

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-507085

(P2020-507085A)

(43) 公表日 令和2年3月5日(2020.3.5)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G O 1 T 7/00 (2006.01) G O 1 T 7/00 A 2 G 1 8 8

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2019-559402 (P2019-559402)	(71) 出願人	519249033 オックスフォード インストゥルメンツ テクノロジーズ オサケユイチア フィンランド国, O 2 1 5 O エスポー, テクニカンティエ 1 2, セー/オー テクノポリス イノポリ 1
(86) (22) 出願日	平成30年1月17日 (2018.1.17)	(74) 代理人	100107364 弁理士 斉藤 達也
(85) 翻訳文提出日	令和1年9月12日 (2019.9.12)	(72) 発明者	チェクロブ, ニコライ フィンランド共和国 O O 9 2 O ヘルシ ンキ イラキヴェンティ 5 ジー 1 2 8
(86) 国際出願番号	PCT/FI2018/050034	Fターム(参考)	2G188 AA27 BB03 BB15 DD09 DD11 DD17 DD30 DD42 DD43 DD44
(87) 国際公開番号	W02018/134480		
(87) 国際公開日	平成30年7月26日 (2018.7.26)		
(31) 優先権主張番号	20175037		
(32) 優先日	平成29年1月18日 (2017.1.18)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	フィンランド (FI)		最終頁に続く

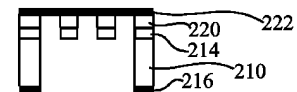
(54) 【発明の名称】 放射線窓

(57) 【要約】

本発明の一例示的態様によれば、第1の側にマスクを含む第1のシリコンウエハを形成するステップと、第1のシリコンウエハの第1の側に第2のシリコンウエハを貼り付けるステップと、一方のウエハをエッチングして、反対側のシリコンウエハに堆積された窓層の一部を露出させ、窓層を支持するそのマスクによって定義される構造を残すステップと、を含む方法が提供される。

【選択図】 2 E

FIG. 2E



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の側にマスクを含む第 1 のシリコンウエハを形成するステップと、

前記第 1 のシリコンウエハの前記第 1 の側に第 2 のシリコンウエハを貼り付けるステップと、

前記ウエハのうちの一方をエッチングして、反対側のシリコンウエハに堆積された窓層の一部を露出させ、前記窓層を支持する前記マスクによって定義される構造を残すステップと、

を含む方法。

【請求項 2】

10

前記窓層は、前記シリコンウエハのうちの一方のウエハの貼り付けられていない側に堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記構造は、前記シリコンウエハのうちの一方のウエハのシリコンから形成される、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記マスクの少なくとも一部を除去するステップを更に含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記窓層の、前記構造に面していない側に少なくとも 1 つの表面層を堆積させるステップを更に含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの表面層はアルミニウム層を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの表面層はグラフェン層を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 のシリコンウエハを貼り付ける前記ステップの前に、前記第 1 のシリコンウエハの前記シリコンの一部が、前記マスクに従って前記第 1 の側からエッチングされる、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

30

前記窓層と前記第 2 のシリコンウエハとの間にエッチングストッパ層が設けられる、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記エッチングストッパ層は少なくとも一部が除去される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

第 3 のシリコンウエハが与えられて、前記窓層に貼り付けられ、前記第 3 のシリコンウエハの上に第 2 のマスクが設けられ、前記第 3 のシリコンウエハが前記第 2 のマスクに従ってエッチングされて、前記窓層の上に第 2 の構造が形成される、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

40

支持構造上の連続的な窓層であって、前記支持構造は前記窓層の第 1 の側にあって第 2 の側にはない、前記窓層を含み、

前記窓層は前記第 2 の側において連続的に露出しており、前記窓層は前記第 1 の側において一部が露出しており、

前記支持構造は、第 1 のシリコン層及び第 2 のシリコン層を含み、前記第 1 のシリコン層と前記第 2 のシリコン層との間にマスク層を含む、

放射線窓構造。

【請求項 13】

前記マスク層は、前記第 2 のシリコン層の前記第 1 の側の露出部分を覆う、請求項 12 に記載の放射線窓構造。

50

【請求項 14】

前記窓層は、前記第2の側に少なくとも1つのアルミニウム表面層が設けられる、請求項12に記載の放射線窓構造。

【請求項 15】

前記窓層は、前記第2の側に少なくとも1つのグラフェン表面層が設けられる、請求項12に記載の放射線窓構造。

【請求項 16】

前記マスク層は、前記第2のシリコン層の前記第1の側の露出部分から除去されている、請求項12～15のいずれか一項に記載の放射線窓構造。

【請求項 17】

前記窓層は、シリコン窒化物、 Al_2O_3 、 AlN 、 SiO_2 、 SiC 、 TiO_2 、 TiN 、金属炭素窒化物、グラフェン、パイロライトカーボン、及びポリマーのうちの少なくとも1つの材料で構成される、請求項12～16のいずれか一項に記載の放射線窓構造。

