、追加部材が取り付けられる(1112)。

【0054】

図14A~14Dは、図13よりさらに詳細に、部材900が素子に組み込まれる前に、部材900における遷移材料を最終又は所望の材料に変更する工程を示す。これを達成するために、図14Aに示すように、構造層を完成させた後、部材900を基板層300に取り付けられたままにする。構造層における犠牲材料は選択的エッチングなどにより除去され、図14Bに示すように、ボイド1200などのボイドが構造層に残される。これにより、遷移材料で構成された構造1201などの構造と、基板材料1202の追加層がさらされる。基板材料の追加層は、アニールにより犠牲材料に変更され、図14Cに示すように、その後除去される。こうすることにより、主に遷移材料で構成された部材構造1204が残る。遷移材料がアニールされると、図14Dに示すように、部材は、主に所望の材料で構成される構造1206に変更される。その後、部材は基板材料300の層から除去され、前述のように、素子に組み込まれる。

【0055】

部材900を、アニール前に素子に組み込まないことにより、アニールプロセスを早めるために、追加プロセス技術を用いることができる。例えば、Siベース基板上の部材900の窒化を温度を上げることにより早めることができる。また、部材構造は、アニールプロセスで使用されるプラズマに対してさらに露出される。

【0056】

図15A~15Cは、素子への素子900の遅延した組み込みを可能とする追加プロセス技術を示す。このプロセス技術では、図15Aに示すように、構造層を完成させた後に、部材900を基板層300に取り付けたままにする。構造層における犠牲材料は選択的なエッチングなどにより除去され、図15Bに示すように、ボイド2100などのボイドは構造層に残される。これにより、遷移材料で構成された構造1201などの構造と、基板材料1202の追加層が露出される。この技術では、遷移材料は、基板材料1202の追加層を除去せずにアニールされる。その後、部材は基板材料300の層から除去され、前述のように、素子に組み込まれる。

【0057】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料はAlであり、最終又は所望の材料は Al_2O_3 であり、基板材料はSiである。AlはAr・O₂を混ぜたプラズマアシスト酸化プロセスを用いてアニールされる。

【0058】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料は、CVDを用いて犠牲層のパターンに蒸着されるSiである。この場合、SiがSiCl₄選択的成長などにより犠牲層に蒸着されると、そのSiは、CVDプロセス後に研磨される。この製造プロセスでは、部材構造及び基板材料の追加層の両方のSiが、プラズマアシスト及び熱窒化プロセスによりSi₃N₄に変更される。熱窒化の間、用いられた材料のために温度を上げることにおいては何ら制限がなく、温度を1000Cまで上げることが可能である。

【0059】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料はZrO₃であり、最終材料はZrONである。この製造方法では、遷移材料の部材のための構造はALD及びレジスト層のリフトオフにより形成される。ALD及びレジスト層のリフトオフは、図

10

20

30

40

50

16A～16Eに示される。このプロセスでは、犠牲材料302の層は、基板材料300の層上に形成され、レジスト層304に覆われる。図16Aに示したように、犠牲材料の層にパターンが形成される。パターンを充填するためには、図16Bに示すように、ALDプロセスにより $ZrCl_4$ の単分子層が蒸着され、 ZrO_2 の層を形成するために、 H_2O ガスが導入される。このプロセスは、 ZrO_2 1406がパターンを充填するまで、 ZrO_2 1404を積み重ねるように繰り返される。次に、レジスト層304が除去され、積み重ねられた ZrO_2 がパターンに残される。

【0060】

前述したように、追加構造を加え、結果として生じた部材をアニール及び素子に組み込むことができる。窒化プロセスにより、格子構造の屈折率は、遷移材料 ZrO_2 の屈折率から増加する。

【0061】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、遷移材料は $HfON_x$ であり、最終又は所望の材料は $HfON_y$ である。ここで、 $x < y$ である。

【0062】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、部材のための構造を、パターンを用いなくて、かつ、ALDを用いて形成するために遷移材料が使用される。このプロセスでは、エッチングを用いて構造を改善することができる。犠牲材料が、構造におけるボイドに加えられ、化学的・機械的研磨(CMP)により研磨される。

【0063】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造方法において、光子アシスト電気化学エッチング(photon-assisted electrochemical etching)が、部材のための構造を形成するためのパターンの形成に用いられる。電気化学エッチングは、光子の吸収が重要である場合、光子アシスト電気化学エッチングと称されることがある。電気化学エッチングは、単純なウェットエッチング(例えば、化学エッチング)と、外部バイアス電界が加えられる点において異なる。他のウェットエッチングプロセスと同様に、電気化学エッチングはドライエッチング(例えば、プラズマエッチング)と比べて大幅にコストが低い。HF電解液をベースにしたNタイプSiの光子アシスト電気化学エッチングでは、先端及びエッチングされたピットはSiにおいてより多くの穴を引きつけ、異方性エッチングされた高アスペクト比の溝のポジティブフィードバックプロセスを形成する。

【0064】

図17A乃至17Dに示すように、光子アシスト電気化学エッチングを用いた製造プロセスでは、Nタイプ単結晶Siの層1500は、基板材料の層及び犠牲材料の層の両方として機能する。レジスト材料1502の層は、層1500の表面に形成される。レジスト材料1502から層1500まで伸長する開口部1504のパターンは、前述のように形成される。例えば、HF電解液を用いた光子アシスト電気化学エッチングは、層1500に高アスペクト比の溝1506を形成するために用いられる。次に、レジスト材料1502の層は除去され、溝1506で構成された層1500のパターンを残す。前述のように、層1500のパターンは、部材のための構造を形成するように、遷移材料で充填されてもよい。

【0065】

図18A乃至18Eに示すように、部材のための追加的な積み重なった構造は、アモルファス又は多結晶Siの層をレーザーアニールするプロセスにより形成されるNタイプSiの新しい層上に形成される。このプロセスでは、アモルファス又は多結晶シリコン1604の層が、プラズマ化学気相成長(PECVD)などの低真空プロセスにおいて、遷移材料1600で充填されるパターンを持つ層1500の表面に形成される。

