(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-537777
(P2024-537777A)
(43)公表日　令和6年10月16日(2024.10.16)

(51)国際特許分類　FI
H01L 21/02 (2006.01)　H01L 21/02 B
H01L 21/02 C

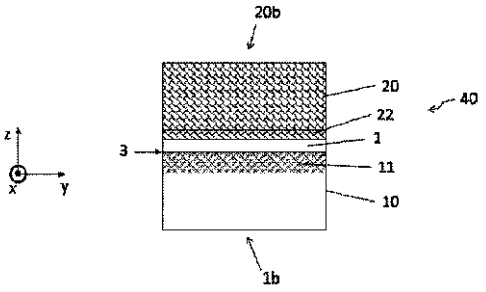
審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全19頁）

(21)出願番号　特願2024-519336(P2024-519336)
(86)(22)出願日　令和4年9月21日(2022.9.21)
(85)翻訳文提出日　令和6年5月17日(2024.5.17)
(86)国際出願番号　PCT/FR2022/051774
(87)国際公開番号　WO2023/057700
(87)国際公開日　令和5年4月13日(2023.4.13)
(31)優先権主張番号　2110624
(32)優先日　令和3年10月7日(2021.10.7)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フランス(FR)
(31)優先権主張番号　2110626
(32)優先日　令和3年10月7日(2021.10.7)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フランス(FR)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
最終頁に続く

(71)出願人　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】　多結晶ＳｉＣでできた担体基板上に単結晶ＳｉＣでできた薄層を含む複合構造を製作するための方法

(57)【要約】
単結晶シリコンカーバイドでできた薄層を含む複合構造を製作するための方法であって、ａ）単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板と、多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板とを提供するステップと、ｂ）初期基板の前面側に多孔質層を形成するために、初期基板に適用される多孔化するステップと、ｃ）担体基板の前面上に、非晶質シリコンカーバイドでできた表層を形成するステップと、ｄ）初期基板と担体基板とをそれぞれの前面で接合して、第１の中間構造を製造するステップと、ｅ）多孔質層との接触界面から開始して、薄層を形成するために、９００℃を超える温度で第１の中間構造に適用される熱処理ステップであって、第２の中間構造を製造する、熱処理ステップと、ｆ）一方では複合構造を、他方では初期基板の残りの部分を得るために、第２の中間構造の多孔質層内で分離するステップと、を含む。
【選択図】　図２ｅ



【特許請求の範囲】
【請求項１】
多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板（２０）上に配置された、単結晶シリコンカーバイドでできた薄層（１）を含む複合構造（１００）を製作するための方法であって、
ａ）前面（１０ａ）および裏面（１０ｂ）を有する単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板（１０）と、前面（２０ａ）および裏面（２０ｂ）を有する多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板（２０）とを提供するステップと、
ｂ）少なくとも前記初期基板（１０）の前記前面（１０ａ）側に多孔質層（１１）を形成するために、前記初期基板（１）に適用される多孔化するステップと、
ｃ）前記担体基板（２０）の前記前面（２０ａ）および／または前記多孔質層（１１）上に、非晶質シリコンカーバイドでできた表層（２１、１２）を形成するステップと、
ｄ）前記初期基板（１０）と前記担体基板（２０）とをそれぞれの前面で接合して、第１の中間構造（３０、３０’、３０’’）を製造することになるステップと、
ｅ）前記表層（２１、１２）を少なくとも部分的に単結晶シリコンカーバイドの形態で結晶化させるために、前記多孔質層（１１）との接触界面から開始して、前記薄層（１）を形成するために、９００℃を超える温度で前記第１の中間構造（３０、３０’、３０’’）に適用される熱処理ステップであって、第２の中間構造（４０）を製造することになる、熱処理ステップと、
ｆ）一方では前記複合構造（１００）を、他方では前記初期基板の残りの部分（１０’）を得るために、前記第２の中間構造（４０）の前記多孔質層（１１）内で分離するステップと
を含む、方法。
【請求項２】
ステップｂ）の終わりに、前記多孔質層（１１）が０．５μｍ～５μｍの厚さを有する、請求項１に記載の製作するための方法。
【請求項３】
ステップｂ）の終わりに、前記多孔質層（１１）が細孔を含み、前記細孔のサイズが１ｎｍ～５０ｎｍであり、１０％～７０％の多孔化度を有する、請求項１または２に記載の製作するための方法。
【請求項４】
ステップｃ）の終わりに、前記表層（２１、１２）が１０μｍ以下の厚さを有する、請求項１～３のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項５】
ステップｃ）の終わりに、前記表層（２１、１２）が、１μｍ以下、典型的には百～数百ナノメートル程度の厚さを有する、請求項１～４のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項６】
ステップｃ）が、前記表層（２１、１２）を形成するために、少なくとも前記担体基板（２０）の前記前面（２０ａ）側および／または少なくとも前記多孔質層（１１）上に非晶質シリコンカーバイド層を堆積することを含む、請求項１～５のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項７】
堆積された前記非晶質シリコンカーバイド層が、高度にドープされ、10^{19}／cm^3を超える、または10^{20}／cm^3を超えるドーパント種の濃度を有する、請求項６に記載の製作するための方法。
【請求項８】
ステップｃ）が、前記表層（２１）を形成するために、前記担体基板（２０）の少なくとも前記前面（２０ａ）側の表面層を非晶質化することを含む、請求項１～５のいずれか一項に記載の製作するための方法。