【請求項 18】

前記窓層は単一平面内に置かれている、請求項11～16のいずれか一項に記載の放射線窓構造。

【請求項 19】

シリコン酸化物層をその上に含む第1のシリコンウエハを形成するステップと、
前記第1のシリコンウエハに第2のシリコンウエハを貼り付けるステップであって、前記第2のシリコンウエハの上に窓層が堆積され、前記シリコン酸化物層はキャビティを含み、前記窓層は、前記貼り付けるステップの結果として、前記キャビティに挿入される、前記貼り付けるステップと、

前記第1のシリコンウエハを貫通するエッチングを行って前記窓層を露出させ、マスクに従って前記第2のシリコンウエハを貫通するエッチングを行って前記窓層の支持構造を構築するステップと、

を含む方法。

【請求項 20】

前記第2のシリコンウエハを貫通する前記エッチングによって前記窓層の一部が露出する、請求項19に記載の方法。

【請求項 21】

前記窓層の一方の側に表面層を堆積させるステップを更に含む、請求項19～20のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 22】

前記表面層はアルミニウム層を含む、請求項21に記載の方法。

【請求項 23】

前記表面層はグラフェン層を含む、請求項21に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X線などの放射線に対して少なくとも部分的に透明な窓構造に関する。

【背景技術】

【0002】

放射線測定装置は、入射放射線に対する検出装置の応答を測定することによって動作する。例えば、X線カメラが、X線を受け、その強度を、2次元電荷結合素子(CCD)アレイ上の位置の関数として測定することが可能である。一方では、スペクトロメータが、入射放射線のスペクトル特性を測定するように構成されることが可能であり、例えば、天体物理学的赤方偏移を測定するように、或いは、元素の特徴的発光ピークを識別して試料の元素組成を分析するように構成されることが可能である。

【0003】

軟 X 線、即ち、例えば、エネルギーが約 1 keV を下回る X 線を測定する場合、放射線を検出器まで到達させることには幾つかの課題がある。例えば、空気が軟 X 線を散乱させ、多くの物質が軟 X 線を吸収する為、放射線が最も具合よく検出器まで運ばれるのは真空を通してであり、その場合、検出器は真空中に配置されてよい。

【 0 0 0 4 】

大気環境中で動作させる場合には、放射線の分析の為に検出器が配置されてよい真空中に軟 X 線を通す為に、適切な窓が配置されてよい。そのような窓は、理想的には、軟 X 線に対して透明であり、構造的に耐久性があり、検出器を保護する為に空気に対して不透過性であろう。

【 0 0 0 5 】

透明度は、窓の厚さを薄くすることにより、高めることが可能である。例えば、ベリリウム窓が使用されてきており、その場合、窓が薄いほど、入射放射線の、窓を通り抜ける割合が大きくなる。一方、実生活環境では、窓は薄いほど壊れやすい。

【 0 0 0 6 】

窓の耐久性を高める為には、窓を機械的格子で支持してよく、或いは、窓を支持構造で挟んでよい。支持構造は、窓材料の一部を覆い、一部を露出させる、クモの巣状の支持構造の形態を取ってよい。支持構造によって窓材料が露出する部分では、窓は入射放射線に対して最大限に透明である。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

この発明は、上記従来技術の課題を解決するためになされたものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明は、独立請求項の特徴によって定義される。従属請求項において幾つかの特定の実施形態が定義される。

【 0 0 0 9 】

本発明の第 1 の態様によれば、方法が提供され、方法は、第 1 の側にマスクを含む第 1 のシリコンウエハを形成するステップと、第 1 のシリコンウエハの第 1 の側に第 2 のシリコンウエハを貼り付けるステップと、一方のウエハをエッチングして、反対側のシリコンウエハに堆積された窓層の一部を露出させ、窓層を支持するそのマスクによって定義される構造を残すステップと、を含む。