【0066】

層1604は、広面積、高パワー、アニールレーザーパルス1605を用いて、層1604の表面に視射角で照射される。固定ビーム直系レーザーと比べ傾いた入射ビームは、

10

20

30

40

50

層 1 6 0 4 のより広い表面積に投影することができる。また、傾いた入射ビームは、層 1 6 0 4 の表面の近くで、層 1 5 0 0 又は構造 1 6 0 0 のもっと深い部分を加熱することなく、より速く吸収される。最後に、層 1 6 0 4 のアモルファスシリコンの高い平均屈折率は、層 1 6 0 4 の表面において、アニールレーザービーム 1 6 0 5 をトラップする自然の光導波路 1 6 0 7 を形成する。これにより、表面アニールエネルギーをさらに高くすることができ、下の構造 1 6 0 0 を溶解する恐れを減らすことができる。また、このようなアニールプロセスは、P E C V D プロセスがまだ行われていると同時に組み込むことができる。アニールされたら、層 1 6 0 4 は単結晶 S i の層 1 6 0 8 又は、図 1 8 b に示すように結晶の平均の大きさが数マイクロメートルより大きい多結晶 S i に変更される。

【 0 0 6 7 】

10

図 1 8 C は、付加的な光子アシストエッチングにより、層 1 6 0 6 にパターン 1 6 0 8 を形成する工程を示す上面図である。パターン 1 6 0 8 が形成されると、図 1 8 D に示すように、追加遷移材料 1 6 1 0 が、部材のための追加構造を形成するために、パターンに形成される。図 1 8 E は、図 1 8 D の点線 E E に沿った断面図であり、部材構造の一部を形成し、層 1 5 0 0 に支持される構造 1 6 1 0 及び 1 6 0 0 を示す。

【 0 0 6 8 】

図 1 8 F は、犠牲材料 1 6 1 2 の追加層における部材に加えられる追加構造 1 6 1 4 を示す。部材構成が完成すると、K O H によるウェットエッチングで周囲の犠牲材料から自由になる。

【 0 0 6 9 】

20

本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスにおいて、遷移材料は T i O ₂ であり、これは、窒化によりアニールされる。

【 0 0 7 0 】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスでは、H F の代わりに、弱酸（例えば、H C l ）が、追加構造の光子アシスト電気化学エッチングを完成するために用いられる。

【 0 0 7 1 】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスでは、結晶構造の T i O ₂ が、遷移材料の H F 酸に対する抵抗を増大させるために、加熱又はポストアニールにより形成される。

30

【 0 0 7 2 】

本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスでは、遷移材料を基板材料（例えば、A l ）の層上に成長させるために浸透性のないバリアプロセスが用いられる。図 1 9 A 乃至 1 9 C は、このプロセスを示す。図 1 9 A は、その表面が洗浄及び研磨された基板材料の初期層 1 7 0 0 を示す。図 1 9 B は、洗浄された表面上に犠牲材料 1 7 0 2 の層を形成することを示す。前述したように、開口部 1 7 0 4 のパターンが層 1 7 0 2 に形成される。

【 0 0 7 3 】

浸透性のないバリア酸化物を基板材料の上に形成するためには、ほぼ中性な溶液が電解液として選ばれる。A l の場合、ホウ酸アンモニウム、リン酸塩、酒石酸塩の混合物など、多様な選択肢がある。浸透性のないバリア酸化物を形成するためには、層 1 7 0 0 が電源の陽極に付着され、電解液に沈められる。陰極は、電解液に沈められている炭素、鉛、ニッケル、ステンレス・スチールなどの伝導板である。基板材料が A l の場合、層 1 7 0 2 のパターン 1 7 0 4 に蒸着される遷移材料 1 7 0 6 として A l ₂ O ₃ が形成される。

40

【 0 0 7 4 】

イオン搬送プロセスは、非常に明確な、いくつかの種類を含むプロセスである。イオンの搬送に必要な酸化層内の電界強度は、実際には、ほぼ一定である。A l の場合、このようなバイアスは（0 . 9 ~ 1 . 2 n m / V o l t ）である。この数字の正確な値は、層 1 7 0 0 の基板材料の純度により決定される。従って、純度、初期の酸化品質、温度、及びその他の物理的に制御された状態を一定に保つことができ、所定の一連のプロセス条件下

50

において一定のレートが結果として生じる。従って、実際に、バイアス電圧を制御するだけで、目標の酸化層の成長厚さを、高精度に得ることができる。

【0075】

浸透性のないバリア酸化物の厚さの上限は、電解液自体の絶縁破壊電圧により制限される。これ以上のバイアスでは、スパークングが発生する。実験で証明された、Alの基板材料に対する最高動作電圧は、1000ボルトである。これは、1.1nm/voltのレートでは、1100nmの最大厚みに相当する。また、この電圧の限度は電解液の絶縁破壊により決定されるため、限定されるものではなく、弾力性のある電解質成分を選択することにより潜在的に上げることができる。また、Alの場合、成長した酸化層は、アモルファス又は結晶のどちらかであり、浴温などにより物理的条件を制御することもできる。

10

【0076】

本発明の実施形態に対応する他の製造プロセスでは、層1700の基板材料はTiであり、遷移材料はTi酸化物である。

【0077】

本発明の実施形態に対応する他の製造プロセスでは、部材のための構造を形成する多層は、浸透性のない陽極のバリアプロセスにより形成され、製造の後方のステップにおいて、前述したように、素子に用いられる部材構造を形成するウェハ直接接合法により結合される。

【0078】

20

本発明の実施形態に対応する他の製造プロセスでは、図20A乃至20Eに示すように、パターンニングされた犠牲材料の層を形成するために浸透性のある陽極酸化法が用いられる。上述の浸透性のないバリア酸化物の形成プロセスと比較して、条件における唯一の違いは酸性電解質を中性溶液の代わりに選択することである。典型的な酸性溶液の選択肢は希硫酸(1%モル濃度)、リン酸、シュウ酸、又はよりエキゾチックな混ぜ合わせ(例えば、 $H_2O + CrO_3 + H_3PO_4 + H_2SO_4$)である。

【0079】

基板材料がAlの場合、電解液は Al_2O_3 を自然にエッチングするべきである。これは、浸透性のバリアプロセスの間、犠牲材料が電解液/材料の界面でエッチングされる必要があるからである。さらに、エッチング速度を、局所電場により高めることができる。

