

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6603044号
(P6603044)

(45) 発行日 令和1年11月6日(2019.11.6)

(24) 登録日 令和1年10月18日(2019.10.18)

(51) Int.Cl.

F 1

C30B 11/00 (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)C30B 11/00
C30B 29/06Z
501Z

請求項の数 11 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2015-107915 (P2015-107915)
 (22) 出願日 平成27年5月27日 (2015.5.27)
 (65) 公開番号 特開2015-229632 (P2015-229632A)
 (43) 公開日 平成27年12月21日 (2015.12.21)
 審査請求日 平成27年8月13日 (2015.8.13)
 審判番号 不服2017-19499 (P2017-19499/J1)
 審判請求日 平成29年12月28日 (2017.12.28)
 (31) 優先権主張番号 62/007,624
 (32) 優先日 平成26年6月4日 (2014.6.4)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 514089032
ディフテック レーザーズ インコーポレ
イテッド
カナダ国 オンタリオ州 エヌ2ティ 1
ケイ9 ウォータールー キングスフォー
ド プレイス 465
(74) 代理人 100106002
弁理士 正林 真之
(74) 代理人 100120891
弁理士 林 一好
(74) 代理人 100165157
弁理士 芝 哲央
(74) 代理人 100126000
弁理士 岩池 满

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板上の結晶性の島の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

島状構造材の結晶性の島の製造方法であって、
 基板の表面に島状構造材の粒子を配置する工程であり、
 前記表面は、平面であり、前記島状構造材は、半導体を含む前記配置する工程、
 前記粒子を溶融及び融合して、90度より小さい濡れ角で前記基板の表面を濡らす溶融
 小滴を形成するために、前記基板及び前記島状構造材の粒子を加熱する工程、及び
 前記溶融小滴を結晶化し、かつ前記基板の表面に前記島状構造材の前記結晶性の島を固着するためには、前記基板及び前記溶融小滴を冷却する工程を含み、

前記冷却する工程において、前記結晶性の島は、前記基板から前記結晶性の島を取り除くことなく、研磨加工により平坦化されることを可能にするために十分に強固に前記基板の表面に固着されている、製造方法。

【請求項 2】

前記結晶性の島が、前記島状構造材の単結晶体又は前記島状構造材の多結晶体を含む、
 請求項1に記載の製造方法。

【請求項 3】

前記結晶性の島の断面を露出させるために、少なくとも前記結晶性の島の一部を平坦化する工程をさらに含む、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 4】

島状構造材の結晶性の島の製造方法であって、

10

20

基板と接する島状構造材の粒子を配置する工程、
前記配置する工程が、前記基板の凹部を画定する工程、及び、前記凹部に前記島状構造材の粒子を移す工程を含み、

前記移す工程が、

前記基板上と前記凹部内とに、分散媒に前記島状構造材の粒子を分散した懸濁液を流し込む工程、及び

前記凹部の外側の前記基板上に位置する前記懸濁液を拭き取る工程を含み、

前記粒子を溶融及び融合して、90度より小さい濡れ角で前記基板の表面を濡らす溶融小滴を形成するために、前記基板及び前記島状構造材の粒子を加熱する工程、及び、

前記溶融小滴を結晶化し、かつ前記島状構造材の前記結晶性の島を固着するために、前記基板及び前記溶融小滴を冷却する工程を含み、

前記冷却する工程において、前記結晶性の島は、前記基板から前記結晶性の島を取り除くことなく、研磨加工により平坦化されることを可能にするために十分に強固に前記基板に固着され、

前記加熱する工程が、

前記島状構造材の粒子を前記溶融及び融合するよりも前に、前記分散媒を除去する工程を含む、製造方法。

【請求項 5】

前記冷却する工程が、

前記溶融小滴の外部表面を酸化する工程、

前記溶融小滴を過冷却する工程、及び

前記基板に、物理的衝撃を適用する工程から選択される少なくとも1種以上を含む、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 6】

島状構造材の結晶性のシートの製造方法であって、

基板と接する島状構造材の粒子を配置する工程、

前記配置する工程が、

懸濁液を調製するために、分散媒に前記島状構造材の粒子を分散する工程、

前記懸濁液をシートに形成する工程、

固形シートを形成するために、前記シートを固化させる工程、

パターンが形成されたシートを形成するために、前記シートの1箇所以上の部分を取り除くことにより、前記固形シートをパターニングする工程、及び

前記基板に、前記パターンが形成されたシートを重ね合わせる工程を含み、

前記粒子を溶融及び融合して、90度より小さい濡れ角で前記基板の表面を濡らす溶融小滴を形成するために、前記基板及び前記島状構造材の粒子を加熱する工程、及び、

前記溶融小滴を結晶化して前記基板に前記島状構造材の前記結晶性のシートを固着するために、前記基板及び前記溶融小滴を冷却する工程を含み、

前記冷却する工程において、前記結晶性のシートは、前記基板から前記結晶性のシートを取り除くことなく、研磨加工により平坦化されることを可能にするために十分に強固に前記基板に固着され、

前記加熱する工程が、

前記島状構造材の粒子を前記溶融及び融合するよりも前に、前記分散媒を除去する工程を含む、製造方法。

【請求項 7】

前記溶融小滴は、前記溶融小滴と接触する前記基板の表面の第一の部分との第一の濡れ角、及び前記基板の表面の第二の部分との第二の濡れ角を有し、

前記第二の部分が前記第一の部分と隣接し、

前記第二の濡れ角が前記第一の濡れ角より大きい、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 8】

前記島状構造材がケイ素を含む、請求項1に記載の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記基板がアルミナを含む、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 10】

前記製造方法が、積層を形成するために、オーバーコーティング層で前記結晶性の島及び前記基板をオーバーコーティングする工程をさらに含み、それにより、前記結晶性の島が前記基板と前記オーバーコーティング層との間に挟まれる、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 11】

前記結晶性の島の断面を露出させるために、前記積層を平坦化する工程をさらに含む、請求項 10 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****【関連出願の相互参照】**

本願は、2014年6月4日に出願された米国仮特許出願第62/007624号に対して優先権が主張され、その内容を参照により本願明細書に援用したものとする。

【0002】

本発明は、基板と接する島状構造材(island material)の1以上の結晶性の島(crystalline islands)の製造方法に関する。

【背景技術】

20

【0003】

OLEOディスプレイパネルのような、ある電子的な応用では、広い範囲にわたって分散された高品質の半導体材料の小さな島を必要とする。この範囲は、対角線上に50インチ以上となり得、従来のブールベース(boule-based)の技術を用いて製造できる結晶性の半導体ウェーハの大きさを超過し得る。

【0004】

参照により本願明細書に援用したものとする、国際公開番号第2013/053052(A1)号では、非常に多くの小さい、分散した、結晶性の半導体の球体の製造方法を開示する。次いで、基板において球体の配列を形成するために、その球体は、パターン形成基板に分散され、所定の場所で基板に付着される。平坦化した球体は、それぞれの球体の断面を晒し、これにより、全体的に平坦化された表面に、装置製造のための、高品質の、結晶性の半導体の島の配列を規定する。