【 0 0 1 0 】

第 1 の態様の様々な実施形態は、以下の箇条書きリストのうちの少なくとも 1 つの特徴を含んでよい。

- ・ 窓層は、一方のシリコンウエハの貼り付けられていない側に堆積される
- ・ 構造は、一方のシリコンウエハのシリコンから形成される
- ・ 窓層は、第 2 のシリコンウエハの貼り付けられていない側に堆積される
- ・ 構造は、第 2 のシリコンウエハのシリコンから形成される
- ・ 方法は更に、マスクの少なくとも一部を除去するステップを含む
- ・ 方法は更に、窓層の、構造に面していない側に少なくとも 1 つの表面層を堆積させるステップを含む
- ・ 少なくとも 1 つの表面層はアルミニウム層を含む
- ・ 少なくとも 1 つの表面層はグラフェン層を含む
- ・ 第 2 のシリコンウエハを貼り付けるステップの前に、第 1 のシリコンウエハのシリコンの一部が、マスクに従って第 1 の側からエッチングされる
- ・ 窓層と第 2 のシリコンウエハとの間にエッチングストッパ層が設けられる
- ・ エッチングストッパ層は少なくとも一部が除去される
- ・ 第 3 のシリコンウエハが与えられて、窓層に貼り付けられ、第 3 のシリコンウエハの上に第 2 のマスクが設けられ、第 3 のシリコンウエハが第 2 のマスクに従ってエッチングさ

10

20

30

40

50

れて、窓層の上に第 2 の構造が形成される

【 0 0 1 1 】

本発明の第 2 の態様によれば、放射線窓構造が提供され、放射線窓構造は、支持構造上の連続的な窓層であって、支持構造は窓層の第 1 の側にあって第 2 の側にはない、窓層を含み、窓層は第 2 の側において連続的に露出しており、窓層は第 1 の側において一部が露出している。

【 0 0 1 2 】

第 2 の態様の様々な実施形態は、以下の箇条書きリストのうちの少なくとも 1 つの特徴を含んでよい。

- ・窓層は、第 2 の側に少なくとも 1 つの表面層が設けられる
- ・少なくとも 1 つの表面層はアルミニウム層を含む
- ・少なくとも 1 つの表面層はグラフェン層を含む
- ・支持構造はシリコンで構成される
- ・窓層は、シリコン窒化物、 Al_2O_3 、 AlN 、 SiO_2 、 SiC 、 TiO_2 、 TiN 、金属炭素窒化物、グラフェン、パイロライトカーボン、及びポリマーのうちの少なくとも 1 つの材料で構成される
- ・窓層は、単一平面内に置かれている

10

【 0 0 1 3 】

本発明の第 3 の態様によれば、方法が提供され、方法は、キャビティを含むシリコン酸化物層をその上に含む第 1 のシリコンウエハを形成するステップと、第 1 のシリコンウエハに第 2 のシリコンウエハを貼り付けるステップであって、第 2 のシリコンウエハの上に窓層が堆積され、それによって、窓層がキャビティに挿入される、貼り付けるステップと、第 1 のシリコンウエハを貫通するエッチングを行って窓層を露出させ、マスクに従って第 2 のシリコンウエハを貫通するエッチングを行って窓層の支持構造を構築するステップと、を含む。

20

【 0 0 1 4 】

第 3 の態様の様々な実施形態は、以下の箇条書きリストのうちの少なくとも 1 つの特徴を含んでよい。

- ・第 2 のシリコンウエハによって窓層の一部が露出する
- ・方法は更に、窓層の一方の側に表面層を堆積させるステップを含む
- ・表面層は、窓層の、支持構造に面していない側に堆積される
- ・表面層はアルミニウム層を含む
- ・表面層はグラフェン層を含む

30

【 0 0 1 5 】

本発明の第 4 の態様によれば、方法が提供され、方法は、シリコン酸化物層が埋め込まれたシリコンウエハを形成するステップと、埋め込まれたシリコン酸化物層をエッチングストップパとして使用して、シリコンウエハの第 1 の側からエッチングするステップと、シリコンウエハ内の、エッチングによって形成されたキャビティの中に窓層を堆積させるステップと、シリコンウエハの第 2 の側からエッチングして、窓層の上に支持構造を構築するステップと、を含む。