30

【0080】

製造プロセスにおいて、図20Aに示すように、基板材料の層1800が用意され、図20Bに示すように、パターン1802が層1800の表面の上に形成される。このパターンは、パターンニングされた浅い窪みを形成することにより、リソグラフィとエッチングのプロセス、又は、機械的なテンプレート(例えば、SiCテンプレート)を表面に压することにより形成される。

【0081】

浸透性の陽極酸化法の間、開口部1806が、開口部1806の底1808にある酸化された犠牲材料の部分溶解により犠牲材料の層1804に形成される。溶解は、電気化学的に開口部1806の底1808で、高電界により促進される。

40

【0082】

さらに詳細には、薄いバリア酸化物が各開口部1806の底1808に配置されている。開口部1806の配置は、開口部1806の底1808を介して電流を濃縮する。基板材料1800の層と電解液との間の最短経路は、このゾーン内にあり、電界は均一かつ最高値にある。イオンは高電界伝導により移動する。Alカチオンは、開口部1806の表面に到達し、溶液の中に移行する。酸化物蒸着は、開口部の底1808において、金属/酸化物の界面に制限される。アルミニウム金属が酸化されると、金属/酸化物の界面は金属の中へ移行する。開口部1806の壁及び開口部1806は高さが増す、すなわち、犠牲材料1804の層の厚みが増し、開口部1806の直径は一定のままである。バリア酸化物の厚みは一定であるため、犠牲材料1804の層が厚くなってもセル電圧及び電流は

50

ほぼ一定に保たれる。

【0083】

各開口部1806の底に配置される、コンスタントに伝搬するバリアにより、浸透性のアルミニウム酸化物の成長の厚みは実質的に無限であり、最も高いアスペクト比は、開口部1806の底と側壁の各溶解レートとの比率により決定される。

【0084】

開口部1806の密度及び直径は、化学と温度との間の自然な相互作用により決定される。しかしながら、これら物理的な寸法のよりアクティブな制御は、初期パターン形成プロセスにより制御される。

【0085】

開口部1806の底1808における底層犠牲材料を除去するために、いくつかのプロセスを用いることが可能である。一つのプロセスは、クイックウェットエッチング液に浸し、犠牲層を除去(attack)することである。図20Dに示すように、開口部底犠牲材料1810を、基板材料1800の層が露出するようにパターニングし、また、犠牲材料の上部の部分をいくつか除去する。もう一つのプロセスは、パターンを垂直に、犠牲材料の積み重ねが位置する開口部底犠牲材料1810に移動させるための等方性プラズマエッチングである。

【0086】

図20Eに示すように、犠牲材料1804の層が、基板材料1800の層の表面まで伸長する開口部1806で現在パターニングされているため、遷移材料1812の部材構造は、前述した選択的な成長プロセスなどにより、パターンとして形成され得る。また、この部材構造は、前述した素子の部材の一部として用いることができる。

【0087】

本発明の例示的な実施形態に対応する一つの製造プロセスにおいて、基板材料及び遷移材料はAlであり、犠牲材料は Al_2O_3 である。

【0088】

図21A乃至21Iは、本発明の例示的な実施形態に対応する部材の構造層の形成を示す図である。図21Aに示すように、このプロセスにおいて、洗浄及び研磨された基板材料1900の層が提供される。本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスにおいて、基板層1900はSi基板上のAl膜である。

【0089】

図21Bに示すように、基板材料1900の層は、一つ以上のランド1906により分離された一つ以上の窪み1904を用いて表面にパターニングされる。窪み1904の幅は、格子内の伸長した素子の間隔にほぼ等しい。ランド1906の幅は、格子内の引き伸ばした素子の間隔にほぼ等しい。このパターンは、リソグラフィー及びエッチング、又は、基板材料1900の層の表面に圧したSiCテンプレートの使用などの、任意かつ適切なプロセスにより形成される。

【0090】

図21Cを参照するに、構造1908は、前述した浸透性の陽極酸化法により基板材料1900の層の、パターニングされた表面に成長する。これにより、図21Bのランド1906とほぼ同じ幅の、一つ以上の離れた、伸長した素子1909を持つ部材が製造される。また、伸長した素子1909間のスペース1911は、図21Bの窪み1904とほぼ同じ幅である。

【0091】

図21Dに示すように、スペース1911は、CVDプロセスなどにより犠牲材料1909で充填され、次に、CMPプロセスなどにより研磨される。図21Eは、(図21Dの)基板材料1900の層を、研削や化学エッチングなどのプロセスにより除去することを示す。基板1910は、充填された構造1908の表面に結合され、構造1908の一部1903は、研磨により除去される。

【0092】

10

20

30

40

50

図 2 1 F は、基板 1 9 1 0 に取り付けられ、犠牲材料 1 9 0 9 で充填した構造 1 9 0 8 を示す。追加構造が形成され、図 2 1 G に示すような部材 1 9 1 4 を形成するために、構造 1 9 0 8 に取り付けられる。一例として、部材 1 9 1 4 は、犠牲充填物 1 9 0 9 を含む構造 1 9 0 8 と、構造 1 9 1 0 と、基板 1 9 1 0 に取り付けられた犠牲充填物 1 9 1 3 を含む構造 1 9 1 2 と、を含む。

【 0 0 9 3 】

図 2 1 H は、前述した一つ以上の犠牲除去プロセスを用いた犠牲材料の除去を示す。犠牲材料の除去は、犠牲材料のそれぞれの充填物のない構造 1 9 0 8、1 9 1 0、及び 1 9 1 2 を含む基板 1 9 1 0 に取り付けられた部材 1 9 1 4 を残す。図 2 1 I に、部材 1 9 1 4 を、前述のプロセスの一つを用いてアニールし、最終又は所望の材料で構成される部材が製造されることを示す。基板 1 9 1 0 が除去され、部材 1 9 1 4 が、前述のように、素子に組み込まれる。

【 0 0 9 4 】

本発明の特定の実施形態を上述してきたが、本発明は、これらの実施形態に限定されるものではないことを理解されたい。従って、本発明の目的と範囲から逸脱することなく、本発明に変更を加えることができることは当業者に明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 5 】