30

【0005】

参照により本願明細書に援用したものとする、米国特許第4,637,855号では、均一な大きさの冶金級シリコンの領域を規定するために、冶金級シリコンのスラリーを基板に塗布する工程、次いでそのスラリー層をパターニングする工程により、基板上へのケイ素の球体の製造方法を開示する。次いで、その基板は、ケイ素を溶融するために加熱され、次いで、ケイ素の溶融球体を形成するため、その表面にビーズを形成し、次いで、結晶化するために冷却される。その球体は、基板に対する付着力が非常に弱く、単なる衝撃で緩むことにより、基板から容易に脱離される。その緩んだ球体は集まり、さらなる工程に供される。

40

【0006】

参照により本願明細書に援用したものとする、米国特許公開第2012/0067273(A1)号では、基板を溶融ケイ素の貯留部(reservoir)に接触させる工程、基板に固体のケイ素の層を形成する工程、その後、基板から固体の層を分離する工程により、シリコンウェーハの製造方法を開示する。その開示された方法は、広い領域のシリコンウェーハを製造するために使用される可能性がある。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

50

本願明細書に提示されるのは、基板と接する島状構造材の1つ以上の結晶性の島の製造方法である。それぞれの結晶性の島については、島状構造材の粒子が基板と接して配置され、次いで、粒子を溶融及び融合して、それぞれ溶融小滴(molten globule)を形成するために、基板及びその粒子が加熱される。次いで、基板及びそれらの溶融小滴は、溶融小滴を結晶化するために冷却され、これにより、基板に結晶性の島を固着する。

【0008】

この方法により、微粒子の出発物質を用いて結晶性の島を製造することを可能にする。
加えて、いくつかの実施形態において、基板に固着させた結晶性の島により、島のさらなる工程；例えば、それぞれの島の断面を露出するためにそれぞれの結晶性の島の少なくとも一部を平坦化する工程を可能にする。もし、その結晶性の島が十分に高品質な結晶性の半導体であれば、次いで、これらの断面を、電子デバイスを製造するために使用できる。
また、この方法により、従来のプールベースの技術を用いて製造できる結晶性の半導体ウエーハの範囲を超えた範囲にわたって分散される可能性がある、結晶性の島の配列を製造することを可能にする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様によれば、島状構造材の結晶性の島の製造方法であって、基板と接する島状構造材の粒子を配置する工程、粒子を溶融及び融合して、溶融小滴を形成するために、基板及び島状構造材の粒子を加熱する工程、及び溶融小滴を結晶化するために、基板及び溶融小滴を冷却する工程、これにより、基板に島状構造材の結晶性の島を固着する工程を含む、製造方法が提供される。

20

【0010】

結晶性の島は、島状構造材の単結晶体又は島状構造材の多結晶体を含むことができる。

【0011】

製造方法は、結晶性の島の断面を露出するために、少なくとも結晶性の島の一部を平坦化する工程をさらに含むことができる。

【0012】

固着する工程は、溶融小滴が約90度より小さい濡れ角で基板を濡らす工程、及び結晶性の島が基板に接着する工程を含むことができる。

30

【0013】

配置する工程は、基板に凹部を画定する工程、及び凹部に島状構造材の粒子を移す工程を含むことができる。

【0014】

配置する工程が、凹部を画定する工程、及び凹部に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、固着する工程は、凹部の表面の一部が結晶性の島の表面の一部を覆う工程を含むことができる。

【0015】

配置する工程が、凹部を画定する工程、及び凹部に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、凹部は、少なくとも1つの頂点を有する形状とすることができます。

40

【0016】

配置する工程が、凹部を画定する工程、及び凹部に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、凹部は、第一の凹部、及び第一の凹部内に存在し、第一の凹部より小さく、深い第二の凹部を含むことができる。

【0017】

配置する工程が、凹部を画定する工程、及び凹部に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、移す工程は、凹部に島状構造材の粒子をドクターブレードする工程、及び帯電したピンを用いて、凹部に島状構造材の粒子を静電的に配置する工程の1種以上を含むことができる。

【0018】

50

配置する工程が、凹部を画定する工程、及び凹部に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、移す工程は、基板上と凹部内とに、分散媒に島状構造材の粒子を分散した懸濁液を流し込む工程、及び凹部の外側の基板上に位置する懸濁液を拭き取る工程を含むことができ、加熱する工程は、島状構造材の粒子を溶融及び融合するよりも前に、分散媒を除去する工程をさらに含むことができる。

【0019】

冷却する工程は、溶融小滴の外部表面を酸化する工程、溶融小滴を過冷却する工程、及び基板に物理的衝撃を適用する工程の1種以上を含むことができる。

【0020】

配置する工程は、基板における貫通孔内に島状構造材の粒子を移す工程を含むことができる。10

【0021】

配置する工程が、基板における貫通孔内に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、貫通孔の第一の末端の外へ、部分的に溶融小滴を押し出し、凸型メニスカスを形成するために、圧力を貫通孔の第二の末端で適用できる。

【0022】

配置する工程が、基板における貫通孔内に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、固着する工程は、貫通孔の表面の一部が、結晶性の島の表面の一部を覆う工程を含むことができる。

【0023】

配置する工程が、基板における貫通孔内に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、製造方法は、溶融小滴を結晶化するための冷却する工程後、結晶性の島の断面を露出させるために、メニスカスの一部を平坦化する工程をさらに含むことができる。20

【0024】

配置する工程が、基板における貫通孔内に島状構造材の粒子を移す工程を含む場合、貫通孔の外側、及び貫通孔の第一の末端付近の、基板の表面の一部は、溶融小滴との濡れ角を約90度未満とすることができます。

【0025】

配置する工程は、懸濁液を調製するために、分散媒に島状構造材の粒子を分散する工程、及び基板上に懸濁液を移す工程を含むことができ、加熱する工程は、島状構造材の粒子を溶融及び融合するよりも前に、分散媒を除去する工程をさらに含むことができる。30

【0026】

配置する工程が、懸濁液を調製するために、分散媒に島状構造材の粒子を分散する工程、及び基板上に懸濁液を移す工程を含むことができ、加熱する工程が、島状構造材の粒子を溶融及び融合するよりも前に、分散媒を除去する工程をさらに含むことができる場合、移す工程は、基板上に懸濁液をスタンピングする工程、基板上に懸濁液をスクリーン印刷する工程、基板上に懸濁液をインクジェット印刷する工程、及び基板上に懸濁液をスピンドルティングし、スピンドルコートされた懸濁液をリソグラフィによりパターニングする工程の1種以上を含むことができる。

【0027】

配置する工程は、懸濁液を調製するために、分散媒に島状構造材の粒子を分散する工程、懸濁液をシートに形成する工程、固形シートを形成するためにシートを固化させる工程、パターンが形成されたシートを形成するために、シートの1箇所以上の部分を取り除くことにより固形シートをパターニングする工程、及び基板にパターンが形成されたシートを重ね合わせる工程を含むことができ；及び加熱する工程は、島状構造材の粒子を溶融及び融合するよりも前に、分散媒を除去する工程をさらに含むことができる。

【0028】

溶融小滴は、溶融小滴と接触する基板の表面の第一の部分との第一の濡れ角、及び基板の表面の第二の部分との第二の濡れ角を有することができ、第二の部分が第一の部分と隣接し、第二の濡れ角が第一の濡れ角より大きい。40

【 0 0 2 9 】

溶融小滴と接触する基板の領域は、溶融小滴が冷却される際に結晶化の開始を制御するための、1つ以上の誘導凸部、1つ以上の誘導凹部、及び金属格子の1種以上を含むことができる。