40

【 0 0 1 6 】

第 4 の態様の様々な実施形態は、以下の箇条書きリストのうちの少なくとも 1 つの特徴を含んでよい。

- ・窓層は、シリコン窒化物、 Al_2O_3 、 AlN 、 SiO_2 、 TiO_2 、 TiN 、金属炭素窒化物、グラフェン、パイロライトカーボン、及びポリマーのうちの少なくとも 1 つの材料で構成される
- ・方法は更に、シリコンウエハの第 2 の側に層を堆積させ、その層を、支持構造の形状を定義するマスクにパターニングするステップを含む
- ・この層はシリコン窒化物層を含む
- ・方法は更に、窓層を、第 1 の側が連続的に露出し、第 2 の側が部分的に露出するように

50

完成させるステップを含む

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の少なくとも幾つかの実施形態で動作可能なシステムの一例を示す図である。

【図2A】乃至

【図2E】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による製造工程の一例を示す図である。

【図3A】乃至

【図3E】図2A～2Eの工程の変形体を示す図である。

【図4A】乃至

【図4E】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による製造工程の一例を示す図である。

【図5A】乃至

【図5E】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による製造工程の一例を示す図である。

【図6】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による方法のフローグラフである。

【図7】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による方法のフローグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

放射線窓は、その所望の特性を強化する層が表面に有利に堆積されてよく、そのような特性として、例えば、ガス不透過性、光学特性、又はスペクトル選択性がある。そのような層の設置を容易にする為に、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による放射線窓に支持構造が与えられ、この支持構造は、一方の側で放射線窓の構造的ロバストネスを強化し、他方の側でそれらの層を強化する。放射線窓の、それらの層の側は、連続的且つ高品質の層の作成を容易にするために、ロバストネスを強化する支持構造がないままにされてよい。そのような層の例として、アルミニウム、グラフェン、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 SiC 、窒化膜（ AlN 等）、シリコン窒化物、 BN 、 TiN 、金属炭素窒化物（ $TiAlCN$ 等）、パイロライトカーボン、ポリマー（ポリイミド等）などがある。

【0019】

図1は、本発明の少なくとも幾つかの実施形態で動作可能なシステムの一例を示す。図示されたシステムはX線蛍光に関するが、本発明はこれに限定されず、むしろ、本発明に従って構築される窓は、より広い分野で応用されてもよい。

【0020】

図1は分析装置110を示しており、これはX線検出器120を含む。X線検出器120は、この例では、入射X線のスペクトル特性を測定するように構成されて、例えば、特徴的発光に基づく元素組成分析を可能にする。

【0021】

図1の構成の運用時には、一次X線源140からの一次X線102が試料130に照射され、これによって試料130に含まれる物質が刺激されて二次X線放射線103が蛍光放射され、そのスペクトル特性の少なくとも一部がX線検出器120において測定される。

【0022】

X線検出器120は窓領域115を含み、窓領域115は、X線をX線検出器120内に通すように構成されている。図1の下部に窓領域115の拡大図115Eが示されており、そこでは、分析装置110の外側ハウジングにあるギャップが示されている。ギャップ内に、窓層117が配置された開口部が設けられており、これは、空気が分析装置110の外側から分析装置110の内側に流入するのを防ぐとともに、（例えば軟X線等の）X線が分析装置110に入ることを可能にしており、それによって、これらのX線がX線検出器120において分析されることが可能である。窓層117は、例えば、シリコン窒化物で構成されてよい。窓層117の材料の別の例は、 Al_2O_3 、 AlN 、 SiO_2 、 SiC 、 TiO_2 、シリコン窒化物、 TiN 、金属炭素窒化物（ $TiAlCN$ 等）、グラフェン、パイロライトカーボン、ポリマー（ポリイミド等）などで構成されてよく、或い

10

20

30

40

50

はこれらを含んでよい。幾つかの実施形態では、窓領域 115 は、X 線検出器 120 に配置される代わりに分析装置 110 のハウジングに配置されてよい。

【0023】

窓層 117 は、一方の側が支持構造 119 によって支持されている。支持構造 119 は、図では X 線検出器 120 の内側に面する、窓層 117 の内側に示されているが、実施形態によっては、外側に面する側にあってもよい。支持構造 119 は、幾つかの実施形態では、一方の側にあっても他方の側になくてよく、言い換えると、支持構造 119 は、窓層 117 の一方の側に限定されなくてよい。例えば、支持構造 119 はシリコンで構成されてよい。