【請求項９】
ステップｄ）が、前記初期基板（１０）と前記担体基板（２０）とを前記接合するステップの前に、前記基板の一方および／または他方のそれぞれの前面側に結合層を形成することを含み、
前記結合層が、接合後に１０ｎｍ以下の総厚を有する、請求項１～８のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項１０】
前記結合層が、シリコン、ニッケル、チタンおよびタングステンから選択される少なくとも１つの材料で構成される、請求項９に記載の製作するための方法。
【請求項１１】
ステップｅ）の間、前記結合層の、ノジュールにセグメント化することまたは溶解によって、少なくとも局所的に、前記表層（２１）と前記多孔質層（１１）との間または前記表層（１２）と前記担体基板（２０）との間の直接接触を可能にする、請求項９または１０に記載の製作するための方法。
【請求項１２】
ステップｅ）の前記熱処理が、１０００℃以上、優先的には１４００℃以上、または１８５０℃以上の温度で行われる、請求項１～１１のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項１３】
ステップｅ）において、前記表層（２１、１２）の前記結晶化が、中間層（２２）を形成するために、前記担体基板（２０）との接触界面から開始して、少なくとも部分的に多結晶シリコンカーバイドの形態で起こる、請求項１～１２のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項１４】
ステップｆ）の後に、前記薄層（１）の前記前面（１ａ）から前記多孔質層（１１）の残留物（１１ｒ）を排除するために、および／または前記複合構造（１００）の厚さ均一性を補正するために、前記複合構造（１００）に対する機械的および／または化学的処理を含む仕上げステップｇ）を含む、請求項１～１３のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項１５】
ステップｇ）が、前記機械的および／または化学的処理の前または後に、１０００℃～１９００℃の温度で前記複合構造（１００）に適用される熱処理を含む、請求項１４に記載の製作するための方法。
【請求項１６】
新しい複合構造（１００）を製作するための初期基板（１０）として再利用するために、前記初期基板の前記残りの部分（１０’）を再調整するステップを含む、請求項１～１５のいずれか一項に記載の製作するための方法。
【請求項１７】
多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板（２０）と、
前記担体基板（２０）の前面（２０ａ）側に配置された、非晶質シリコンカーバイドでできた少なくとも１つの表層（２１、１２）と、
前記表層（２１、１２）上に配置された多孔質層（１１）と、
前記多孔質層（１１）上の単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板（１０）と
を備え、
前記多孔質層（１１）が、前記表層（２１）に直接接触して、もしくは結合層を介して配置され、結合界面（３）が前記多孔質層（１１）と前記表層（２１）との間に存在するか、または
前記表層（１２）が、前記担体基板（２０）に直接接触して、もしくは結合層を介して配置され、結合界面（３’）が前記担体基板（２０）と前記表層（１２）との間に存在するか、または

前記多孔質層（１１）側の表層（１２）が、前記担体基板（２０）側の別の表層（２１）に直接接触して、もしくは結合層を介して配置され、結合界面（３’’）が前記２つの表層（２１、１２）の間に存在する、
中間構造（３０、３０’）。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（発明の分野）
本発明は、マイクロエレクトロニクス部品の半導体材料の分野に関する。本発明は、特に、多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板上に単結晶シリコンカーバイドの薄層を含む複合構造を製作するための方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
（発明の技術的背景）
ＳｉＣは、特に電気自動車などの電子工学用途の成長分野の必要性を満たすために、革新的なパワーデバイスを製作するためにますます広く使用されている。
【０００３】
単結晶シリコンカーバイドに基づくパワーデバイスおよび統合電源システムは、それらの従来のシリコン等価物よりもはるかに高い電力密度を管理することができ、より小さいサイズの活動領域でこれを行うことができる。ＳｉＣ上のパワーデバイスの寸法をさらに限定するために、水平方向部品ではなく垂直方向部品を製作することが好適であろう。これを行うためには、ＳｉＣ構造の前面に配置された電極と裏面に配置された電極との間の垂直電気伝導が、前記構造によって許容されなければならない。
【０００４】
それにもかかわらず、マイクロエレクトロニクス産業向けの高品質単結晶ＳｉＣ（ｃ－ＳｉＣ）基板は、依然として高価であり、大きなサイズで供給することが困難である。したがって、例えば多結晶ＳｉＣ（ｐ－ＳｉＣ）でできた低コストの担体基板上に、典型的には単結晶ＳｉＣ（高品質ｃ－ＳｉＣ基板から得られる）の薄層を含む複合構造を製造するために、層転写解決策を使用することが好適である。
【０００５】
１つの周知の薄層転写解決策は、Ｓｍａｒｔ　Ｃｕｔ（登録商標）プロセスであり、これは、単結晶ドナー基板内に軽イオンを注入し、結合界面で担体基板に直接結合することによって接合することを使用する。ドナー基板に由来する薄層の担体基板への転写は、軽イオンの注入によって生成される埋没した弱化面に沿った破断によって行われる。
【０００６】
特にシリコン基板の別の公知の転写解決策は、Ｅｌｔｒａｎ（登録商標）プロセスであり、これは、薄い単結晶層がエピタキシャル成長される多孔質層を含み、担体基板に直接結合することによって接合することを含む。担体基板への薄層の転写は、多孔質層内での分離によって行われる。
【発明の目的】
【０００７】
本発明は、従来技術の解決策に対する代替的な解決策に関する。本発明は、多結晶ＳｉＣでできた担体基板上に配置された単結晶ＳｉＣでできた薄層を含む複合構造を製作するための方法に関する。本発明はまた、前記製作方法中に得られる中間構造に関する。
【発明の概要】
【０００８】
（発明の簡単な説明）
本発明は、多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板上に配置された、単結晶シリコンカーバイドでできた薄層を含む複合構造を製作するための方法であって、
ａ）前面および裏面を有する単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板と、前面およ