【 0 0 3 0 】

島状構造材の融点の約20 の範囲内の温度での基板の熱膨張係数(CTE)は、島状構造材の融点での島状構造材のCTEと一致してもよい。

【 0 0 3 1 】

島状構造材はケイ素を含むことができる。

【 0 0 3 2 】

基板はアルミナを含むことができる。

10

【 0 0 3 3 】

固着する工程は、積層を形成するために、オーバーコーティング層で結晶性の島及び基板をオーバーコーティングする工程を含むことができ、それにより、結晶性の島が基板とオーバーコーティング層との間に挟まれる。

【 0 0 3 4 】

固着する工程が、積層を形成するために、オーバーコーティング層で結晶性の島及び基板をオーバーコーティングする工程を含み、それにより、結晶性の島が基板とオーバーコーティング層との間に挟まれる場合、製造方法は、結晶性の島の断面を露出させるために、積層を平坦化する工程をさらに含むことができる。

20

【 0 0 3 5 】

本発明のさらなる態様によれば、島状構造材の結晶性の島の製造方法であって、第一の基板に島状構造材の粒子を配置する工程、第一の基板に隣接して第二の基板を載置することにより、第一の基板と第二の基板との間に島状構造材の粒子を挟む工程、粒子を溶融及び融合して、溶融小滴を形成するために、第一の基板、第二の基板、及び島状構造材の粒子を加熱する工程、溶融小滴を結晶化するために、第一の基板、第二の基板、及び溶融小滴を冷却する工程、これにより、島状構造材の結晶性の島を形成する工程を含む製造方法が提供される。

【 0 0 3 6 】

冷却する工程は、溶融小滴に圧力パルスを適用する工程、溶融小滴に種晶を添加する工程、及び溶融小滴を過冷却する工程の1種以上をさらに含むことができる。

30

【 0 0 3 7 】

第一の基板は、溶融小滴と接触する第一の基板の表面の一部である第一の領域を有することができ、第二の基板は、溶融小滴と接触する第二の基板の表面の一部である第二の領域を有することができ、第一の領域及び第二の領域の1つ以上は、溶融小滴が冷却される際に結晶化の開始を制御するための、1つ以上の凸部、1つ以上の凹部、及び金属格子の1種以上含むことができる。

【 0 0 3 8 】

本願明細書に記載される種々の具体例のより良い理解のため、及びそれがどのように実施されるかをより明瞭に示すため、ここで、以下において、例としてのみ示す添付の図面を参照する。

40

【図面の簡単な説明】**【 0 0 3 9 】**

【図1】限定を意図しない具体例に係る、基板と接する結晶性の島の製造方法を示す。

【図2】限定を意図しない具体例に係る、基板上の結晶性の島の上面斜視図を示す。

【図3】限定を意図しない具体例に係る、凹部を有する基板の上面斜視図を示す。

【図4】限定を意図しない具体例に係る、凹部について可能性のある形状の一群を示す。

【図5】限定を意図しない具体例に係る、凹部内に凹部を有する基板の上面斜視図を示す。

【図6】図6a～dは、限定を意図しない具体例に係る、凹部において結晶性の島を形成

50

する工程の異なる段階での凹部内に凹部を有する基板の断面を示す。

【図7】限定を意図しない具体例に係る、凹部内に凹部を有する基板の断面を示す。

【図8】限定を意図しない具体例に係る、凹部内に凹部を有する基板の断面を示す。

【図9】図9a～cは、限定を意図しない具体例に係る、貫通孔において結晶性の島を形成する工程の異なる段階での貫通孔を有する基板の断面を示す。

【図10】限定を意図しない具体例に係る、基板上に島状構造材の粒子を配置する方法を示す。

【図11】限定を意図しない具体例に係る、双方がオーバーコートされた(over-coated)、基板上の結晶性の島の断面を示す。

【図12】限定を意図しない具体例に係る、双方がオーバーコートされた、基板上の結晶性の島の断面を示す。 10

【図13】限定を意図しない具体例に係る、2つの基板の間に挟まれた結晶性の島の製造方法を示す。

【図14】限定を意図しない具体例に係る、2つの基板の間に挟まれた溶融小滴の断面を示す。

【図15】限定を意図しない具体例に係る、基板上の結晶粒と接する角錐の配列の平面図を示す。

【図16】限定を意図しない具体例に係る、2つの基板の間に挟まれた溶融小滴の断面を示す。

【発明を実施するための形態】

【0040】

本発明の実施形態は、図1に示す方法100に反映される。方法100は、基板の上部又は内部に、基板と接して結晶性の島を製造するために使用できる。まず、ボックス105に示すように、島状構造材を、基板の上部又は内部に、基板と接して配置できる。島状構造材は微粒子状であってもよい。島状構造材の粒子は、基板に応じて所定の場所で配置されてもよく、これに限定されないが、これには基板の表面の全部又は一部への配置を含むことができる。島状構造材の粒子は、実質的に純粋な粉末として、いくつかの添加剤若しくは不純物を含む粉末、又は分散媒に分散された島状構造材の粒子として配置されてもよい。添加剤は、島状構造材にドーピング、合金化、その他の複合化のために使用されてもよい。

【0041】

その後、ボックス110に示すように、基板及び島状構造材の粒子は加熱されてもよい。加熱工程は、伝導加熱、対流加熱、及び/又は放射加熱であってもよく、加熱炉、焼成炉(kiln)、又は当業者に公知の他の好適な加熱装置で実施されてもよい。加熱工程では、島状構造材の溶融小滴を形成するために、島状構造材の粒子を溶融及び融合する。分散媒が島状構造材を配置するのに用いられる場合、加熱工程では、島状構造材の粒子が溶融及び融合する前に、分散媒を蒸発、焼失、又はその他の方法で除去してもよい。島及び基板の材料は、島状構造材の粒子を溶融及び融合するために必要とされる温度で、基板が溶融しないように選択されてもよい。

【0042】

その後、ボックス115に記載されるように、基板及び溶融小滴は、溶融小滴を結晶化するために冷却され、これにより、得られた結晶性の島が基板に固着する。いくつかの実施形態において、島は、基板から島を取り除くことなく、島の断面を露出するために、島の機械研磨又は他の研磨加工を可能にするほど十分強固に固着される。

【0043】

図2は、基板205上に形成された結晶性の島210の配列を示す。方法100は、1つ又はいくつもの結晶性の島を製造するために使用することができる。複数の島が形成される場合、それらを規則的な配列で並べてもよく、又は周期的な配列を認識できることなく、基板に分散してもよい。いくつかの実施形態において、基板205に応じたそれぞれの島210の場所は、島の後の工程を許容することが知られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

島 2 1 0 は単結晶性又は多結晶性であってもよい。また、非結晶性及び非晶質の島が形成されてもよい。いくつかの実施形態において、島 2 1 0 が形成された後、それぞれの島は、その断面を露出するために、いくらかの材料がその表面から取り除かれるように、平坦化され、摩耗され、又はその他の手段が施される。次いで、この露出した断面は、例えば、島がケイ素のような半導体から形成される場合、電子デバイスを製造するために用いることができる。

