(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7522555号
(P7522555)

(45)発行日　令和6年7月25日(2024.7.25)

(24)登録日　令和6年7月17日(2024.7.17)

(51)国際特許分類
H01L 21/02 (2006.01)

FI
H01L 21/02 B

請求項の数　7　（全10頁）

(21)出願番号　特願2019-568021(P2019-568021)
(86)(22)出願日　平成30年6月21日(2018.6.21)
(65)公表番号　特表2020-526008(P2020-526008A)
(43)公表日　令和2年8月27日(2020.8.27)
(86)国際出願番号　PCT/EP2018/066552
(87)国際公開番号　WO2019/002080
(87)国際公開日　平成31年1月3日(2019.1.3)
審査請求日　令和3年6月8日(2021.6.8)
審判番号　不服2023-9459(P2023-9459/J1)
審判請求日　令和5年6月7日(2023.6.7)
(31)優先権主張番号　1756116
(32)優先日　平成29年6月30日(2017.6.30)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フランス(FR)

(73)特許権者　598054968
ソイテック
Ｓｏｉｔｅｃ
フランス国，３８１９０ ベルナン，パルク テクノロジーク デ フォンテーヌ，シュマン デ フランク
Ｐａｒｃ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｉｑｕｅ ｄｅｓ ｆｏｎｔａｉｎｅｓ ｃｈｅｍｉｎ Ｄｅｓ Ｆｒａｎｑｕｅｓ ３８１９０ Ｂｅｒｎｉｎ， Ｆｒａｎｃｅ
(74)代理人　100107456
弁理士　池田 成人
(74)代理人　100162352
弁理士　酒巻 順一郎
(74)代理人　100123995

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　異なる熱膨張係数を有する支持基板に薄層を移転する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１の材料からなる薄層（３）を第２の材料からなる支持基板（７）に移転する方法であって、前記第１の材料及び前記第２の材料が異なる熱膨張係数を有する、方法において、

ａ　前記第１の材料から形成された厚層（１ａ）とハンドリング基板（１ｂ）との組立体から構成されるドナー基板（１）を用意するステップであって、前記ハンドリング基板（１ｂ）の構成要素の熱膨張係数と前記支持基板（７）の構成要素の熱膨張係数との差が、絶対値で、前記厚層（１ａ）の前記熱膨張係数と前記支持基板（７）の前記熱膨張係数の差よりも小さく、前記ドナー基板（１）が前記厚層（１ａ）側に主面（４）を有する、ステップと、

ｂ　軽量種を前記厚層（１ａ）に導入して、前記厚層（１ａ）内に脆化面（２）を生成し、前記脆化面（２）と前記ドナー基板（１）の前記主面（４）との間に前記薄層（３）を画定するステップであって、注入される前記軽量種が、水素イオン及びヘリウムイオンのうちの一方のみである、ステップと、