び裏面を有する多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板とを提供するステップと、
ｂ）少なくとも初期基板の前面側に多孔質層を形成するために、初期基板に適用される多孔化するステップと、
ｃ）担体基板の前面および／または多孔質層上に、非晶質シリコンカーバイドでできた表層を形成するステップと、
ｄ）初期基板と担体基板とをそれぞれの前面で接合して、第１の中間構造を製造することになるステップと、
ｅ）表面層を少なくとも部分的に単結晶シリコンカーバイドの形態で結晶化させるために、多孔質層との接触界面から開始して、薄層を形成するために、９００℃を超える温度で第１の中間構造に適用される熱処理ステップであって、第２の中間構造を製造することになる、熱処理ステップと、
ｆ）一方では複合構造を、他方では初期基板の残りの部分を得るために、第２の中間構造の多孔質層内で分離するステップと
を含む、方法に関する。

【０００９】

本発明の他の好適で非限定的な特徴によれば、以下を個々にまたは任意の技術的に実行可能な組合せで考慮する：
ステップｂ）の終わりに、多孔質層が、０．５μｍ～５μｍの厚さを有する；
ステップｂ）の終わりに、多孔質層が、サイズが１ｎｍ～５０ｎｍの細孔を含み、１０％～７０％の多孔化度を有する；
ｃ）の終わりに、表面層が、１０μｍ以下の厚さを有する；
ｃ）の終わりに、表面層が、１μｍ以下、典型的には百～数百ナノメートル程度の厚さを有する；
ステップｃ）が、表面層を形成するために、少なくとも担体基板の前面側および／または少なくとも多孔質層上に非晶質シリコンカーバイド層を堆積することを含む；
堆積された非晶質シリコンカーバイド層が、高度にドープされ、10^{19}／cm^3を超える、または10^{20}／cm^3を超えるドーパント種の濃度を有する；
ステップｃ）が、表層を形成するために、担体基板の少なくとも前面側の表面層を非晶質化することを含む；
ステップｄ）が、初期基板と担体基板とを接合する前に、基板の一方および／または他方に、そのそれぞれの面の側に結合層を形成することを含み、結合層が、接合後に、１０ｎｍ以下の総厚を有する；
前記結合層が、シリコン、ニッケル、チタンおよびタングステンから選択される少なくとも１つの材料で構成される；
ステップｅ）の間、結合層の、ノジュールにセグメント化することまたは溶解によって、少なくとも局所的に、表層と多孔質層との間または表層と担体基板との間の直接接触を可能にする；
ステップｅ）の熱処理が、１０００℃以上、優先的には１４００℃以上、または１８５０℃以上の温度で行われる；
ステップｅ）において、表層の結晶化が、中間層を形成するために、担体基板との接触界面から開始して、少なくとも部分的に多結晶シリコンカーバイドの形態で起こる；
本製作方法が、ステップｆ）の後に、薄層の前面から多孔質層の残留物を排除するために、および／または複合構造の厚さ均一性を補正するために、複合構造に対する機械的および／または化学的処理を含む仕上げステップｇ）を含む；
ステップｇ）が、機械的および／または化学的処理の前または後に、１０００℃～１９００℃の温度で複合構造に適用される熱処理を含む；
本製作方法が、新しい複合構造を製作するための初期基板として再利用するために前記初期基板の残りの部分を再調整するステップを含む。

【００１０】

本発明はまた、

多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板と、
担体基板の前面側に配置された、非晶質シリコンカーバイドでできた少なくとも１つの表層と、
表層上に配置された多孔質層と、
多孔質層上の単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板と
を備え、
多孔質層が、表層に直接接触して、もしくは結合層を介して配置され、結合界面が多孔質層と表層との間に存在するか、または
表層が、担体基板に直接接触して、もしくは結合層を介して配置され、結合界面が担体基板と表層との間に存在するか、または
多孔質層側の表層が、担体基板側の別の表層に直接接触して、もしくは結合層を介して配置され、結合界面が２つの表層の間に存在する、
中間構造に関する。

【００１１】

本発明の他の特徴および利点は、添付の図を参照して、本発明の以下の詳細な説明を読むことで明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本発明による製作方法を使用して製造された複合構造を示す。
【図２ａ】本発明による製作方法のステップを示す。
【図２ｂ】本発明による製作方法の別のステップを示す。
【図２ｃ】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｃ－１】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｄ】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｄ－１】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｄ－２】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｅ】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｆ】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。
【図２ｇ】本発明による製作方法のさらに別のステップを示す。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

（発明の詳細な説明）

図は、読みやすさのために縮尺通りに描かれていない概略図である。特に、ｚ軸に沿った層の厚さは、ｘ軸およびｙ軸に沿った横方向寸法に対して一定の縮尺ではなく、層の互いに対する相対的な厚さは、図において必ずしも考慮されていない。

【００１４】

本発明は、シリコンカーバイド担体基板２０上に配置された、単結晶シリコンカーバイド（単結晶シリコンカーバイドを指すために以下ではｃ－ＳｉＣを使用する）でできた薄層１を含む複合構造１００（図１）の製作のための方法に関する。担体基板２０は、多結晶（ｐ－ＳｉＣ）である。