【 0 0 4 5 】

微粒子の島状構造材の出発物が不純物を有する場合、方法 1 0 0 において実施される溶融及び結晶化のプロセスは、結晶格子が溶融小滴の内部で形成し始める、ゲッタリングとして知られるプロセスの際、それぞれの溶融小滴の表面に向けて不純物を押し出すことにより、結晶性の島の内部の不純物を減少させることができる。次いで、その格子は、原子の規則正しい配列に干渉し得るどんな不純物でも取り除くのに役立ち、これにより、結晶の内部から不純物の少なくとも一部を取り除く。結晶性の島が多結晶性である場合、不純物は結晶間の結晶粒界へ押し出される。

10

【 0 0 4 6 】

いくつかの実施形態において、島状構造材の粒子は、基板表面に画定された 1 以上の凹部内へ島状構造材を移すことにより、基板上に配置される。図 3 は、基板 3 0 5 における凹部 3 1 0 を示す。いくつかの実施形態において、複数の凹部を画定することができ、それらを規則正しい配列に並べることができる。凹部はリソグラフィにより、又はこれらに限定されないが、レーザーアブレーション、若しくはフォトリソグラフィにより画定されたマスクを用いる局所的なエッチングを含む、当業者に公知の他の手段を用いて画定されてもよい。

20

【 0 0 4 7 】

凹部 3 1 0 は、溶融小滴を含有し、より正確に言えば、基板 3 0 5 に応じて、溶融小滴及び得られた結晶性の島の場所を定めるのに役立ち得る。加えて、結晶化を開始するための核形成サイトを提供することにより、凹部の形状は結晶化のプロセスに導くことができる。いくつかの実施形態において、凹部は、凹部 4 0 5 、 4 1 0 、 4 1 5 、及び 4 2 0 に関する図 4 に示すように、1 つ以上の頂点 4 2 5 を有することができる。頂点 4 2 5 は、凹部 4 2 0 の場合のような勾配の末端であってもよく、凹部 4 0 5 及び 4 1 5 に示すように逆勾配の部分であってもよい。凹部は、凹部 4 1 0 及び 4 1 5 に示すように複数の頂点を有してもよい。頂点 4 2 5 の形態で複数の核形成サイトを有することは、島が多結晶性である可能性を増加させ、単結晶性の島の形成の可能性を減少させる。また、核形成サイトは、凹部 3 1 0 の表面内の 3 次元的により小さい凹部、又は凹部 3 1 0 の表面からの 3 次元的により小さい凸部であってもよい。そのようなより小さい凹部は、1 以上の頂点（図示せず）を有してもよい。これらの頂点は、同様に、溶融小滴の結晶化のための核形成サイトとして機能を果たすことができる。

30

【 0 0 4 8 】

図 5 に示すように、いくつかの実施形態において、基板 5 0 5 はより大きく、より浅い凹部 5 1 0 を有し、その中には、より小さく、より深い凹部 5 1 5 が存在してもよい。

40

【 0 0 4 9 】

図 6 a ~ d は、より大きい凹部 6 1 0 と、凹部 6 1 0 内により小さく、より深い凹部 6 1 5 とを有する、基板 6 0 5 の断面を示す。図 6 b に示すように、島状構造材の粒子 6 2 0 は、より大きい凹部 6 1 0 と、より小さい凹部 6 1 5 との双方を満たすように配置されてもよい。図 6 c に示すように、粒子 6 2 0 が溶融している場合、それは溶融小滴 6 2 5 を形成するように融合する。溶融小滴の表面張力は、およそ球の形状となるように引っ張ることができ、次いで、冷却され、結晶性の島を形成するように結晶化する。図 6 d に示すように、基板 6 0 5 において結晶性の島 6 3 0 をもたらすために、結晶性の島及び／又は基板 6 0 5 が平坦化されてもよい。凹部 6 1 0 は、最終的には溶融小滴 6 2 5 を形成する、島状構造材の粒子のための貯留部として機能を果たす。今度は、凹部 6 1 5 は、溶融

50

小滴 625 の場所を定めるのに役立ち、図 5 に関する、上述した頂点を用いて結晶化を開始させる。

【0050】

凹部 610 及び 615 の相対容量は、溶融小滴の大きさを決めることができる。これは、凹部 610 及び 615 の深さと併せて、基板 605 の異なる深さで利用できる結晶性の島 630 の断面の大きさを決定することができる。島状構造材の粒子 620 を融合して、溶融小滴 625 が形成されると、凹部 610 の容量の少なくとも一部が空の状態になる場合、溶融小滴 625 が結晶化した後、この空の空間を埋め戻してもよい。この埋め戻す工程は、平坦な表面を形成するのに役立てることができる。

【0051】

図 7 は、大きい凹部 710 を有し、大きい凹部 710 内に小さい凹部 715 が存在する基板 705 の断面の側面視を示す。断面において示すように、小さい凹部 715 の表面は溶融小滴 725 の半分より多くを覆い(点線で示す)、これにより、基板に、結晶化した溶融小滴 725 を物理的に固着する。小さい凹部 715 の表面が、溶融小滴 725 の半分未満を覆う場合の実施形態においても、覆うことは、それでもなお、基板に結晶性の島を物理的に固着するのに寄与することができる。凹部 715 の形状は、球形の一部に限定されない。何れの好適な形状も使用できる。基板に結晶性の島を物理的に固着するのが望ましい場合、溶融小滴はその形状に流れ込むことができるが、固体の結晶性の島を凹部 715 から物理的に取り除くことができない、凹部 715 の形状を用いることができる。凹部 715 のそのような形状の例は、凹部 715 の開口が、結晶性の島が凹部 715 から取り除かれるための開口を通過しなければならない結晶性の島の最大の大きさより小さければ、何れの形状であってもよい。

10

【0052】

図 8 は、大きい凹部 810 を有し、大きい凹部 810 内に小さい凹部 815 が存在する基板 805 の断面の側面視を示す。小さい凹部 815 は、溶融小滴 840 により占められる空間に拡張する凸部 820 を有する。凸部 820 は少なくとも 1 つの頂点 825 を有してもよい。凸部 820 の代わりに、或いは凸部 820 に加えて、小さい凹部 815 は小さい凹部 815 の表面にさらなる凹部 830 を有してもよい。さらなる凹部 830 は、少なくとも 1 つの頂点 835 を有してもよい。また、さらなる凹部 830 は、小さい凹部 815 内に、溶融小滴 840 により占められる空間の凸部として説明されてもよい。凹部 815 は、凸部 820 及びさらなる凹部 830 の任意の数又はそれらの組合せを有してもよい。頂点 825 及び 835 は、溶融小滴 840 の結晶化を開始するための核形成サイトを形成できる。溶融小滴 840 が結晶化されると、凸部 820 及びさらなる凹部 830 は、凹部 815 内に結晶化した島を物理的に固着し、同様に、基板 805 に結晶性の島を固着するのに寄与できる。

20

【0053】

また、図 7 及び 8 に関して述べた固着手段は、図 3 に示す凹部 310 のような単段式の凹部に用いることができる。基板に結晶性の島を物理的に固着するこれらの手段に加えて、また、表面接着 (surface adhesion) は基板に結晶性の島を固着するのに用いることができる。例えば、もし溶融小滴の基板との濡れ角が約 90 度未満であるなら、溶融小滴は、基板表面を十分に濡らし、基板表面への結晶性の島の接着に寄与する。