【0024】

窓層 117 及び支持構造 119 は、図 1 ではわずかに離れていて、間に隙間があるように示されているが、これは図解の明確さの為である。本発明の実際の実施形態では、窓層 117 は支持構造 119 に貼り付けられてよく、例えば、支持構造 119 が構築されているウエハに付着することによって貼り付けられてよい。支持構造 119 は、例えば、エッチングによって構築されてよい。

【0025】

支持構造 119 は、その上で窓層 117 を支持することに適する形態及び形状を取ってよく、これは大気圧に耐える為であり、例えば、X 線検出器 120 の内側が低圧、即ち、実際には真空又は近真空に保たれている場合に大気圧に耐える為である。例えば、支持構造 119 は、窓層 117 を覆い隠しすぎることなく窓層 117 を支持する為に、正方形又は長方形のレイアウトであってよく、或いはクモの巣状であってよい。

【0026】

概して、支持構造 119 は、窓層 117 に貼り付けられて、窓層 117 の一部を覆い隠し、一部を露出させる。詳細には、窓層 117 のうちの支持構造 119 に接触している部分が支持構造 119 によって覆い隠される。即ち、それらの場所では、窓層 117 を通り抜ける X 線の一部が、支持構造 119 によって、X 線検出器 120 への到達を阻止される。窓層 117 のうちの支持構造 119 に接触していない部分では、窓層 117 を透過する X 線が X 線検出器 120 までまっすぐ進むことが可能である。窓層 117 のうちの、支持構造 119 に接触していて支持構造 119 に覆い隠されている部分が広いほど、窓層 117 に対する支持が強力であり、窓層 117 を通って入ってくる X 線に対する支持構造 119 の影響が大きい。従って、支持構造 119 の強度は、窓層 117 の透過率と、窓層 117 及び支持構造 119 で構成される放射線窓構造の強度とのトレードオフであると見なされてよい。概して、窓層 117 は、支持構造が第 2 の側にあれば、第 1 の側が完全に露出し、第 2 の側が部分的に露出することが可能である。即ち、窓層 117 は、完全に露出することによって、或いは連続的に露出することによって、連続的に露出している側では窓層 117 の有効利用される領域が支持構造によって覆い隠されない形で露出する。

【0027】

窓層 117 は、本質的に連続的であってよい。即ち、窓層 117 は、例えば、支持構造に応じて遮られることがない。連続層は、単一平面内に置かれているという意味で平坦であってよい。

【0028】

窓層 117 は、ナノメートル領域の薄さであってよく、一方、サイズにおいては、数ミリメートル又は数センチメートルのオーダーの開口部を覆って延びてよい。

【0029】

窓層 117 は、例えば、支持構造 119 に面していない側に、少なくとも 1 つの補助層を有してよい。補助層の例として、アルミニウム薄層及びグラフェン層がある。アルミニウム層は、窓層 117 からの可視光の入射を少なくとも部分的に阻止することが可能である。一方、グラフェンは、（例えば、シリコン窒化物で作られた場合の）窓層 117 の、気体分子（空気等）が窓層 117 を透過するのを阻止する能力を高めることが可能である。窓層 117 の一方の側に支持構造がない場合には、そのような補助層の貼り付けがより

10

20

30

40

50

容易になり、結果として得られる層の欠陥がより少なくなる。これにより、各層がそれぞれの目的においてよりよく機能するという有利な技術的效果が得られる。補助層は、表面層と呼ばれることもある。

【0030】

図2A～2Eは、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による製造工程の一例を示す。工程は図2Aの状態から始まり、そこではシリコンウエハ210が形成され、これは、少なくとも第1のシリコン酸化物層214と、任意選択で、第2のシリコン酸化物層212を含む。

【0031】

図2Bに示された状態まで工程が進むと、支持構造の形状を定義するマスクの裏に、第1のシリコン酸化物層214が、その一部を除去されることによりパターンニングされている。このパターンは、第1のシリコン酸化物層214を完全に貫通しなくてもよい。幾つかの実施形態では、より深い構造を生成する為に、シリコンウエハは酸化前にもパターンニングされる。