ｃ　前記ドナー基板の前記主面（４）と前記支持基板（７）の１つの面（６）を組み立てるステップと、

ｄ　前記脆化面（２）から前記薄層（３）を分離するステップであって、熱処理を適用することを含む、ステップと、

を含み、

前記厚層（１ａ）を構成する前記第１の材料の前記熱膨張係数と、前記支持基板（７）

を構成する前記第２の材料の前記熱膨張係数が、室温で少なくとも１０％異なり、
前記第１の材料が、強誘電性材料であり、
前記ステップａが、
強誘電性材料のバルクブロックを前記ハンドリング基板（１ｂ）に接合することと、
前記強誘電性材料のバルクブロックを薄化して前記厚層（１ａ）を形成することと、
を含む、ことを特徴とする、方法。
【請求項２】
前記第１の材料が、ＬｉＴａＯ３、ＬｉＮｂＯ３、ＬｉＡｌＯ３、ＢａＴｉＯ３、ＰｂＺｒＴｉＯ３、ＫＮｂＯ３、ＢａＺｒＯ３、ＣａＴｉＯ３、ＰｂＴｉＯ３又はＫＴａＯ３などの強誘電性材料である、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記支持基板（７）の前記材料が、シリコンである、請求項１又は２に記載の方法。
【請求項４】
前記ハンドリング基板（１ｂ）が、前記支持基板（７）の厚さと等しい厚さを有する、請求項１～３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項５】
前記厚層（１ａ）が、１つ又は複数の薄層のサンプリングを可能にするように１０～４００マイクロメートルの間の厚さを有する、請求項１～４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項６】
前記接合することが、分子接着によって達成される、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記薄化することが、ミリング、並びに／又は機械化学的な研磨及び／若しくはエッチングによって実行される、請求項１に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、異なる熱膨張係数を有する２つの基板を組み合わせた異質構造の分野に関する。より詳細には、本発明は、薄層を支持基板に移転する方法に関する。この製造方法は、例えば、マイクロエレクトロニクス、マイクロメカニクス、フォトニクスなどの分野に使用される。
【背景技術】
【０００２】
支持基板に薄層を形成する様々な方法が従来技術から知られている。そのような方法は、例えば、分子線エピタキシ、プラズマスパッタリング、プラズマ堆積（レーザパルス堆積（ｌａｓｅｒ　ｐｕｌｓｅｄ　ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ））、又は、軽量種の注入によってバルク基板内に形成される脆弱ゾーン（又は脆化面）での割れによりバルク基板から薄層を得るスマートカット（Ｓｍａｒｔ　Ｃｕｔ（商標））技法の適用であり得る。
【０００３】
本発明は、より詳細には、仏国特許出願公開第２９１４４９２号において教示されるような方法を適用することによって得られる強誘電性材料で作製された薄層の形成に関する。
【０００４】
スマートカット法の適用は、移転が望まれる薄層の材料の熱膨張係数が、移転が行われる支持基板の熱膨張係数と類似している場合に特に適している。
【０００５】
逆の場合、支持基板とドナー基板から形成される組立体が受けることができる温度は制限される。したがって、仏国特許出願公開第２８５６１９２号は、材料の熱膨張係数の値によって決定される温度を上回る熱処理が、基板のうちの１つの制御されない割れ及び／又はドナー基板若しくは薄層の剥離を引き起こすおそれがあることを想起させる。スマートカット法では、例えば支持基板へのドナー基板の接着を強化する又は脆化面でのドナー基板の割れを促進するために、十分な温度で少なくとも１つの熱処理を行うことが必要と