30

【0054】

微粒子の島状構造材は、ルースパウダー (loose powder) の形態である場合、これらに限定されないが、1) 凹部内へ粉末をドクターブレーディングする手段、及び 2) 持ち上げ、次いで凹部内へ粉末を配置するために、帯電したピンを用いて、凹部内へ粉末を静電的に配置する手段を含む手段を用いて、基板における凹部内に移すことができる。

40

【0055】

微粒子の島状構造材が分散媒内の粒子の懸濁液の形態である場合、懸濁液を、凹部を満

50

たすために、基板上へ流し込むことができ、次いで、基板の表面から凹部の外側に位置する過剰の懸濁液を拭き取る。そのような分散媒が用いられる場合、その分散媒は、加熱する工程の間、微粒子の島状構造材を溶融及び融合する工程の前に、蒸発、焼失、又はその他の方法で除去されてもよい。

【0056】

冷却工程の段階において、冷却工程のみを、溶融小滴の結晶化を開始するのに十分にすることができる。他の技術は、結晶化の開始及び進行を容易に又はより細かく制御するために使用することができる。例えば、溶融小滴はその融点より低い温度に過冷却されてもよい。過冷却は、結晶化が始まる前に、その融点より低い300付近未満に、溶融小滴を冷却する形をとることができる。また、溶融小滴を支える基板に物理的衝撃又は振動を適用することで、結晶化を引き起こすことができる。また、これは、溶融小滴が過冷却される場合に使用されてもよい。加えて、結晶化プロセスをさらに誘導するために、溶融小滴の表面を酸素のような異なる化学的反応物質に晒してもよい。酸素は、基板から溶融したケイ素を隔離するのに役立ち、その小滴の表面張力を増加させるのに役立つことができる、溶融小滴の表面上に薄層又は「皮膚」を形成できる。10

【0057】

図9aは、基板905が微粒子の島状構造材915で満たされた貫通孔910を有する実施形態を示す。孔910は第一の末端940及び第二の末端945を有する。孔910は、ドクターブレーディングを用いて微粒子の島状構造材915で満たされてもよい、また、孔910は分散媒に分散された微粒子の島状構造材を含む液体懸濁液で満たされてもよい。懸濁液は、基板上及び孔910内に流し込むことができ、次いで、孔910の外側に位置する過剰の懸濁液を基板の表面から拭き取ることができ。孔910を満たした後、基板905及び島状構造材915は、島状構造材を溶融小滴935に溶融及び融合するために加熱されてもよい。そのような分散媒が用いられる場合、加熱する工程の間、微粒子の島状構造材が溶融及び融合する前に、分散媒は、蒸発、焼失、又はその他の方法で除去されてもよい。任意に、基板905は、加熱する工程前に上下反転されてもよい。例えば、孔910が閉じた末端を有する場合、地球の重力の方向に孔910の開口端を向けるために、上下反転が実施されてもよい。20

【0058】

図9bは、孔910の第一の末端940の外へ広がる凸型メニスカス920を形成する溶融小滴935を示す。メニスカス920は重力の下で形成してもよい。加えて、もし、孔910の第一の末端940と接する基板905の表面925の溶融小滴935との濡れ角が小さいなら、これにより、溶融小滴935が基板905の表面925を濡らし、メニスカス920が孔910の第一の末端940の外に形成し、広がるのを促すことができる。さらに、もし、孔910の第一の末端940の外に溶融小滴920を押し出すために、孔910の第二の末端945を通して溶融小滴920に対して圧力が適用されるなら、溶融小滴930が孔910の外に広がり、メニスカス920を形成するのを促すことができる。図9cに示すように、一度、溶融小滴935が結晶化すると、メニスカス920は、結晶性の島950の断面を露出するため、及び基板905に結晶性の島950を形成するために、研磨及び/又は平坦化されてもよい。30

【0059】

図9a～cは、1つの孔910を示すが、複数の孔が用いられてもよい。孔は、規則的な配列で並べられてもよい。結晶性の島は、それぞれの島950を覆い、物理的に固着し、及び/又は孔910の表面に、結晶性の島950が表面接着する、孔910のような、それぞれの孔によって、基板905に固着させることができる。溶融小滴935と孔910の表面との間の濡れ角が約90度より小さい場合、接着をより強固にできる。40

【0060】

別の具体例(図示せず)において、島状構造材の粒子は、懸濁液を調製するために分散媒に分散されてもよい。次いで、懸濁液は、基板上に移されてもよい。次いで、基板及び懸濁液は加熱され、分散媒を、蒸発、焼失、又はその他の方法で除去してもよい。加熱す50

る工程では、溶融小滴を形成するために、島状構造材の粒子を溶融及び融合することができる。冷却する工程及び固着する工程は、これまでに記載されたとおりに実施してもよい。溶融小滴と基板との間の約90度未満の濡れ角は、基板と結晶性の島との間の接着力を高めること、基板に結晶性の島を固着させることに寄与できる。

【0061】

当該技術分野で公知の次の手順で、これらに限定されないが、基板上への懸濁液のスタンピング、スクリーン印刷、又はインクジェット印刷の1種以上を含む技術を用いて、懸濁液を基板に移すことができる。懸濁液は、基板に層を形成するためにスピンドルコートされてもよい。次いで、この層は、島状構造材の粒子が存在する基板上の1箇所以上の領域、及び島状構造材の粒子が存在しないその他の領域を画定するために、リソグラフィによりパターニングされてもよい。10

【0062】

この実施形態において、何れの凹部も存在しなくてもよい。しかしながら、基板表面は、溶融小滴との濡れ角がより大きい領域、及び濡れ角がより小さい他の領域を有するようにパターニングされてもよい。溶融小滴は濡れ角がより小さい領域に形成されやすい場合がある。小さい濡れ角を有する領域のパターニングは、溶融小滴、即ち、基板上の結晶性の島をさらに配置する手段として機能を果たすことができる。これは、1つの結晶性の島又は複数の結晶性の島に適用することができる。大きい及び小さい濡れ角の領域を有するように基板をパターニングする方法は、当該技術分野で周知であり、その表面にパターニングされたマスクを適用する工程の後、マスクされていない領域の化学変性、又はマスクされていない領域へSiO₂のような他の材料の配置に供する工程を含むことができる。20

【0063】

図10は、基板上に島状構造材の粒子を配置するための方法1000に反映される、本発明のさらなる実施形態を示す。まず、ボックス1005に示すように、その粒子は、懸濁液を調製するために、分散媒に分散されてもよい。次いで、ボックス1010に示すように、懸濁液は、懸濁液を拡散若しくはスピンドルコートすることにより、又は当該技術分野で公知の他の方法を用いてシートに形成されてもよい。次いで、ボックス1015に示すように、懸濁液のシートは、固体シートに形成してもよい。これは、懸濁液を乾燥、焼成、架橋することにより、又はその他の固化する方法により達成できる。次いで、ボックス1020に示すように、パターンが形成されたシートを形成するために、シートの1箇所以上の部分を切り取り、又は取り除くことによって、固体シートにパターンを形成することができる。パターンは穿孔機を用いて、リソグラフィにより、又は当該技術分野で公知の他の手段を用いて適用することができる。次いで、ボックス1025に示すように、パターンが形成されたシートは、基板に重ね合わすことができる。30