【００１５】

本方法は、最初に、単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板１０を提供するステップａ）を含む（図２ａ）。初期基板１０は、優先的には、１００ｍｍ、１５０ｍｍ、２００ｍｍまたは３００ｍｍの直径、および典型的には３００～８００ミクロンの厚さを有するウェハの形態である。これは、前面１０ａおよび後面１０ｂを有する。前面１０ａの表面粗さは、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）によって、例えば２０ミクロン×２０ミクロンの走査で測定して、１ｎｍ　Ｒａ（平均粗さ）未満になるように好適に選択される。初期基板１０は、４Ｈまたは６Ｈポリタイプであってもよく、ｎ型またはｐ型ドーピングを有してもよい。

【００１６】

ステップａ）はまた、前面２０ａおよび裏面２０ｂを有する多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板２０を提供することを含む（図２ａ）。

【００１７】

担体基板２０は、焼結または化学蒸着などの従来の技術によって製造することができる。これは、優先的には、初期基板１０の形態と同一の形態であり、典型的には、初期基板１０に関して上述した典型的な直径および厚さを有するウェハの形態である。担体基板２０の前面２０ａの表面粗さは、好適には、少なくともこの面が本方法の後続のステップｄ）において直接接合されることが意図されている場合、１ｎｍ　Ｒａ未満であるように選択される。

【００１８】

次いで、本方法は、多孔質層１１（図２ｂ）を形成するために、初期基板１０に適用される多孔化のステップｂ）を含む。その一部がＹ．Ｓｈｉｓｈｋｉｎらによる刊行物（“Ｐｈｏｔｏｅｌｅｃｔｒｏｃｈｅｍｉｃａｌ　ｅｔｃｈｉｎｇ　ｏｆ　ｎ－ｔｙｐｅ　４Ｈ　ｓｉｌｉｃｏｎ　ｃａｒｂｉｄｅ”，Ｊｏｕｒｎａｌ　ｏｆ　Ａｐｐｌｉｅｄ　Ｐｈｙｓｉｃｓ　９６，２３１１，２００４）およびＧａｕｔｉｅｒらによる刊行物（“Ｅｌｅｃｔｒｏｃｈｅｍｉｃａｌ　ｆｏｒｍａｔｉｏｎ　ｏｆ　ｐｏｒｏｕｓ　ｓｉｌｉｃｏｎ　ｃａｒｂｉｄｅ　ｆｏｒ　ｍｉｃｒｏ－ｄｅｖｉｃｅ　ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎｓ”，Ｍａｔｅｒｉａｌｓ　Ｓｃｉｅｎｃｅ　Ｆｏｒｕｍ，ＩＳＳＮ：１６６２－９７５２，Ｖｏｌ．９２４，９４３－９４６ページ，２０１８）に記載または参照されている、ＳｉＣの公知の多孔化方法を初期基板１０に適用して多孔質層１１を形成することができる。

【００１９】

好適には、多孔質層１１は、０．５μｍ～５μｍの厚さを有し、多孔化度は、優先的には１０％～７０％であり、細孔のサイズは、典型的には１ｎｍ～５０ｎｍである。

【００２０】

これらの特性は、第１に、複合構造１００の薄層１を形成することが意図された、単結晶形態の非晶質シリコンカーバイドでできた層２１の多孔質層１１と接触する結晶化（本方法のステップｅ））にとって好都合であり、第２に、多孔質層１１の特性は、前のステップ中に十分な機械的強度を提供しながら、本方法のステップｆ）において、この層内での分離を可能にし、容易にするのに適している。

【００２１】

本発明による製作方法の次のステップｃ）は、少なくとも担体基板２０の前面２０ａまたは初期基板１０の前面１０ａ上に、非晶質シリコンカーバイドでできた表層２１、１２を形成することに対応する。

【００２２】

第１の実施形態によれば、基板２０は、少なくともその前面２０ａ上に非晶質シリコンカーバイド（ａ－ＳｉＣ）でできた前記表層２１が設けられたものである（図２ｃ）。

【００２３】

第２の実施形態によれば、非晶質シリコンカーバイドでできた表層１２は、少なくとも初期基板１０の前面１０ａ上に、すなわち多孔質層１１上に形成される（図２ｃ－１）。

【００２４】

第３の実施形態によれば、表層２１が担体基板２０の前面２０ａ上に形成され、別の表層１２が多孔質層１１上に形成され、それ自体が初期基板１０に配置される。

【００２５】

前述の実施形態の一方または他方において、表層２１、１２は、当該の基板２０、１０の裏面２０ｂ、１０ｂ上に形成することもできる。

【００２６】

実施形態にかかわらず、表層２１、１２は、好適には、１０μｍ以下の総厚を有する。

【００２７】

この表層２１、１２を形成するために、ステップｃ）は、第１の変形形態によれば、当該の基板２０、１０にａ－ＳｉＣ層を堆積することを含む。非晶質ＳｉＣの堆積は、化学

蒸着（ＣＶＤ）技術、例えばプラズマ増強ＣＶＤ（ＰＥＣＶＤ）、または直接液体注入ＣＶＤ（ＤＬＩ－ＣＶＤ）によって、物理蒸着技術によって、または任意の他の公知の技術によって行うことができる。ＣＶＤ堆積の場合、１１００℃未満、または１０００℃未満の堆積温度が好ましく、堆積前駆体（メタンまたはシラン化学）に関して、Ｃ／Ｓｉ比は、１以上であるように優先的に選択される。