なり得るので、これは問題となる。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
本発明の１つの目標は、上述の問題を少なくとも部分的に解決する、第１及び第２の材料が異なる熱膨張係数を有する、第１の材料からなる薄層を第２の材料からなる支持基板に移転する方法を提案することである。特に、強誘電性材料で作製された薄層をこの薄層が構成される材料の膨張係数とは異なる膨張係数を有する支持体、例えばシリコンで作製された支持基板に移転することでのこの方法の適用を見出すことである。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
これらの目標のうちの一つを達成する目的で、本発明の主題は、第１及び第２の材料が異なる熱膨張係数を有する、第１の材料からなる薄層を第２の材料からなる支持基板に移転する方法を提案する。本発明によれば、薄層を移転する方法は、第１の材料から形成された厚層とハンドリング基板との組立体から構成されるドナー基板を用意するステップであって、ハンドリング基板の熱膨張係数が支持基板の熱膨張係数と類似しており、ドナー基板が厚層側に主面を有する、ステップと、軽量種を厚層に導入して、厚層内に脆化面を生成し、脆化面とドナー基板の主面との間に薄層を画定するステップと、ドナー基板の主面と支持基板の１つの面を組み立てるステップと、脆化面から薄層を分離するステップであって、熱処理を適用することを含む分離するステップとを含む。
【０００８】
ドナー基板及び支持体から形成された組立体は、従来技術による「直接的な」アプローチの文脈において適用される温度よりもかなり高い温度にさらすことができ、それにより、基板のうちの１つの制御されない割れ又はドナー基板若しくは薄層の剥離の危険なしに、ドナー基板がハンドリング基板を一切含まなくなる。この組立体の熱膨張係数の観点から平衡な構造により、特に、比較的高い温度に組立体をさらすことにより薄層を分離するステップを助長することが可能になる。
【０００９】
以下を単独で又は任意の技術的に実施可能な組み合わせで得られる、本発明の他の利点及び非限定的な特徴によれば、
厚層を構成する第１の材料の熱膨張係数と、支持基板を構成する第２の材料の熱膨張係数が、室温で少なくとも１０％異なり、
ハンドリング基板の構成要素の熱膨張係数と支持体の構成要素の熱膨張係数との差が、絶対値で、厚層の熱膨張と支持基板の熱膨張の差よりも小さく、
注入される軽量種が、水素イオン及び／又はヘリウムイオンであり、
第１の材料が、ＬｉＴａＯ３、ＬｉＮｂＯ３、ＬｉＡｌＯ３、ＢａＴｉＯ３、ＰｂＺｒＴｉＯ３、ＫＮｂＯ３、ＢａＺｒＯ３、ＣａＴｉＯ３、ＰｂＴｉＯ３又はＫＴａＯ３などの強誘電性材料であり、
支持基板の材料が、シリコンであり、
ハンドリング基板が、支持基板と同じ性質のものであり、
ハンドリング基板が、支持基板の厚さと等しい厚さを有し、
厚層が、１つ又は複数の薄層のサンプリングを可能にするように１０～４００マイクロメートルの間の厚さを有し、
ドナー基板が、ソース基板とハンドリング基板を接合することによって得られ、
接合することが、分子接着（ｍｏｌｅｃｕｌａｒ　ａｄｈｅｓｉｏｎ）によって達成され、
ソース基板を薄化して、厚層を形成するステップが含まれ、
薄化するステップが、ミリング、並びに／又は機械化学的な研磨及び／若しくはエッチングによって実行される。
【００１０】

本発明の他の特徴及び利点は、添付の図面を参照して与えられる、以下にある本発明の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１Ａ】本発明による方法の一実施形態の図である。

【図１Ｂ】本発明による方法の一実施形態の図である。

【図１Ｃ】本発明による方法の一実施形態の図である。

【図１Ｄ】本発明による方法の一実施形態の図である。

【図２】本発明によるドナー基板を形成する方法の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下の説明を単純にするために、従来技術において、又は提示の方法の様々な実施形態において、同一の要素又は同じ機能を果たす要素について同じ参照符号が用いられる。

【００１３】

図面は、見やすくするために、縮尺通りではなく概略的に示されている。特に、層の厚さは、それらの層の横寸法に対して縮尺通りにはなっていない。

【００１４】

この説明の他の部分において、層又は基板に関して用いられる用語「熱膨張係数」は、この層又はこの基板を画定する主面における定められた方向での膨張係数について言及する。材料が異方性の場合、保持される係数値は、最大の振幅の値となる。係数値は、室温で測定される値である。

【００１５】

本発明は、第２の材料からなる支持基板７に第１の材料からなる薄層３を移転する方法に関する。第１及び第２の材料が異なる熱膨張係数を有する。用語「異なる」は、これらの係数が少なくとも１０％異なることを意味する。

【００１６】

この説明の文脈では、一例として、薄層３は、強誘電性材料から作られており、支持体７は、シリコン（熱膨張係数は、２．６×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と予想される）から作られていると考えることにする。

【００１７】

強誘電性材料は、自然な状態で電気分極を持つ材料であり、この分極は外部電場が加えられると反転することができることが想起される。強誘電分域は、分極が均一である（すべての双極子モーメントが、所与の方向に互いに平行に整列している）材料の各連続領域を示す。したがって、強誘電性材料は、この材料が、分極が均一である単一領域からなる場合、「単分域」、又は、強誘電性材料が、異なることもあり得る極性を有する複数の領域を含む場合、「多分域」と特徴付けられ得る。