【0064】

この段階で、加熱する工程、並びに冷却及び固着する工程の残りは、これまでに記載されたとおりに適用することができる。加熱する工程の間、分散媒は、島状構造材の粒子を溶融及び融合する工程の前に、蒸発、焼失、又はその他の方法で除去されてもよい。溶融小滴と基板との間の90度未満の濡れ角は、基板への結晶性の島の接着に寄与できる。この実施形態は、基板に1つの島又は複数の結晶性の島を形成するために使用することができ、それは、規則正しい配列に並べることができる。40

【0065】

凹部が存在しない実施形態において、溶融小滴の結晶化の開始は、なお誘導し制御することができる。溶融小滴と接触する基板表面内の1つ以上の誘導凹部及び/又は基板表面からの誘導凸部は、結晶化を開始することができる。これらの誘導凹部及び誘導凸部は、結晶化プロセスの開始点を規定するための、少なくとも1つの頂点を有してもよい。

【0066】

或いは、結晶化の開始点を規定するために、基板と溶融小滴が接触する領域の形状を制御してもよい。基板上に比較的小さく及び大きい濡れ角の領域をパターニングすることによって、溶融小滴は、基板の大きい濡れ角の領域を避ける一方、パターンが形成された小50

さい濡れ角の形状に沿って基板を濡らし、又は接触することができる。小さい濡れ角の領域の形状は、図4に関して上述した形状の何れであってもよい。その形状は、結晶化の開始点を規定するために、少なくとも1つの頂点を有してもよい。

【0067】

少なくとも、溶融小滴と接触することになる基板の領域にわたって、結晶化の開始を制御する別の手段は、基板上の金属格子を配置してもよい。配置された金属は、溶融小滴の結晶化の開始点として作用することができる。格子は、耐火材又はNiのような他の材料から構成される。配置された材料は、ドットのような他の形状、又は格子を形成し得ない配置された材料の他のパターンを有してもよい。

【0068】

他の実施形態において、結晶性の島の形成後、島及び基板はオーバーコートされてもよい。図11は、層1115でオーバーコートされた基板1105及び結晶性の島1110の断面を示す。この組合せは、結晶性の島1110が基板1105とオーバーコーティング層1115との間に挟まれる積層を形成する。次いで、その積層は、積層を含む材料のいくらかを取り除くために平坦化され、結晶性の島の断面を露出することができる。

【0069】

オーバーコーティング層1115を、これらに限定されないが、スピンドルコーティング又は静電的に適用される粉末コーティングを含む、任意の好適な物理的又は化学的な配置方法を用いて配置することができる。その層は、図11における層1115のような薄層であってもよく、図12において断面に示す層1215のような厚い層であってもよい。オーバーコーティング層を用いる場合、図11及び12に示すように、基板とオーバーコーティング層との間に結晶性の島を挟むことにより、基板に結晶性の島を物理的に固着することができる。オーバーコーティング層によるこの固着の働きは、大きい濡れ角を有し、それゆえ基板とは小さい接触領域である結晶性の島の基板への固着に寄与することができる。大きい濡れ角は、例えば、約90度より大きい角度であってもよい。オーバーコーティングは基板上の複数の島に適用することができる。

【0070】

本発明の別の具体例は、図13に示す方法1300に反映される。ボックス1305は、第一の基板上に島状構造材の粒子を配置する工程を示す。粒子は、上記のとおり、ルースパウダーとして、又は懸濁液において配置することができる。その配置は、パターンが形成されてもよく、及び/又は基板に応じて特定の場所であってもよい。次いで、ボックス1310に示すように、島状構造材の粒子は、第一の基板、及び第一の基板に隣接して載置された第二の基板との間に挟まれてもよい。次いで、ボックス1315に示すように、基板及び粒子は、第一の基板又第二の基板を溶融することなく、粒子を溶融小滴に溶融及び融合するために加熱してもよい。

【0071】

分散媒における懸濁液として粒子が配置される場合、加熱する工程は、粒子を溶融及び融合する前に、分散媒を蒸発、焼失、又は多の方法で除去してもよい。次いで、ボックス1320に示すように、基板及び溶融小滴は、溶融小滴を結晶化するために冷却され、これにより結晶性の島を形成することができる。

【0072】

ボックス1310に記載される挟む工程、及びボックス1315に記載される加熱する工程は、逆の順番で実施されてもよく、即ち、溶融小滴を、第一の基板と第二の基板との間に挟まれる前に形成してもよい。図14は、第一の基板1405と第二の基板1410との間に挟まれた溶融小滴1415を示す。

【0073】

溶融小滴1410と、第一の基板1405及び第二の基板1410双方との間の濡れ角が大きい場合、結晶化された島は基板により弱く接着することができる。弱い接着は、自立ウェーハを形成するために、基板から結晶化した島を取り除くのを容易にすることができます。

10

20

30

40

50

【0074】

第1及び第2の基板の一方又は双方の表面における特徴は、溶融小滴の結晶化を開始するために使用することができる。図15は、溶融小滴と接触することとなる基板の領域に形成され得る角錐1505の配列を示す。角錐1505は、基板表面から突き出てもよく、又は基板表面内に凹部を形成することもできる。角錐の代わりに、円錐のような他の形状を使用することもできる。これらの形状は、角錐1505の場合に、溶融小滴の結晶化の開始位置として働くための頂点を有してもよい。

【0075】

それぞれの角錐1505は、結晶粒界1515で隣接する粒子と最終的に当接する、粒子1510を形成するために結晶化を開始する。この方法を用いると、溶融小滴を多結晶性の形状にパターン形成することができる。上で述べたように、結晶化の間、溶融小滴における不純物の少なくともいくらかを、結晶粒界の領域に向けて押し出すことができる。このプロセスでは、粒子1510上の装置製造のような後処理のために、粒子1510の中心領域を比較的少量の不純物を有するようにして、より高い質の結晶を生み出すようになることができる。このプロセスは、後に続く工程において、装置が製造されない領域に、結晶粒界を隔離することができる。図15は、4つの、均一な大きさの粒子1510を示すが、粒子1510は異なる大きさであってもよい。

10

【0076】

図16は、2つの基板1605及び1610の間に挟まれた溶融小滴1615の断面を示す。上で述べたように、一方又は双方の基板は、結晶化プロセスを誘導するために凹部又は凸部を含むことができる。基板1605は、溶融小滴1615と接触する凸部1620を有してもよい。同様に、基板1610は、溶融小滴1615と接触する凹部1625を有してもよい。凸部1620及び凹部1625は、異なる形状であってもよく、それらはいくらでも、一方又は双方の第一の基板1605及び第二の基板1610内／上に用いられてもよい。また、凸部及び凹部に加えて、又はそれらに代えて、溶融小滴と接触することになる一方又は双方の第一の及び第二の基板に配置される金属又は他の材料の格子又は配列は、結晶化プロセスを開始、及び誘導するために用いられてもよい。

20

【0077】

また、図13のボックス1320に示すように、冷却する工程は溶融小滴を過冷却する工程を含んでもよい。過冷却する工程は、結晶化を開始する前に、融点より下の約300より下の温度に溶融小滴を冷却する工程を含んでもよい。また、圧力パルス又は機械的な衝撃は、過冷却された状態又はその他の状態において溶融小滴に適用されてもよい。また、種晶は、過冷却された状態又はその他の状態において、溶融小滴に加えられてもよい。