本発明は、発明を実施するための最良の形態と併せて、以下の図面を参照することで、より理解することができる。

【図 1】偏光分離素子を示す概略図である。

【図 2】偏光分離層を示す概略図である。

【図 3】本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスのプロセスフロー図である。

【図 4】本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスのプロセスフロー図である。

【図 5 A】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層をパターニングする工程を示す図である。

【図 5 B】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層をパターニングする工程を示す図である。

【図 5 C】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層をパターニングする工程を示す図である。

【図 5 D】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層をパターニングする工程を示す図である。

【図 5 E】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層をパターニングする工程を示す図である。

【図 6 A】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

【図 6 B】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

【図 7 A】本発明の例示的な実施形態に対応する過剰な充填材料を取り除く工程を示す図である。

【図 7 B】本発明の例示的な実施形態に対応する過剰な充填材料を取り除く工程を示す図である。

【図 8】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の追加層の適用を示す図である。

【図 9 A】本発明の例示的な実施形態に対応する追加構造層の形成を示す図である。

【図 9 B】本発明の例示的な実施形態に対応する追加構造層の形成を示す図である。

【図 1 0 A】本発明の例示的な実施形態に対応する追加構造層を示す図である。

【図 1 0 B】本発明の例示的な実施形態に対応する追加構造層を示す図である。

【図 1 1】本発明の例示的な実施形態に対応する素子の部材を示す図である。

【図 1 2 A】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

【図１２Ｂ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

【図１２Ｃ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

【図１２Ｄ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

【図１２Ｅ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

【図１２Ｆ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

10

【図１２Ｇ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子に部材を組み込む工程と、かかる部材をアニールする工程とを示す図である。

【図１３】本発明の例示的な実施形態に対応する製造プロセスのプロセスフロー図である。

【図１４Ａ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

【図１４Ｂ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

【図１４Ｃ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

20

【図１４Ｄ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

【図１５Ａ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

【図１５Ｂ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

【図１５Ｃ】本発明の例示的な実施形態に対応する犠牲材料の除去及び部材をアニールする工程を示す図である。

【図１６Ａ】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

30

【図１６Ｂ】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

【図１６Ｃ】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

【図１６Ｄ】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

【図１６Ｅ】本発明の例示的な実施形態に対応するパターンを充填する工程を示す図である。

【図１７Ａ】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層にパターンを形成する工程を示す図である。

40

【図１７Ｂ】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層にパターンを形成する工程を示す図である。

【図１７Ｃ】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層にパターンを形成する工程を示す図である。

【図１７Ｄ】本発明の例示的な実施形態に対応する基板材料の層にパターンを形成する工程を示す図である。

【図１８Ａ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子のための部材の形成を示す図である。

【図１８Ｂ】本発明の例示的な実施形態に対応する素子のための部材の形成を示す図である。

50

【図 1 8 C】本発明の例示的な実施形態に対応する素子のための部材の形成を示す図である。

【図 1 8 D】本発明の例示的な実施形態に対応する素子のための部材の形成を示す図である。

【図 1 8 E】本発明の例示的な実施形態に対応する素子のための部材の形成を示す図である。

【図 1 8 F】本発明の例示的な実施形態に対応する素子のための部材の形成を示す図である。

【図 1 9 A】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

10

【図 1 9 B】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 1 9 C】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 0 A】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 0 B】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 0 C】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

20

【図 2 0 D】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 0 E】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 1 A】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 1 B】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 1 C】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

30

【図 2 1 D】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 1 E】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 1 F】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

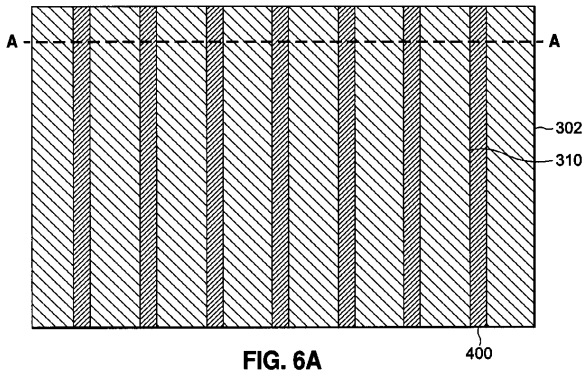
【図 2 1 G】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