【００１８】

一般に、全体的に、単分域の性質の強誘電性薄層を有することが望まれる。

【００１９】

図１Ａを参照すると、ドナー基板１は、例えばＬｉＴａＯ３（２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$（ｚ）、１６×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$（ｘ、ｙ））、ＬｉＮｂＯ３、ＬｉＡｌＯ３、ＢａＴｉＯ３、ＰｂＺｒＴｉＯ３、ＫＮｂＯ３、ＢａＺｒＯ３、ＣａＴｉＯ３、ＰｂＴｉＯ３又はＫＴａＯ３である強誘電性材料の厚層１ａ、及びハンドリング基板１ｂから構成される。ドナー基板１は、例えば直径１５０ｍｍ又は２００ｍｍである標準サイズの円形ウェハの形をとることができる。しかし、本発明は、これらの寸法又はこの形に何ら限定されるものではない。材料の厚層１ａは、強誘電性材料のインゴットからサンプリングしたものとすることができ、このサンプリングは、厚層１ａが所定の結晶配向を有するように実施される。この配向は、所期の用途に応じて選ばれる。したがって、薄層の特性を利用してＳＡＷフィルタを形成することが望まれる場合、配向４２°ＲＹを選ぶのが一般的な方法である。しかし、本発明は、特定の結晶配向に何ら限定されるものではない。

【００２０】
ハンドリング基板１ｂは、支持基板７を構成する材料の熱膨張係数と近い熱膨張係数を与える１つ（又は複数）の材料からなることが有利である。用語「近い」は、絶対値として、ハンドリング基板１ｂの熱膨張係数と支持体７の熱膨張係数の差が、厚層１ａの熱膨張係数と支持基板７の熱膨張の差よりも小さいことを意味する。
【００２１】
ハンドリング基板１ｂ及び支持基板は、同一の熱膨張係数を有することが優先される。ドナー基板及び支持体の組み立ての間、比較的高い温度での熱処理に耐えることができる構造が形成される。実施しやすくするために、これは、ハンドリング基板１ｂを、支持基板７の材料と同じ材料からなるように選択することによって達成することができる。
【００２２】
ドナー基板１を形成するには、強誘電性材料のバルクブロックを、例えば分子接着接合技術によって、ハンドリング基板１ｂとともに事前に組み立てる。次に、例えばミリング、並びに／又は機械化学的な研磨及び／若しくはエッチングによって、薄化することによって、強誘電性材料の層１ａを形成する。図２には、この方法が概略的に示されている。組み立ての前に、（例えば、酸化シリコン及び／又は窒化シリコンの堆積により）接触する面のうちの一方及び／又は他方に接着層を形成しておくことを想定することができる。組み立ては、低温熱処理（例えば、５０～３００℃、典型的には１００℃）の適用を含むことができ、この低温熱処理によって後に続く薄化するステップを可能にするのに十分となるほど接合エネルギーを強くすることができる。
【００２３】
ハンドリング基板１ｂは、支持基板７の厚さと実質的に等しい厚さを有するように選ぶことができる。薄化するステップは、厚層１ａが、方法の他のところで適用される熱処理の間に生成される応力により厚層１ａの強度が低下されるのに十分なほど小さい厚さを有するように実行される。それと同時に、この厚さは、薄層３又は複数のそうした層をその厚みからサンプリングすることができるほど十分に大きい。この厚さは、例えば５～４００ミクロンとすることができる。
【００２４】
方法は、少なくとも１つの軽量種をドナー基板１に導入することを含む。この導入は、水素イオン及び／又はヘリウムイオンなどの軽量種の、ドナー基板１の主面４への注入、すなわちイオン衝撃に相当することができる。
【００２５】
図１Ｂに示されるようなそれ自体知られている方法では、注入イオンは、主面４側に位置する移転されるべき強誘電性材料の薄層３と、基板の他の部分を構成する他の部分５との境界を定める脆化面２を形成する役割を果たす。
【００２６】
実際、注入される種の用量及び注入エネルギーは、移転が望まれる層の厚さ及びドナー基板の物理化学的性質に応じて選ばれる。したがって、ＬｉＴａＯ３から作製されたドナー基板１の場合、２００～２０００ｎｍの程度の薄層３の境界を定めるために、３０～３００ｋｅＶのエネルギーで$1^{E}16$～$5^{E}17$ａｔ／ｃｍ^{2}の用量の水素を注入することが選ばれ得る。
【００２７】
図１Ｃに示される次のステップでは、ドナー基板１の主面４を、支持基板７の１つの面６とともに組み立てる。支持基板７は、ドナー基板と同じ寸法及び同じ形状を有することができる。有用性及びコストの理由から、支持基板７は、単結晶又は多結晶のシリコンウェハである。しかし、より一般的に、支持基板７は、例えばシリコン、サファイア又はガラスである任意の材料からなってもよく、任意の形状を有することもできる。
【００２８】
このステップの前に、清浄化、ブラッシング、乾燥、研磨又はプラズマ活性化のステップにより、組み立てられるべき基板の面を準備することを想定することができる。