【0032】

図2Cに示された状態まで工程が進むと、マスク層214の上に第2のシリコンウエハ220が貼り付けられている。第2のシリコンウエハ220の上に窓層222が堆積され、窓層222は、例えば、シリコン窒化物を含んでよい。第1のシリコンウエハ210の反対側に、任意選択のシリコン窒化物層216が堆積されてよい。第2のシリコン酸化物層212が存在する場合、これは、図2Cに示された状態に達する前に除去されてよい。

【0033】

この工程の変形体として、第2のシリコンウエハ220に酸化物層が設けられてもよく、この酸化物層がパターンニングされてマスクが形成される。その後、第1のシリコンウエハ210が第2のシリコンウエハ220に貼り付けられて、マスクが覆われてよい。その後、第1のシリコンウエハ210は、後述のようにエッチングされてよい。第2のシリコンウエハ220上にマスクを設けることには、貼り付け誤差がエッチングに影響しないという利点がある。

【0034】

図2Dに示された状態まで工程が進むと、第1のシリコンウエハ210がエッチングされてマスク214が露出しており、一部では、マスク214でマスクされた第2のシリコンウエハ220が露出している。

【0035】

図2Eに示された状態まで工程が進むと、エッチングが続行されて、窓層222の一部が、第1のシリコンウエハ210の側で露出する。この工程では、第2のシリコンウエハ220から支持構造が構築され、これは窓層222を支持する。任意選択で、その後の段階では、マスク214から露出したシリコン酸化物が除去されてよい。

【0036】

従って、全体として、図2A～2Eの工程では、第1のシリコンウエハ210にマスク214が与えられ、第2のシリコンウエハ220が第1のシリコンウエハ210の第1の側に貼り付けられて、それらのウエハの間にマスク214が残り、その後、第1のシリコンウエハ210及び第2のシリコンウエハ220が、第1の側と異なる第2の側からエッチングされて、窓層222の一部が露出する。それによって、窓層222の第2の側に、第2のシリコンウエハ220から支持構造が形成される。

【0037】

上述の工程の一修正形態として、第2のシリコンウエハ220と窓層222との間に犠牲的エッチングストップ層、例えば、1マイクロメートルのPECVD SiO_2 又は多層構造が設けられてよく、これは、損傷しやすい場合がある窓層222を、工程のシリコンエッチング段階での化学的且つ/又は機械的ストレスの間に保護する為である。

【0038】

図3A～3Eは、図2A～2Eの工程の変形体を示す。同様の番号付けは同様の工程を

10

20

30

40

50

指す。図 3 A は図 2 A に対応する。

【 0 0 3 9 】

図 3 B は図 2 B の状態に対応し、異なるのは、後で他方の側からエッチングしやすくするために、マスク 2 1 4 を使用して、第 1 のシリコンウエハ 2 1 0 の一部がエッチングされていることである。結果として得られるキャビティが、図 3 B に参照符号 3 1 0 で示されている。図 2 C に示された状態まで進んだ場合と同様に、図 3 C に示された状態まで進むと、マスク層 2 1 4 の上に第 2 のシリコンウエハ 2 2 0 が貼り付けられている。第 2 のシリコンウエハ 2 2 0 の上に窓層 2 2 2 が堆積され、窓層 2 2 2 は、例えば、シリコン窒化物を含んでよい。第 1 のシリコンウエハ 2 1 0 の反対側に、任意選択のシリコン窒化物層 2 1 6 が堆積されてよい。第 2 のシリコン酸化物層 2 1 2 が存在する場合、これは、図 2 C に示された状態に達する前に除去されてよい。

10

【 0 0 4 0 】

図 3 D の段階では、第 1 のシリコンウエハ 2 1 0 の多量のシリコンが残っていて、マスク 2 1 4 の一部を覆っている。これは、キャビティ 3 1 0 が先に形成されたことによる。残っているシリコンは、図 3 D に参照符号 3 2 0 で示されている。このシリコンは、工程の後続の段階で除去されてよい。

【 0 0 4 1 】

従って、全体として、図 3 A ~ 3 E の工程では、第 1 のシリコンウエハ 2 1 0 が第 1 の側からエッチングされ、第 2 のシリコンウエハ 2 2 0 が第 1 のシリコンウエハ 2 1 0 の第 1 の側に貼り付けられて、それらのウエハの間にマスク 2 1 4 が残り、その後、第 1 のシリコンウエハ 2 1 0 及び第 2 のシリコンウエハ 2 2 0 が、第 1 の側と異なる第 2 の側からエッチングされて、窓層 2 2 2 の一部が露出する。それによって、窓層 2 2 2 の第 2 の側に、第 2 のシリコンウエハ 2 2 0 から支持構造が形成される。