【図 2 1 H】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

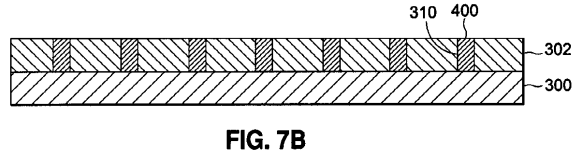
40

【図 2 1 I】本発明の例示的な実施形態に対応する部材のための構造層の形成を示す図である。

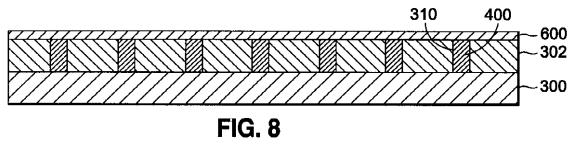
【図 6 A】



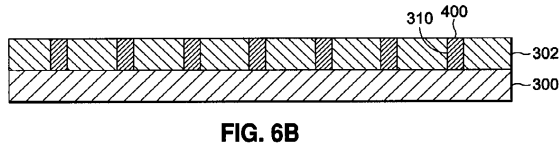
【図 7 B】



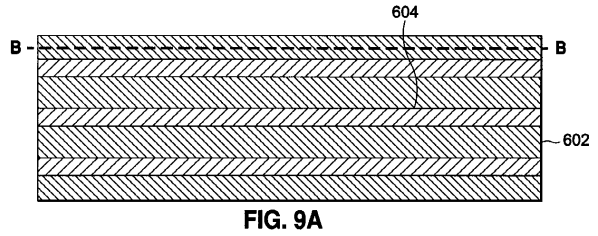
【図 8】



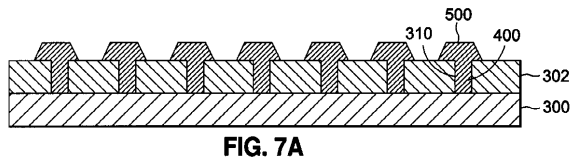
【図 6 B】



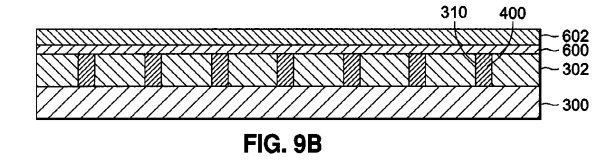
【図 9 A】



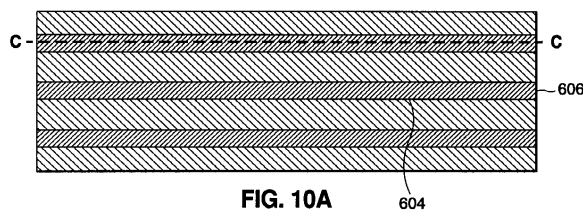
【図 7 A】



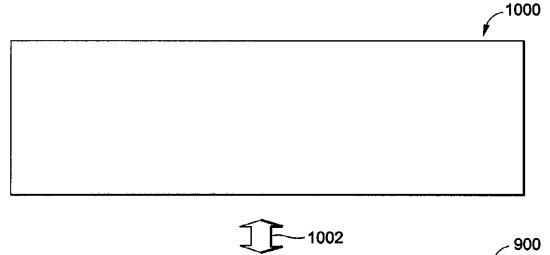
【図 9 B】



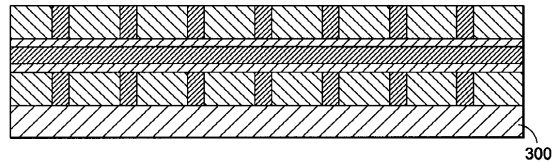
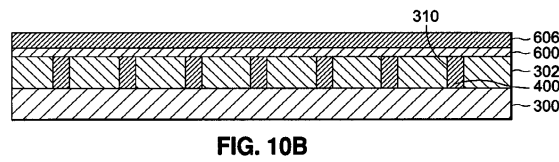
【図 10 A】