【００２９】
組み立てるステップは、ドナー基板１を、分子接着及び／又は静電接合によって、支持基板７と密に接して配置することに相当することができる。任意選択で、特に２つの基板１、７が直接接合により組み立てられるとき、２つの基板１、７を組み立てやすくするために、組み立て前に、少なくとも１つの中間層を、ドナー基板１の主面４、又は支持基体７の組み立てられるべき平坦面６、又はその両方に形成することもできる。この中間層は、例えば、酸化シリコン、窒化シリコン又は多結晶シリコンからなり、数ナノメートルから数ミクロンの間の厚さを有する。中間層は、熱酸化処理、熱窒化処理又は化学堆積など（ＰＥＣＶＤ、ＬＰＣＶＤなど）、従来技術において知られている様々な技法に従って生成することができる。

【００３０】
この組み立てるステップの最後において、支持基板７の平坦面６がドナー基板１の主面４に接着した２つの結合基板を含む、図１Ｃに示される組立体が得られる。

【００３１】
次いで、組立体は、例えば脆化面２における劈開により、ドナー基板１から強誘電性材料の薄層３を分離するように処理される。

【００３２】
したがって、この分離するステップは、８０℃～５００℃程度の温度範囲での熱処理を組立体に適用し、支持基板７への薄層３の移転を可能にすることを含むことができる。熱処理に加えて、このステップは、脆化面２へのブレード又は気体若しくは液体の流体の噴射の適用を含むことができる。強誘電性材料の場合、薄層の特性を悪化させないように、強誘電性材料の強誘電性材料のキュリー温度を超えないように注意が払われる。

【００３３】
この分離するステップの後、図１Ｄに示される構造９が得られる。この構造９は、第１の自由面８と支持基板７に対して配置された主面４とを含む強誘電性材料の薄層３を含む。

【００３４】
ドナー基板１及び支持体７から形成された組立体は、従来技術による「直接的な」アプローチの文脈において適用される温度よりもかなり高い温度にさらすことができ、それにより、基板のうちの１つの制御されない割れ又はドナー基板１若しくは薄層３の剥離の危険なしに、ドナー基板がハンドリング基板を一切含まなくなる。したがって、この組立体の熱膨張係数の観点から平衡な構造により、例えば８０℃～５００℃である比較的高い温度に組立体をさらすことにより薄層３を分離するステップを助長することが可能になる。