【００２８】

上述の堆積技術は、表層２１、１２を形成することを可能にし、その厚さは、典型的には１００ｎｍ～１０μｍ、例えば約１μｍで変化し得る。同様に、ａ－ＳｉＣでできた表層２１、１２のドーピングは、これらの技術の１つによって形成されるときに容易に調整することができる。特に、高度にドープされてもよく（通常ｎ型、ただし任意選択的にｐ型）、このため、10^{19}／cm^3を超える、または10^{20}／cm^3を超える濃度のドーパント種を含む。表層２１、１２は、複合構造１００の薄層１を形成するために、少なくとも部分的に単結晶形態で結晶化されることが意図されていることに留意すべきであり、したがって、目的の用途の要件に応じて、低抵抗率を有する薄層１を生じさせるために高度にドープされてもよい。

【００２９】

第２の変形形態によれば、ステップｃ）は、ａ－ＳｉＣでできた表層２１、１２を形成するために、当該の基板の表面層を非晶質化することを含む。この非晶質化は、所望の厚さを有する非晶質層２１、１２を形成するための適切なエネルギーを用いて、イオン衝撃（例えば、ＳｉまたはＣイオンによる）または中性子衝撃などの公知の技術によって行うことができる。

【００３０】

基板２０の表面層の非晶質化の場合（第１の実施形態および第３の実施形態）、担体基板２０の多結晶構造は、例えばイオン衝撃によって非晶質にされてもよい。

【００３１】

表層２１、１２の形成のこの第２の変形形態によれば、表層の厚さは、優先的には１μｍ未満、典型的には百～数百ナノメートル程度である。

【００３２】

本発明による製作方法は、次に、初期基板１０と担体基板２０とをそれらのそれぞれの前面１０ａ、２０ａで接合することを含むステップｄ）を含む（図２ｄ、図２ｄ－１、図２ｄ－２）。

【００３３】

したがって、第１の実施形態（図２ｄ）では、多孔質層１１と表層２１とが結合界面３に沿って接合され、第１の中間構造３０が得られることになる。

【００３４】

第２の実施形態（図２ｄ－１）では、表層１２が結合界面３’に沿って担体基板２０に接合され、第１の中間構造３０’が得られることになる。

【００３５】

最後に、第３の実施形態（図２ｄ－２）では、担体基板２０および多孔質層１１にそれぞれ形成された表層２２、１２が結合界面３’’に沿って接合され、第１の中間構造３０’’が得られることになる。

【００３６】

以下に指定されるように、実施形態にかかわらず、ステップｄ）における結合界面３、３’、３’’は、接合された表面間の直接接触または接合された表面間の結合層を介した間接接触を含むことができる。

【００３７】

ステップｄ）の接合は、分子接着による直接結合に基づく。それ自体よく知られているように、そのような結合は、接合された表面間の原子レベルで結合が行われるため、接着材料を必要としない。表面を接触させる前の温度、圧力、雰囲気条件または処理の点で特に異なるいくつかのタイプの分子接着結合が存在する。接合される表面の事前のプラズマ

活性化、原子拡散結合（ＡＤＢ）、表面活性化結合（ＳＡＢ）などを伴うまたは伴わない室温結合が挙げられる。

【００３８】

接合ステップｄ）は、接合される面を接触させる前に、化学洗浄（例えば、ＲＣＡ洗浄）および表面活性化（例えば、酸素または窒素プラズマによる）または他の表面調製（スクラビングなど）の従来のシーケンスを含むことができ、これは、結合界面３、３’、３’’の品質（低欠陥密度、高接着エネルギー）を高める可能性が高い。

【００３９】

前述のように、および任意選択的に、ステップｄ）は、基板２０、１０の接合される面を接触させる前に、前記面の一方および／または他方上に結合層を形成することを含む。したがって、結合層は、（例えば化学蒸着ＣＶＤによって）（第１の実施形態では）多孔質層１１および／または表層２１上に、（第２の実施形態では）担体基板２０に直接および／または表層１２上に、または（第３の実施形態では）表層２２、１２の一方および／または他方上に堆積され得る。

【００４０】

結合層は、シリコン、ニッケル、チタン、タングステンなどから選択される少なくとも１つの材料で構成されてもよい。結合層は、優先的には厚さが低減され、典型的には、その総厚は１０ｎｍ以下、または５ｎｍ以下である。第１の実施形態では、結合層が、後続のステップｅ）の熱処理中に、ノジュールの形態でのセグメント化またはその溶解を可能にする小さい厚さを有することが重要であり、これにより、多孔質層１１と表層２１との間に少なくとも局所的に直接接触がもたらされ、この直接接触は、次のステップｅ）で行われる結晶化の正確な実施に不可欠である。結合層が半導体材料（特にシリコンなど）でできている場合、垂直電気伝導を促進するようにドープすることができる。

【００４１】

図２ｄに示すように、本発明の第１の実施形態では、ステップｄ）から生じる第１の中間構造３０は、担体基板２０から開始して、したがって図に見られる順序とは逆の順序で、

裏面２０ｂを有する多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板２０と、

担体基板２０の前面２０ａ側の、非晶質シリコンカーバイドでできた表層２１と、

表層２１に直接接触して、または結合層を介して配置された多孔質層１１であって、多孔質層１１と表層２１との間に結合界面３が存在する、多孔質層１１と、

多孔質層１１上の、多孔質層１１と接触した、単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板１０と

を備える。

【００４２】

図２ｄ－１は、本発明の第２の実施形態における、ステップｄ）から生じる第１の中間構造３０’を示し、第１の中間構造３０’は、

多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板２０と、

担体基板２０の前面２０ａ側に直接接触して、または結合層を介して配置された、非晶質シリコンカーバイドでできた表層１２であって、担体基板２０と表層１２との間に結合界面３’が存在する、表層１２と、