【図 12 A】



【図 10 B】



【図 11】

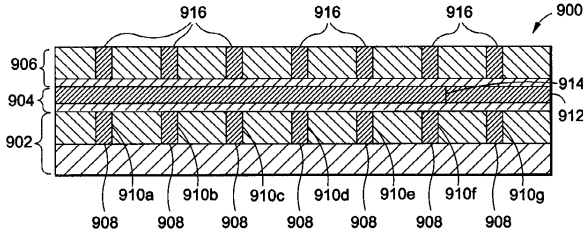


FIG. 12A

【図 12 B】

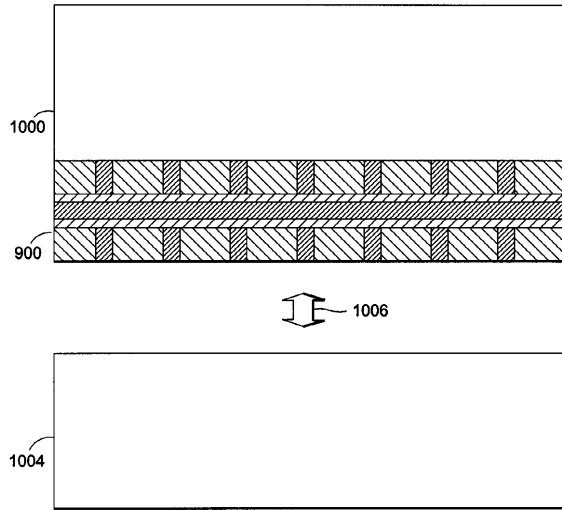


FIG. 12B

【図 12 C】

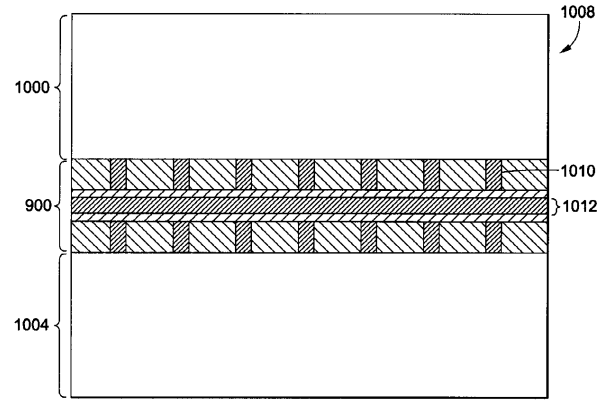


FIG. 12C

【図 12 D】

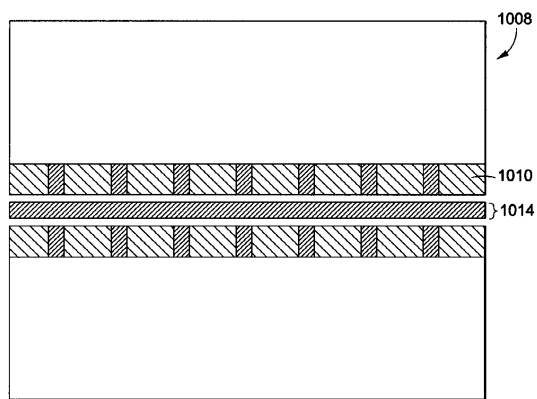


FIG. 12D

【図 12 E】

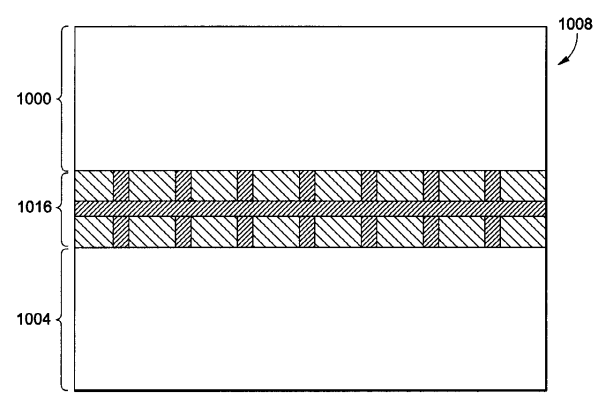


FIG. 12E

【図 12 F】

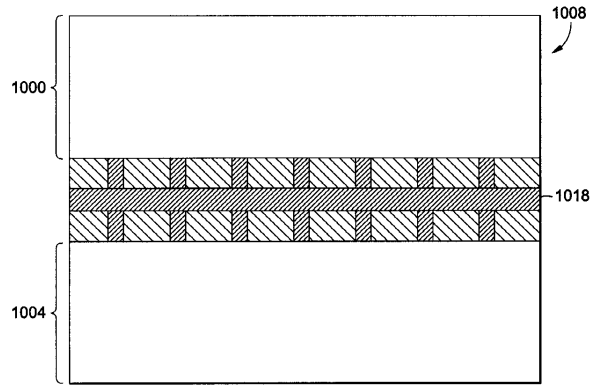


FIG. 12F

【図 12 G】

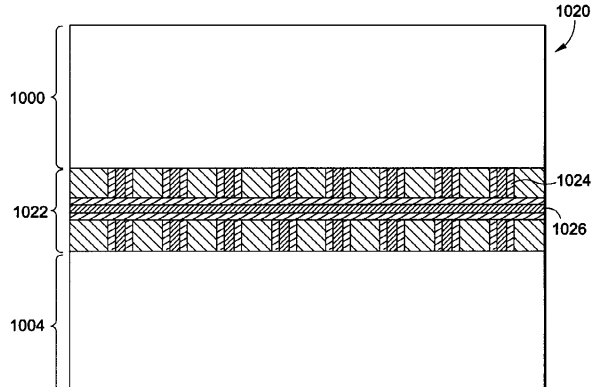


FIG. 12G

【図 13】

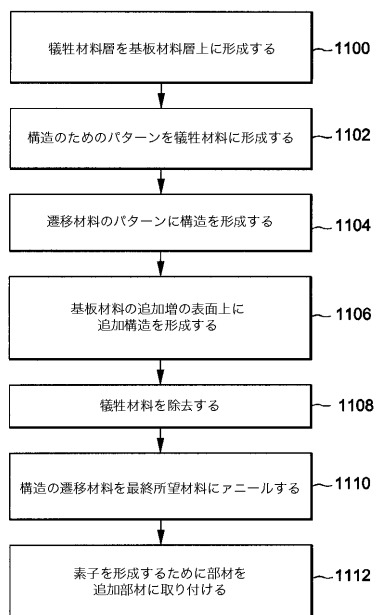


FIG. 13

【図 14 A】

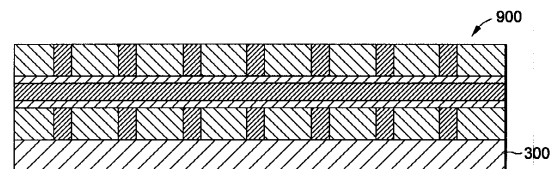


FIG. 14A

【図 14 B】

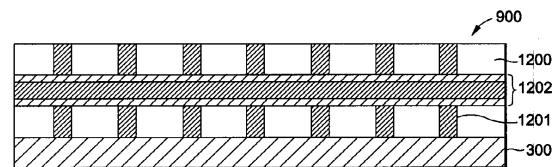


FIG. 14B

【図 14 C】

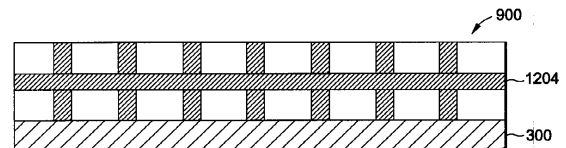


FIG. 14C

【図 14 D】

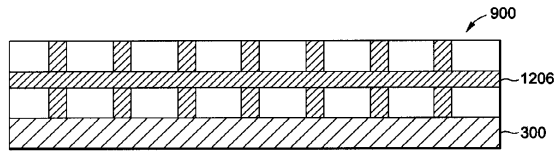


FIG. 14D

【図 15 C】

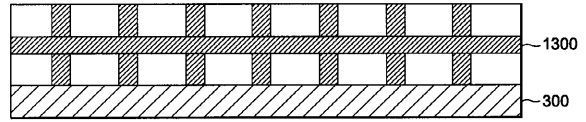


FIG. 15C

【図 15 A】

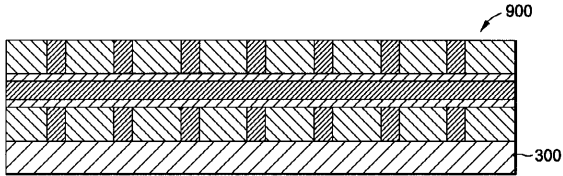


FIG. 15A

【図 16 A】

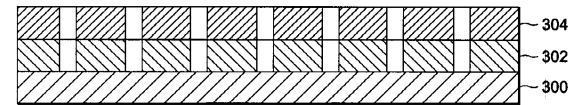


FIG. 16A

【図 16 B】

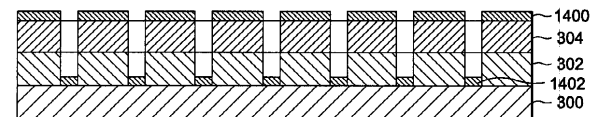


FIG. 16B

【図 15 B】

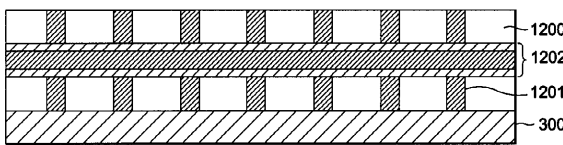


FIG. 15B

【図 16 C】

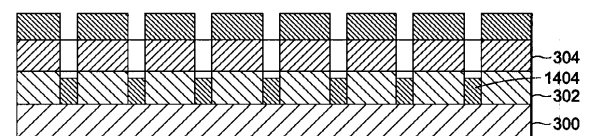


FIG. 16C

【図 16 D】