【００３５】
次いで、この薄層の所望の特性を修復及び／又は向上させるために、薄層３及び特に薄膜の自由面８の仕上げステップを実行することができる。それ自体周知であるように、この仕上げは、中性、還元性又は酸化性の雰囲気下での研磨、エッチング、犠牲酸化又は焼鈍を含むことができる。

【００３６】
ここまで述べてきた薄層３が強誘電性材料から作られる例の文脈において、この仕上げステップは、薄層３の熱処理の後に続く研磨に相当することができ、このシーケンスは、例えば移転後の薄層３が４２°ＲＹの配向を継ぐなど、厚層１ａが有していた初期の単分域性を回復させることができる。しかし、本発明は、特定の仕上げシーケンスに何ら限定されるものではない。

【００３７】
熱処理は、薄層３に存在する結晶欠陥の修正を可能にする。加えて、熱処理は、薄層３と支持体７との間の接合の固結に貢献する。熱処理は、構造を、１０秒間～１０時間のある時間の間に３００℃から強誘電性材料のキュリー温度の間の温度まで至らせる。この熱処理は、薄層３の自由面を酸化性又は中性のガス雰囲気にさらすことにより実行されることが優先である。

【００３８】

準備の方法は、熱処理後に薄層３を薄化することをさらに含む。この薄化は、例えば機械的、機械化学的及び／又は化学的なエッチング薄化技法により、薄層３の第１の自由面８を研磨することに相当することができる。これは、自由面８の粗さが、原子間力測定（ａｔｏｍｉｃ　ｆｏｒｃｅ　ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ）（ＡＦＭ）による５×５μｍに対して例えば０．５ｎｍＲＭＳ未満のわずかであるように、自由面８を準備し、薄層３の第１の自由面８の残留欠陥を含みがちな表面部を除去することを可能にする。

【００３９】

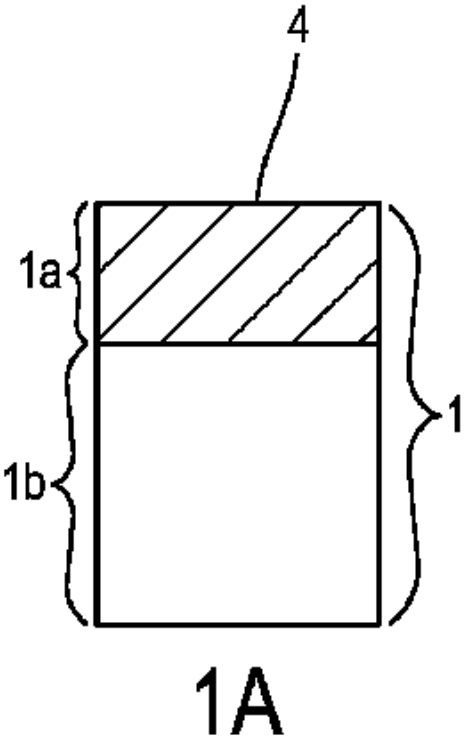
当然ながら、本発明は、記載の例に限定されず、特許請求の範囲によって定められるような本発明の範囲から逸脱することなく、実施形態の変形形態が本発明に導入されてもよい。

【００４０】

さらに、本発明は、例えば、シリコンオン石英又はシリコンオンサファイア構造の場合である、薄層３と支持基板７との間に熱膨張係数の違いがある任意の「異質」構造に適用される。