表層１２上の多孔質層１１と、

多孔質層１１上の、多孔質層１１に接触した、単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板１０と

を備える。

【００４３】

最後に、図２ｄ－２は、本発明の第３の実施形態における、ステップｄ）から生じる第１の中間構造３０’’を示し、第１の中間構造３０’’は、

多結晶シリコンカーバイドでできた担体基板２０と、

担体基板２０の前面２０ａ側の、非晶質シリコンカーバイドでできた表層２１と、

表層２１に直接接触して、または結合層を介して配置された、非晶質シリコンカーバイドでできた別の表層１２であって、２つの表層２１、１２の間に結合界面３’’が存在する、別の表層１２と、
表層１２上の多孔質層１１と、
多孔質層１１上の、多孔質層１１に接触した、単結晶シリコンカーバイドでできた初期基板１０と
を備える。

【００４４】

本製作方法の次のステップｅ）は、表面層２１、１２を結晶化させるために、９００℃を超える温度で第１の中間構造３０、３０’、３０’’に適用される熱処理を含む（図２ｅ）。熱処理の温度は、好適には、１０００℃以上、または１４００℃以上、またはさらには１８５０℃以上である。例として、ａ－ＳｉＣでできた１μｍの表層２１、１２に対して、１７００℃で３０分間の熱処理が適用され得る。

【００４５】

表層２１、１２は、多孔質層１１（このＳｉＣは単結晶構造である）と、ａ－ＳｉＣでできた表層２１、１２との間の直接接触界面から開始して、固相エピタキシー現象によって、単結晶シリコンカーバイドの形態で結晶化する。単結晶形態で結晶化した表層は、薄層１を形成する。

【００４６】

表層２１、１２の一部のみが単結晶形態で結晶化する場合もある。これは、結晶化が、担体基板２０との接触界面から開始して、少なくとも部分的に多結晶シリコンカーバイドの形態で起こり得るためであり、次いで、中間層２２が形成され、担体基板２０のｐ－ＳｉＣが、ｃ－ＳｉＣでできた薄層１まで伸長する。言い換えれば、中間層２２は、担体基板２０と薄層１との間に介在している。中間層２２と薄層１との間の界面は、ｃ－ＳｉＣおよびｐ－ＳｉＣ結晶化前部の接触によって、同じａ－Ｓｉ材料（表層２１、１２）から画定されるため、完全に閉じられているという利点を有する。これは、異なる結晶性の２つの材料（例えば、ｐ－ＳｉＣ／ｃ－ＳｉＣ）間の結合界面と比較して興味深い利点であり、その完全な閉鎖は、接合前の前記材料の粗さおよび表面仕上げに特に依存する。

【００４７】

このような中間層２２を得るために、特に、担体基板２０上に表層２１が存在しない場合（すなわち、第２の実施形態では）、ａ－Ｓｉでできた表層１２（多孔質層１１側）が担体基板２０と直接接触するように、結合層の非存在下で、または連続しない結合層、例えば、その間で担体基板２０が表層１２と直接接触しているノジュールのセットを形成する結合層の使用によって、準備がなされる。

【００４８】

ステップｅ）は、実施される実施形態にかかわらず、薄層１を形成するために表層２１、１２の全部または一部が単結晶形態で結晶化される第２の中間構造４０が得られることにつながる（図２ｅ）。

【００４９】

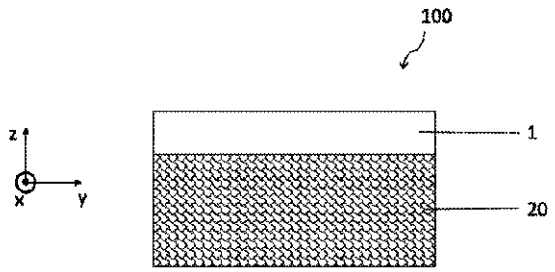
本製作方法は、最後に、一方では複合構造１００を、他方では初期基板の残りの部分１０’を得るために、第２の中間構造４０の多孔質層１１内で分離するステップｆ）を含む（図２ｆ）。

【００５０】

分離ステップｆ）は、第２の中間構造４０に機械的応力を加えることによって行われる。応力は、多孔質層１１とは反対側の前記中間構造４０の縁部への工具（例えば、ブレードまたは他の傾斜形状）の押圧および／または挿入によって及ぼされ得る。あるいは、機械的応力は、多孔質層１１のやはり反対側の構造４０の縁部に向けられたウォータージェットまたはエアジェットによって加えられてもよい。使用される分離技術にかかわらず、加えられる機械的応力は、第２の中間構造４０の他の層または界面と比較して機械的強度が低い多孔質層１１内で破断波を伝播するのに適していなければならない。