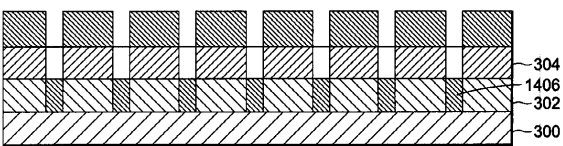


FIG. 16D

【図 17 C】

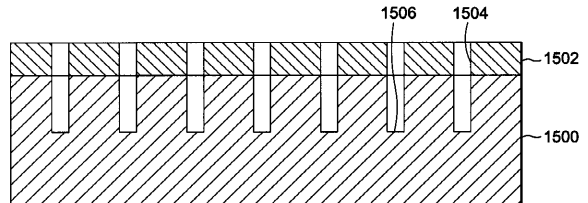


FIG. 17C

【図 16 E】

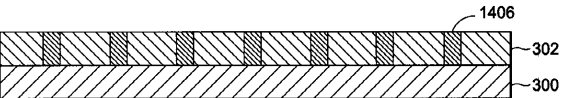


FIG. 16E

【図 17 D】

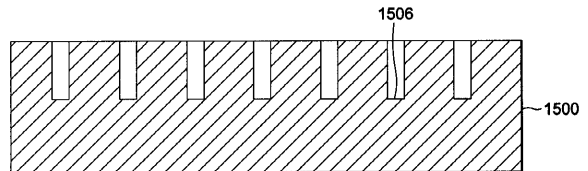


FIG. 17D

【図 17 A】

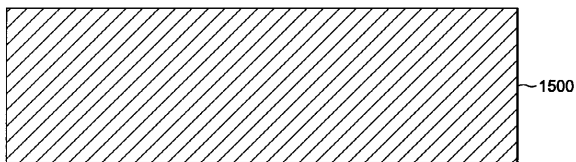


FIG. 17A

【図 18 A】

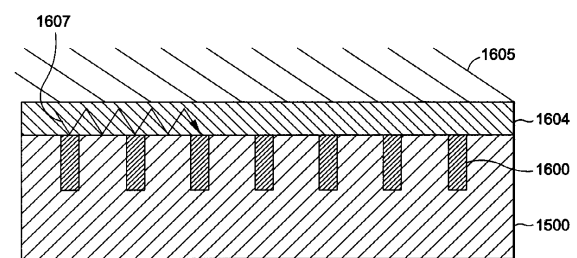


FIG. 18A

【図 17 B】

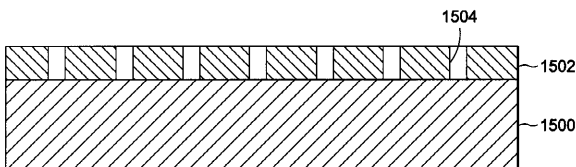


FIG. 17B

【図 18 B】

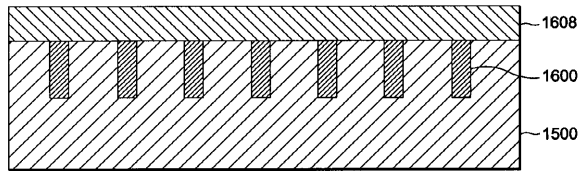


FIG. 18B

【図 18 E】

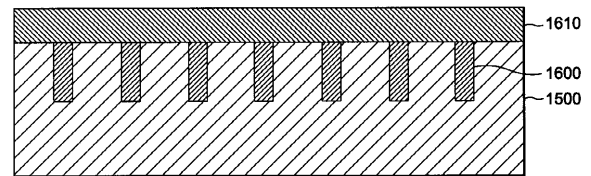


FIG. 18E

【図 18 C】

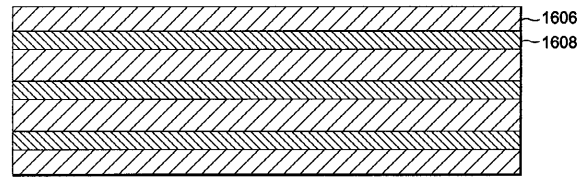


FIG. 18C

【図 18 F】

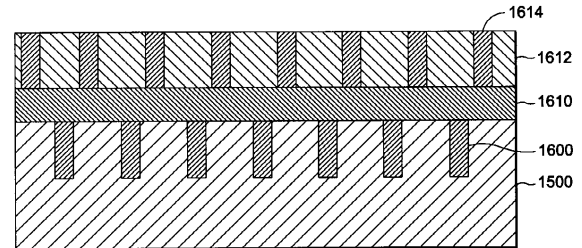


FIG. 18F

【図 18 D】

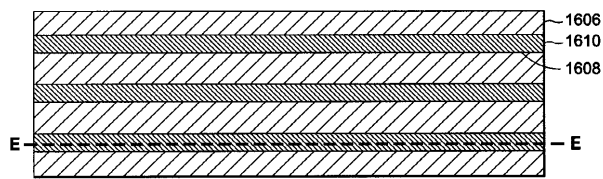


FIG. 18D

【図 19 A】

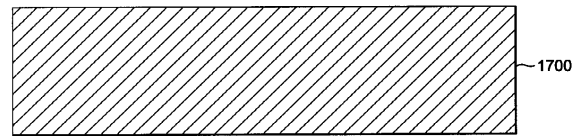


FIG. 19A

【図 19 B】

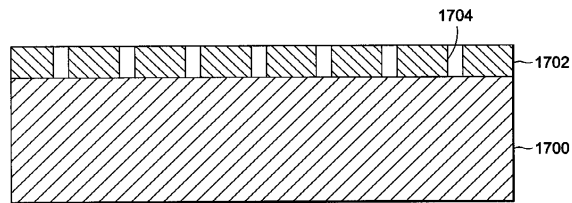


FIG. 19B

【図 20 B】

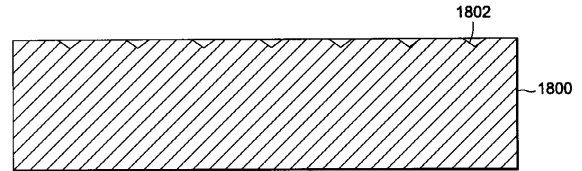


FIG. 20B

【図 19 C】

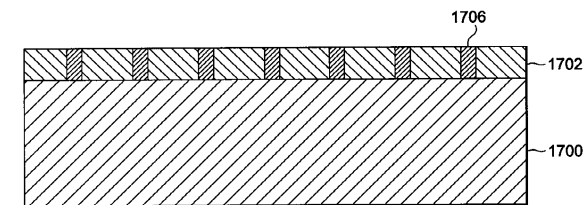


FIG. 19C

【図 20 C】

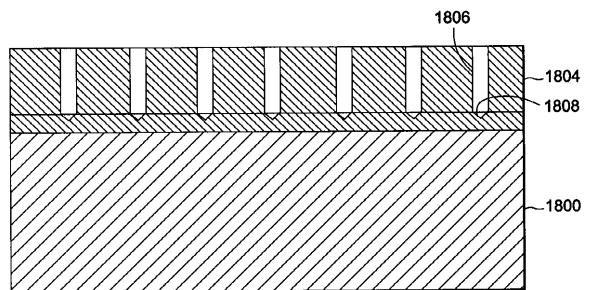


FIG. 20C

【図 20 A】

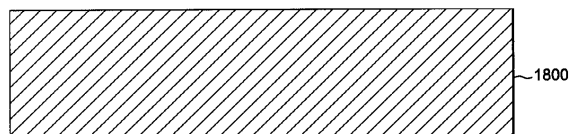


FIG. 20A

【図 20 D】

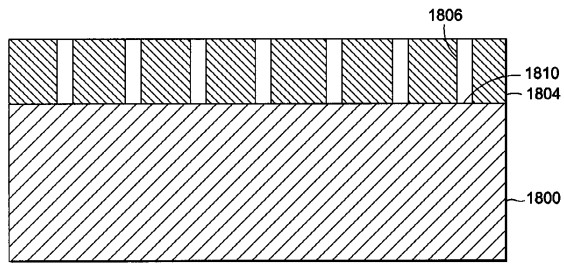