20

【 0 0 4 2 】

図 2 A ~ 2 E 又は図 3 A ~ 3 E の工程の別の修正形態として、窓層 2 2 2 の他方の側に第 2 の支持構造が構築されてよい。第 2 の支持構造があると、窓層 2 2 2 に更なる層を堆積させることがより困難になる可能性があるが、窓層 2 2 2 の両側に支持構造があることにより、結果として得られる窓構造が格段に強固になる。そのような構造は、図 2 A ~ 2 E 又は図 3 A ~ 3 E に関連して上述されたように構築されてよく、窓層 2 2 2 の他方の側に更なる第 3 のシリコンウエハが貼り付けられ、第 3 のシリコンウエハの上にシリコン酸化物層が与えられ、これがパターニングされて第 2 のマスクが生成され、その後のエッチングにより、第 2 のマスクによる第 2 の支持構造が形成され、その上側からも窓層 2 2 2 の一部が露出する。他方の支持構造は、図 2 A ~ 2 E 又は図 3 A ~ 3 E に関連して上述されたように生成されてよい。

30

【 0 0 4 3 】

図 4 A ~ 4 E は、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による製造工程の一例を示す。図 4 A 及び 4 B では、第 1 のシリコンウエハ 4 1 0 に、第 1 のシリコン酸化物層 4 1 4 と、任意選択で第 2 のシリコン酸化物層 4 1 2 とが取り付けられている。第 1 のシリコン酸化物層は、その中にキャビティが形成されるように働く。第 2 のシリコンウエハ 4 2 0 の上に窓層 4 2 2 が堆積され、窓層 4 2 2 は、例えば、シリコン窒化物を含んでよい。

40

【 0 0 4 4 】

図 4 C の状態まで進むと、第 1 のシリコンウエハ 4 1 0 に第 2 のシリコンウエハ 4 2 0 が貼り付けられている。この貼り付けは、例えば、酸化物だけをベースとしてよい。この貼り付けに伴って、窓層 4 2 2 が第 1 のシリコン酸化物層 4 1 4 のキャビティに挿入される。窓層 4 2 2 とキャビティの底との間には隙間が残っていてよい。更に、第 2 のシリコンウエハ 4 2 0 の上に上部シリコン酸化物層 4 2 4 が形成される。

【 0 0 4 5 】

図 4 D の状態まで進むと、上部シリコン酸化物層 4 2 3 がパターニングされて、その上に支持構造の形状が与えられ、上部シリコン酸化物層 4 2 3 のそれ以外の部分はマスクを形成している。上側からエッチングが行われて、窓層 4 2 2 の上に支持構造が構築され、

50

その形状はマスク 4 2 4 によって定義される。この工程では、窓層 4 2 2 の一部が上側に露出しており、窓層 4 2 2 の非露出部分は、支持構造と接触している。更に、下側からエッチングが行われて、第 1 のシリコン酸化物層 4 1 4 が露出する。

【 0 0 4 6 】

最後に、第 1 のシリコン酸化物層 4 1 4 が除去されて、窓層 4 2 2 が下方に露出し、図 4 E に示された結果が得られる。結果として、窓層 4 2 2 は、下側が連続的に露出しており、上側が支持構造によって支持されており、窓層 4 2 2 の下側に少なくとも 1 つの層を貼り付けることが容易になっている。適切な層の例として、上述のように、アルミニウム及びグラフェンがある。

【 0 0 4 7 】

図 5 A ~ 5 E は、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による製造工程の一例を示す。

【 0 0 4 8 】

まず、図 5 A に示された状態では、シリコン酸化物層 5 1 6 が埋め込まれたシリコンウエハ 5 1 0 が形成されており、更に、図示されるようにシリコン酸化物層 5 1 2 及び 5 1 4 が形成されている。これは、例えば、2 つのウエハを互いに貼り合わせて、これらのうちの一方のウエハにあるシリコン酸化物層がそれらの間に残るようにすることによって形成可能である。更に、シリコンウエハ 5 1 0 が下側からエッチングされており、埋め込まれたシリコン酸化物層 5 1 6 がエッチングストップとして使用されている。