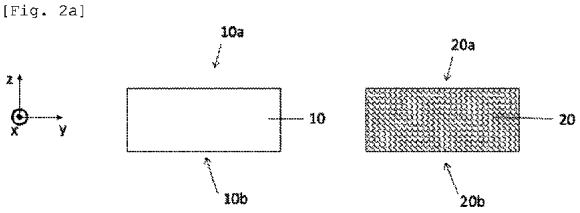
【００５１】
第２の中間構造４０の自由面を保護するように注意することにより、分離は、多孔質層１１の横方向化学エッチングによって任意選択的に促進することができる。
【００５２】
分離ステップｆ）の終わりに、複合構造１００の薄層１の自由面１ａは、初期基板の残りの部分１０’の前面１０’ａと同様に、多孔質層の残留物１１ｒ（図２ｆ）を有し得る。
【００５３】
したがって、本発明による方法は、薄層１の前面１ａから多孔質層１１の残留物１１ｒを除去するために、および／または複合構造１００の厚さ均一性を補正するために（図２ｇ）、複合構造１００の機械的および／または化学的処理のステップｇ）を含むことができる。
【００５４】
ステップｇ）は、残留物１１ｒを除去するために、化学機械研磨（ＣＭＰ）および／または化学的もしくはプラズマ処理（エッチングもしくは洗浄）および／または機械的処理（研削）を含むことができる。
【００５５】
ステップｇ）はまた、薄層１の自由面１ａの品質をさらに改善するために、Ｃａｒｏ（ピラニアエッチング）および／またはＳＣ１／ＳＣ２（Ｓｔａｎｄａｒｄ　Ｃｌｅａｎ　１、Ｓｔａｎｄａｒｄ　Ｃｌｅａｎ　２）および／またはＨＦ（フッ化水素酸）タイプ、またはＮ２、ＡｒもしくはＣＦ４プラズマの洗浄動作を含むことができる。
【００５６】
ステップｇ）は、１０００℃～１９００℃の温度で、約１時間～数時間、複合構造１００に適用される処理を含むことができる。この熱処理は、上記の機械的および／または化学的処理の前または後に行うことができる。その目的は、構造１００が、前記層１上および／または前記層１内の構成要素の製作に必要とされる非常に高い温度での後続の熱処理と完全に適合するように、適切な場合には、薄層１の結晶品質を顕著に発展させることによって、複合構造１００を安定化させることである。
【００５７】
最後に、本製作方法は、新しい複合構造１００（図２ｇ）の初期基板１０として再利用するために、初期基板の残りの部分１０’を再調整するステップを含むことができる。残留物１１ｒを除去するために複合構造１００に適用される処理と同様の機械的および／または化学的処理が、残りの基板１０’の前面１０’ａに適用されてもよい。再調整ステップはまた、化学機械研磨、研削、および／または乾式もしくは湿式化学エッチングによる、残りの基板１０’および／またはその裏面１０’ｂの縁部の１つまたは複数の処理を含むことができる。
【００５８】
当然ながら、本発明は、説明した実施形態および例に限定されず、特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲から逸脱することなく、変形実施形態が追加され得る。
【図面】
【図１】

[Fig. 1]



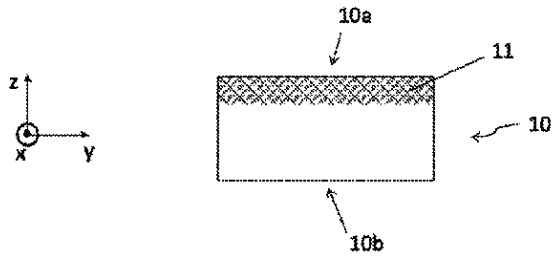
【図２ａ】

[Fig. 2a]



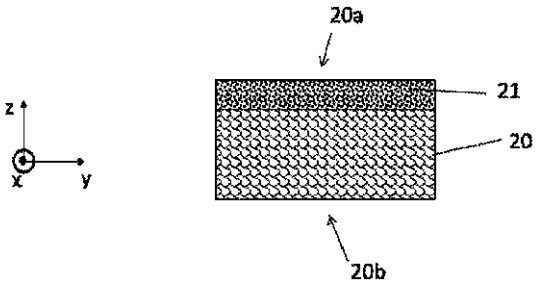
【図２ｂ】

[Fig. 2b]

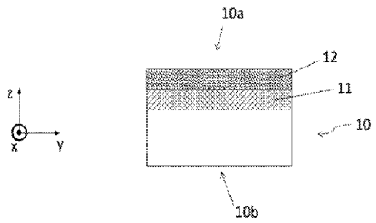


【図２ｃ】

[Fig. 2c]

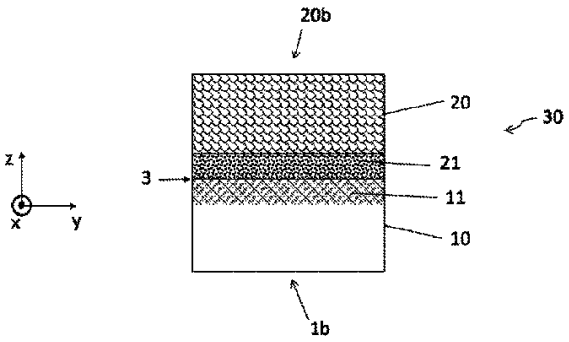


【図２ｃ－１】

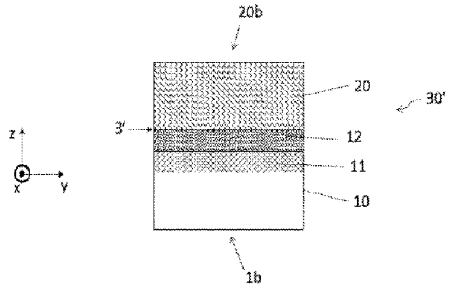


【図２ｄ】

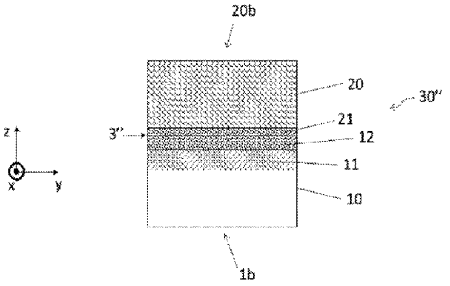
[Fig. 2d]