FIG. 20D

【図 20 E】

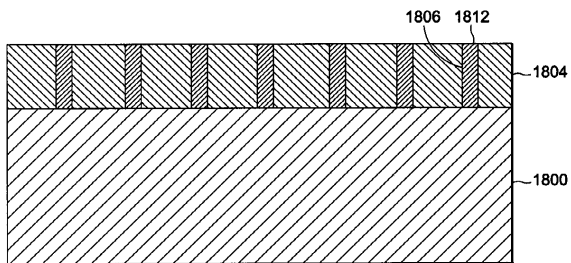


FIG. 20E

【図 21 A】

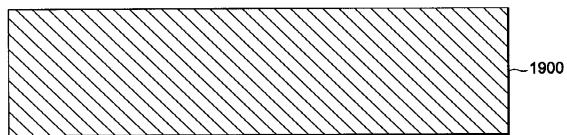


FIG. 21A

【図 21 D】

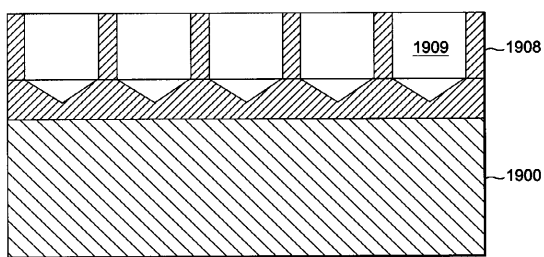


FIG. 21D

【図 21 E】

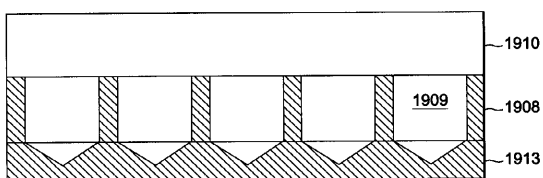


FIG. 21E

【図 21 F】

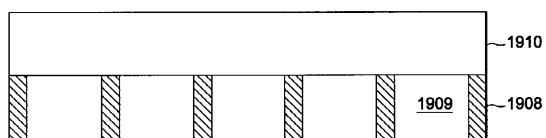


FIG. 21F

【図 21 B】

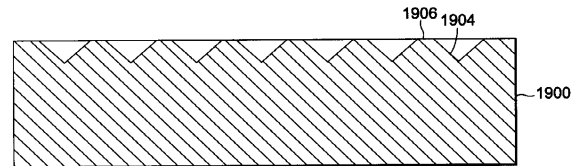


FIG. 21B

【図 21 C】

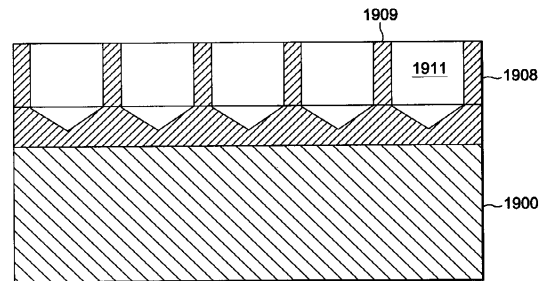


FIG. 21C

【図 21 G】

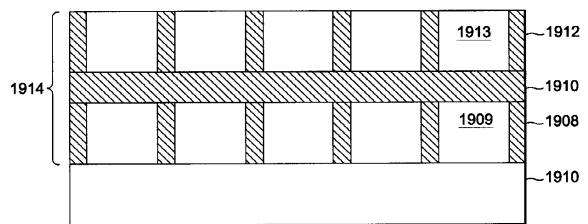


FIG. 21G

【図 21 H】

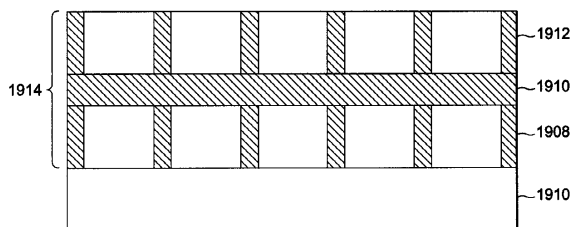


FIG. 21H

【 図 21 I 】

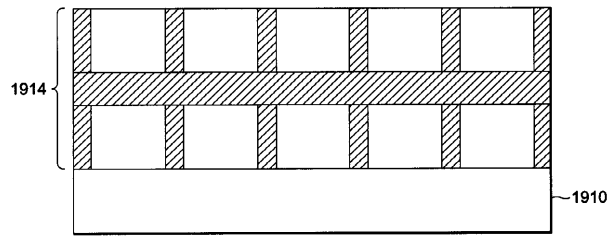


FIG. 21I

フロントページの続き

(72)発明者 宮脇 守

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95134 サンノゼ、ノース ファースト ストリート
3300 キヤノン デベロップメント アメリカス, インコーポレイテッド内

(72)発明者 ジャン・ロン, カオ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95134 サンノゼ、ノース ファースト ストリート
3300 キヤノン デベロップメント アメリカス, インコーポレイテッド内

審査官 竹村 真一郎

(56)参考文献 特開2005-128228(JP,A)

特開2006-163291(JP,A)

特開2006-133402(JP,A)

特表2005-534981(JP,A)

特開2005-321562(JP,A)

特開2005-331671(JP,A)

特表2007-532977(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/30

G03B 21/00

G02F 1/1335-1/13363