30

【0078】

いくつかの実施形態において、島状構造材の融点の約20の範囲内の温度での基板の熱膨張係数(CTE)は、島状構造材の融点での島状構造材のCTEと一致してもよい。このCTEの一貫性は、それが冷却され、収縮する際の、島状構造材と基板との間の負荷を減少できる。負荷を減少することは、より欠陥の少ないより高品質の結晶の製造を容易にできることで、基板への結晶性の島の接着を改善することができる。

40

【0079】

島状構造材は、これに限定されないが、半導体を含んでもよい。そのような半導体は、これらに限定されないが、ケイ素を含んでもよい。基板材料は、これらに限定されないが、シリカ、アルミナ、サファイア、ニオブ、モリブデン、タンタル、タンゲステン、レニウム、チタン、バナジウム、クロム、ジルコニア、ハフニウム、ルテニウム、オスミウム、イリジウム、及びこれらの組合せ、並びにこれらの材料からなる合金を含んでもよい。

【0080】

また、基板は、十分高い融合温度又は軟化温度を有するセラミック又はガラスであってもよい。また、基板は高温同時焼成セラミック(HTCC)であってもよい。HTCCは

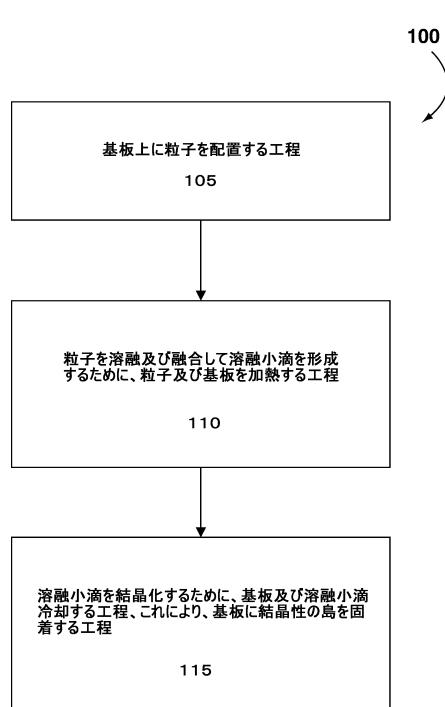
50

、その未加工の相 (green phase)において、動作し、機械的にパターン形成されてもよい。島状構造材がケイ素である場合、アルミナは、比較的大きい濡れ角の材料であってもよく、シリカは、比較的小さい濡れ角の材料であってもよい。

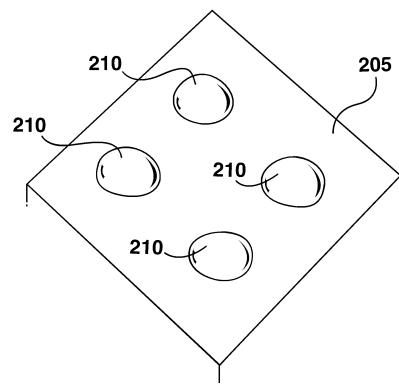
【0081】

前述した本発明の実施形態は、本発明の実施例であることを意図するものであり、添付の特許請求の範囲により、単に定義されている本発明の範囲から逸脱せずに、その当該技術分野の当業者により、変更及び調整がされてもよい。

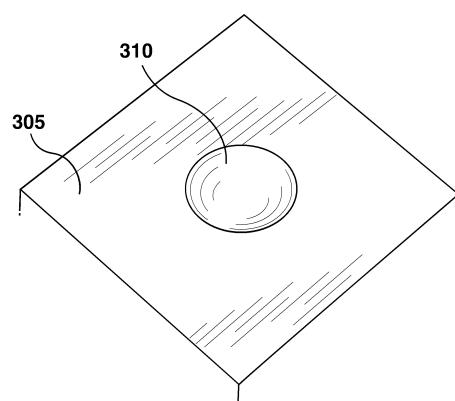
【図1】



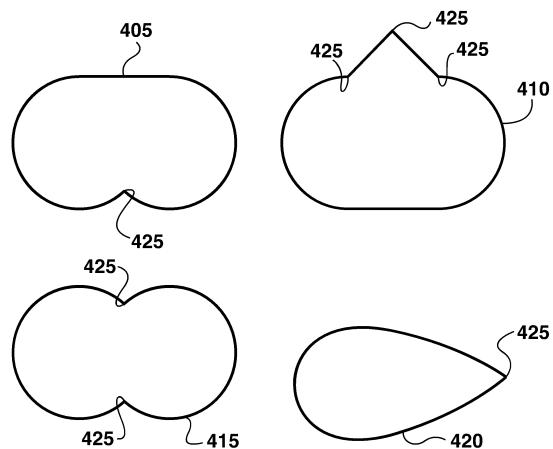
【図2】



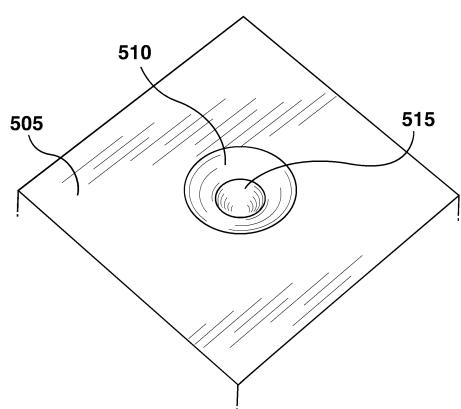
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

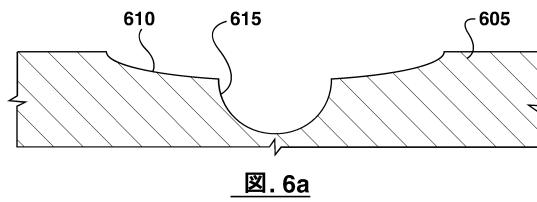


図.6a

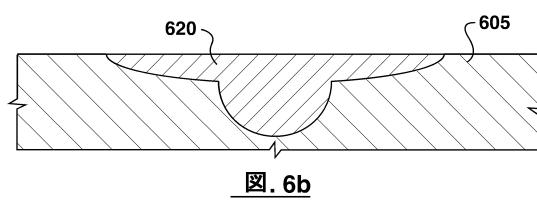


図.6b

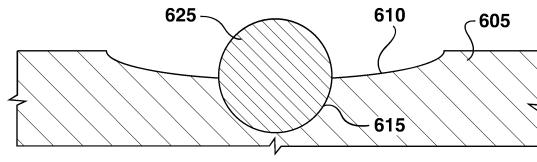


図.6c

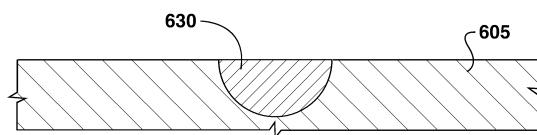
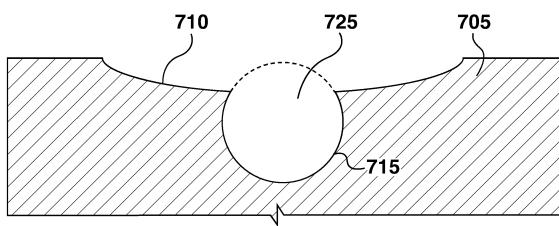
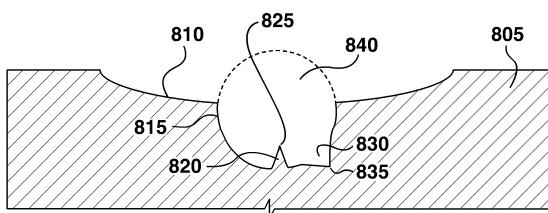