【図２ｄ－１】

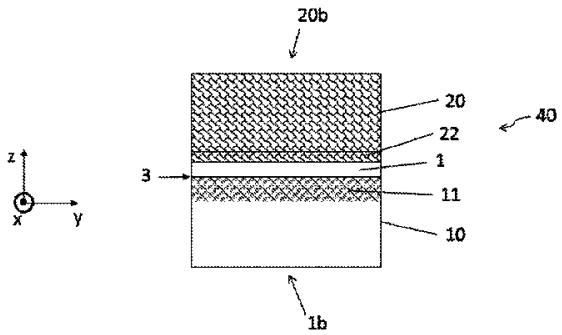


【図２ｄ－２】



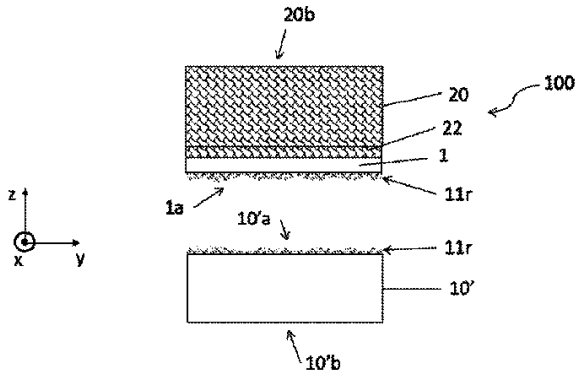
【図２ｅ】

[Fig. 2e]



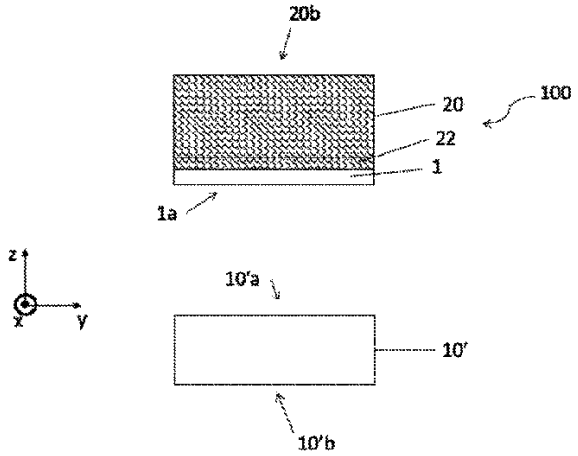
【図２ｆ】

[Fig. 2f]



【図２ｇ】

[Fig. 2g]



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2022/051774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/18(2006.01)i; ***H01L 21/02***(2006.01)i; ***H01L 21/762***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0755068 A2 (CANON KK [JP]) 22 January 1997 (1997-01-22) figure 7	1-17
A	US 2005151155 A1 (AUBERTON-HERVE ANDRE [FR]) 14 July 2005 (2005-07-14) abstract	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 December 2022	**23 December 2022**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Gori, Patrice** Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2022/051774

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP 0755068 A2	22 January 1997	CN 1156899 A	13 August 1997
		DE 69628505 T2	06 May 2004
		EP 0755068 A2	22 January 1997
		KR 970008331 A	24 February 1997
		MY 113505 A	30 March 2002
		SG 64393 A1	27 April 1999
		TW 499718 B	21 August 2002
		US 6136684 A	24 October 2000
US 2005151155 A1	14 July 2005	AT 357740 T	15 April 2007
		AU 6767601 A	24 December 2001
		CN 1436369 A	13 August 2003
		DE 60127402 T2	29 November 2007
		EP 1292975 A1	19 March 2003
		FR 2810448 A1	21 December 2001
		JP 5374006 B2	25 December 2013
		JP 5461593 B2	02 April 2014
		JP 2004503942 A	05 February 2004
		JP 2012099848 A	24 May 2012
		KR 20030047900 A	18 June 2003
		TW I266359 B	11 November 2006
		US 2003129780 A1	10 July 2003
		US 2005151155 A1	14 July 2005
		WO 0197282 A1	20 December 2001

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2015)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2022/051774

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H01L21/18 H01L21/02 H01L21/762
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 755 068 A2 (CANON KK [JP]) 22 janvier 1997 (1997-01-22) figure 7	1-17
A	US 2005/151155 A1 (AUBERTON-HERVE ANDRE [FR]) 14 juillet 2005 (2005-07-14) abrégé	1-17

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
15 décembre 2022	23/12/2022

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gori, Patrice

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2022/051774

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0755068 A2	22-01-1997	CN 1156899 A	13-08-1997
		DE 69628505 T2	06-05-2004
		EP 0755068 A2	22-01-1997
		KR 970008331 A	24-02-1997
		MY 113505 A	30-03-2002
		SG 64393 A1	27-04-1999
		TW 499718 B	21-08-2002
		US 6136684 A	24-10-2000
US 2005151155 A1	14-07-2005	AT 357740 T	15-04-2007
		AU 6767601 A	24-12-2001
		CN 1436369 A	13-08-2003
		DE 60127402 T2	29-11-2007
		EP 1292975 A1	19-03-2003
		FR 2810448 A1	21-12-2001
		JP 5374006 B2	25-12-2013
		JP 5461593 B2	02-04-2014
		JP 2004503942 A	05-02-2004
		JP 2012099848 A	24-05-2012
		KR 20030047900 A	18-06-2003
		TW I266359 B	11-11-2006
		US 2003129780 A1	10-07-2003
		US 2005151155 A1	14-07-2005
		WO 0197282 A1	20-12-2001

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)

フロントページの続き

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

弁理士　野田 雅一

(72)発明者　ビアード， ヒューゴ
フランス共和国， 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， ケアオブ ソイテック

(72)発明者　ラドゥ， イオヌット
フランス共和国， 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， ケアオブ ソイテック

(72)発明者　アリベール， フレデリック
フランス共和国， 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， ケアオブ ソイテック