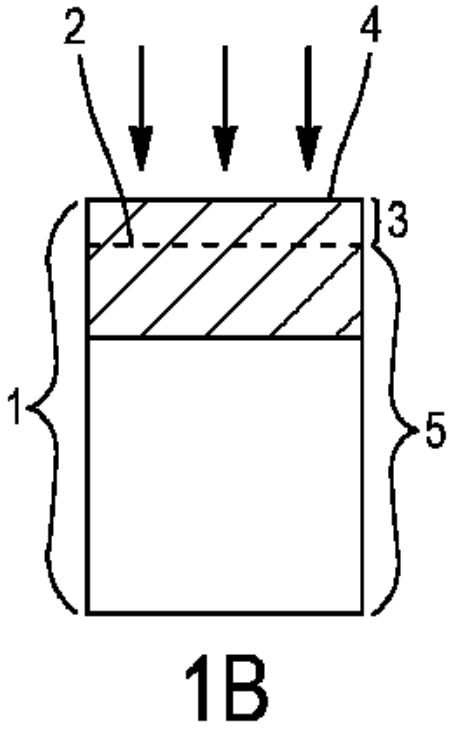
【図面】

【図１Ａ】



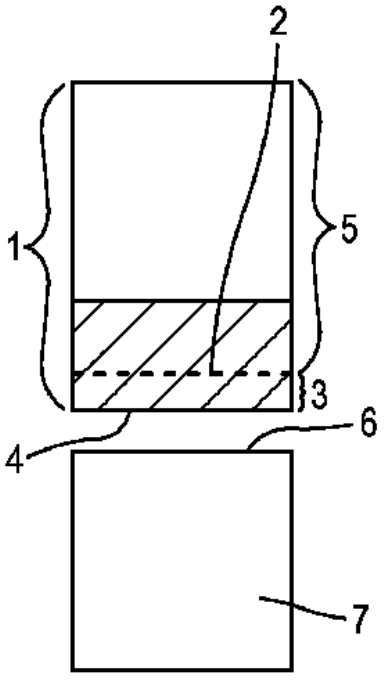
1A

【図１Ｂ】



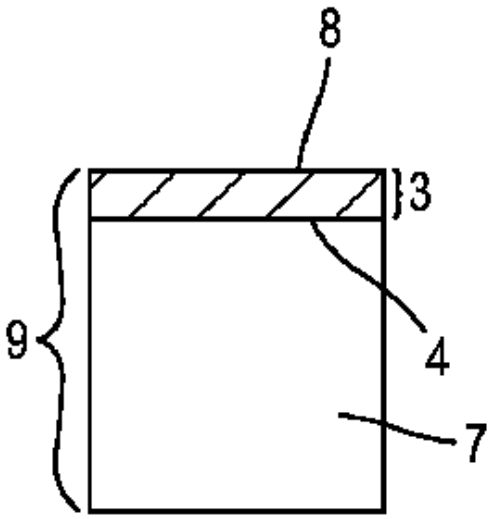
1B

【図１Ｃ】



1C

【図１Ｄ】



1D

【図２】

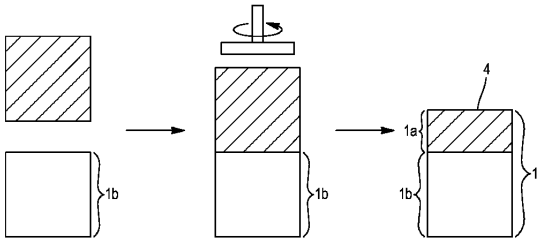


FIG. 2

フロントページの続き

弁理士　野田 雅一
(74)代理人　100154656
弁理士　鈴木 英彦
(72)発明者　ヒュイエット， イサベル
フランス， ３８９２０ クロル， リュー デュ ブロセ ４６４
(72)発明者　チャールズ－アルフレッド， セドリック
フランス， ３８０００ グルノーブル， プレイス ノートル－ダム １
(72)発明者　ランドル， ディディエ
フランス， ３８１９０ ル シャン－プレ－フロージュ， リュー デ アルマリニエ
(72)発明者　ドルーイン， アレクシス
フランス， ３８５３０ ラ ビュイシエール， シュマン デュ ミリュー ８６

合議体
審判長　恩田 春香
審判官　棚田 一也
審判官　松永 稔

(56)参考文献　米国特許出願公開第２００４／２６２６８６（ＵＳ，Ａ１）
特開２００３－２２４０４２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－２２５５３８（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１７／０６８２７０（WO，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 21/02