図.6d

【図7】



【図8】



【図9】

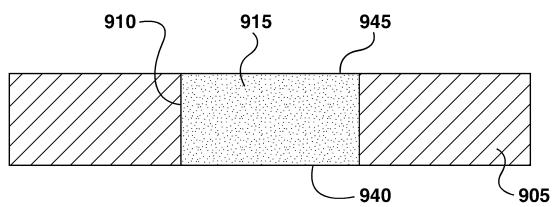


図.9a

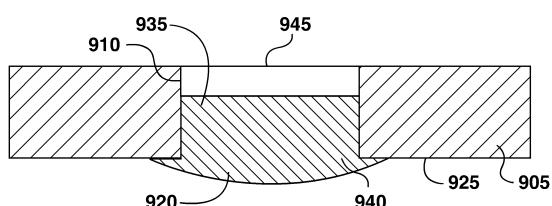


図.9b

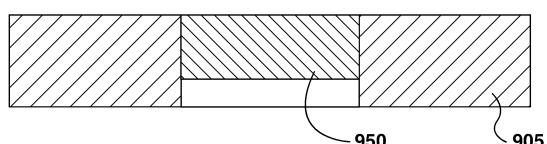
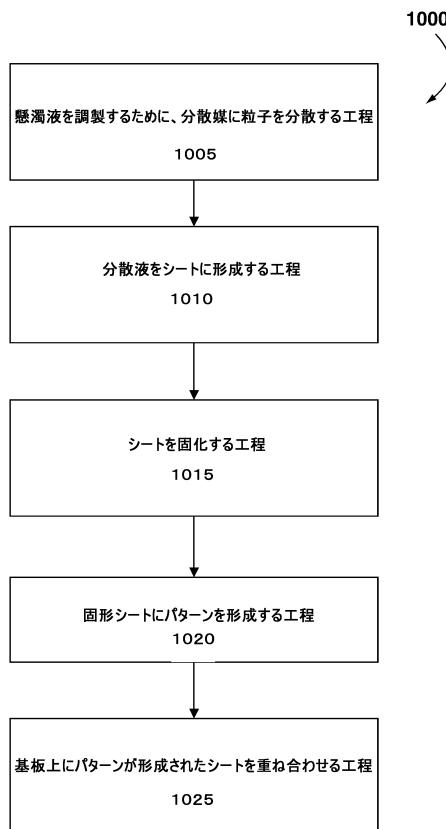
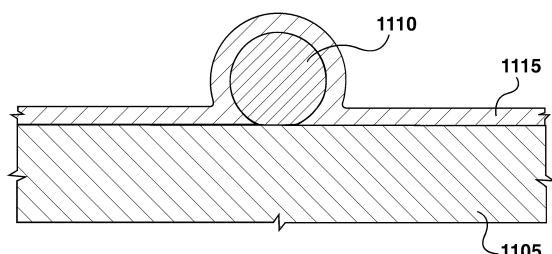


図.9c

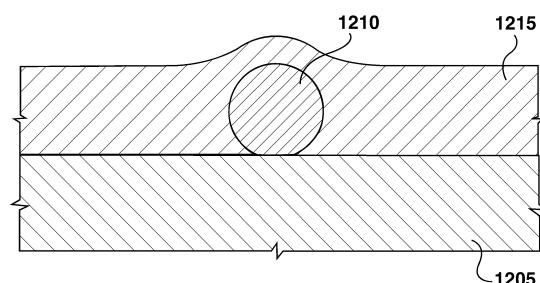
【図10】



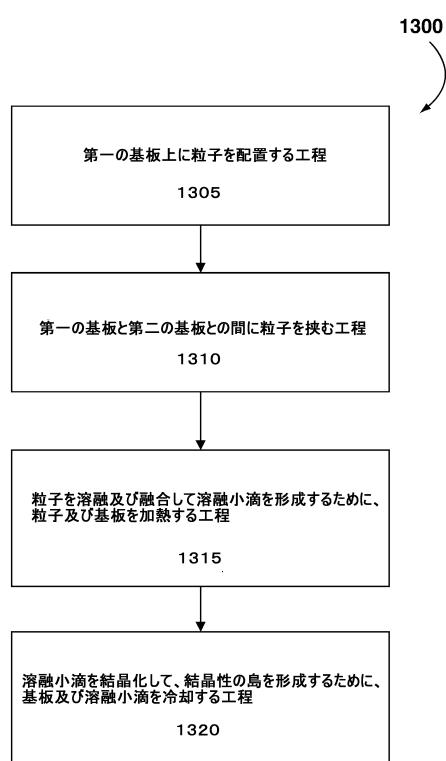
【図11】



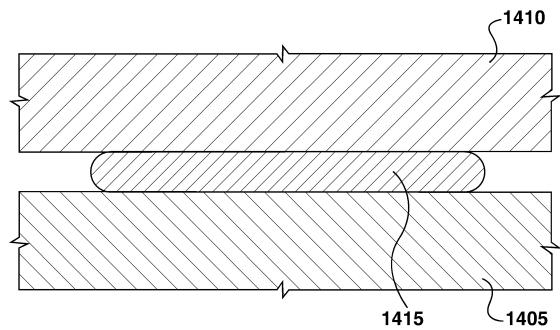
【図12】



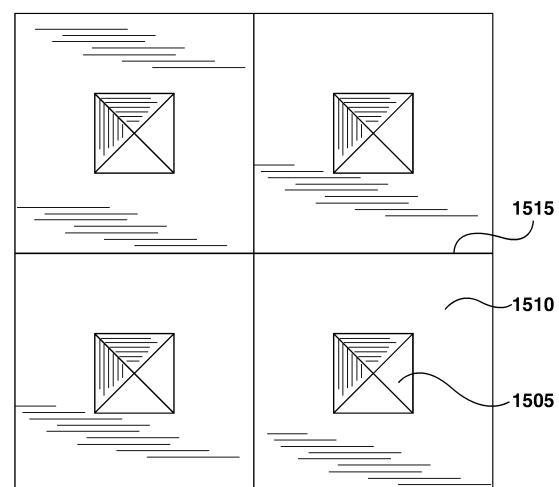
【図13】



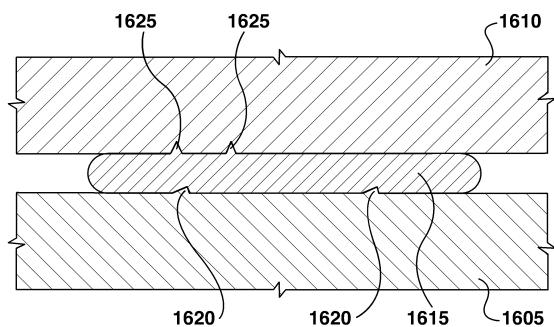
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 ダイカー ダグラス
カナダ国 オンタリオ州 エヌ2ティ 1ケイ9 ウォータールー キングスフォード プレイス
4 6 5

合議体

審判長 大橋 賢一
審判官 菊地 則義
審判官 宮澤 尚之

(56)参考文献 国際公開第2008/057483 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B 1/00-35/00