【 0 0 4 9 】

図 5 B に示された状態まで工程が進むと、埋め込まれたシリコン酸化物層 5 1 6 がエッチングされ、その箇所が露出する。更に、シリコン酸化物層 5 1 2 及び 5 1 4 が除去される。

【 0 0 5 0 】

図 5 C に示された状態まで工程が進むと、窓層 / マスク層 (例えば、シリコン窒化物) が両側に堆積される。そのような層は、層 5 2 0 及び 5 2 2 として示されている。

【 0 0 5 1 】

図 5 D に示された状態まで工程が進むと、上部マスク層 5 2 0 が支持構造 (例えば、支持格子やクモの巣構造等) の形状にパターニングされる。

【 0 0 5 2 】

図 5 E に示された状態まで工程が進むと、シリコンウエハ 5 1 0 が上側からエッチングされて、窓層 5 2 2 の一部が上側に露出する。このエッチングの結果として、シリコンウエハ 5 1 0 から支持構造が構築される。マスク層 5 2 0 は、その支持構造の上に残ってよい。

【 0 0 5 3 】

窓層 5 2 2 が下側に連続的に露出している為、その上に、上述のように、1 つ以上の補助層が堆積されてよい。

【 0 0 5 4 】

図 6 は、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による方法のフローグラフである。

【 0 0 5 5 】

段階 6 1 0 は、第 1 の側にマスクを含む第 1 のシリコンウエハを形成するステップを含む。段階 6 2 0 は、第 1 のシリコンウエハの第 1 の側に第 2 のシリコンウエハを貼り付けるステップを含む。最後に、段階 6 3 0 は、第 1 のシリコンウエハの第 2 の側からエッチングして、第 2 のシリコンウエハに堆積されたシリコン窒化物層の一部を露出させ、シリコン窒化物層を支持するマスクによって定義される構造を残すステップを含む。シリコン窒化物層は、第 2 のシリコンウエハの貼り付けられていない側、即ち、第 1 のシリコンウエハに面していない側に堆積される。

【 0 0 5 6 】

図 7 は、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による方法のフローグラフである。

【 0 0 5 7 】

段階 7 1 0 は、キャビティを含むシリコン酸化物層をその上に含む第 1 のシリコンウエ

10

20

30

40

50

ハを形成するステップを含む。段階 720 は、第 1 のシリコンウエハに第 2 のシリコンウエハを貼り付けるステップであって、第 2 のシリコンウエハの上にシリコン窒化物層が堆積され、シリコン窒化物層は、それによってキャビティに挿入される、貼り付けるステップを含む。最後に、段階 730 は、第 1 のシリコンウエハを貫通するエッチングを行ってシリコン窒化物層を露出させ、マスクに従って第 2 のシリコンウエハを貫通するエッチングを行ってシリコン窒化物層の支持構造を構築するステップを含む。

【0058】

当然のことながら、開示された本発明の実施形態は、本明細書で開示された特定の構造、処理手順、又は材料に限定されず、当業者であれば理解されるであろう、その等価物まで拡張される。更に、当然のことながら、本明細書で使用された術語は、特定の実施形態の説明の為にのみ使用されており、限定的であることを意図されていない。

10

【0059】

本明細書を通しての一実施形態 (one embodiment) 又は一実施形態 (an embodiment) への参照は、その実施形態に関連して説明された特定の特徴、構造、又は特性が、本発明の少なくとも 1 つの実施形態に含まれることを意味する。従って、本明細書全体の様々な場所での「一実施形態では (in one embodiment)」又は「一実施形態では (in an embodiment)」という語句の出現は、必ずしも全てが同じ実施形態を参照しているわけではない。例えば、約 (about) 又は大体 (substantially) 等の語句を使用して数値が参照された場合は、厳密な数値も開示されている。

20

【0060】

本明細書で使用されている複数のアイテム、構造要素、組成要素、及び / 又は材料は、便宜上、一般的なリストに存在してよい。しかしながら、これらのリストは、リストの各要素が別個且つ固有の要素として個別に識別されるかのように解釈されるべきである。従って、そのようなリストの個々の要素は、反対の意味で示されているのでない限り、それらが一般的なグループに存在することに基づいて、同じリストの他の任意の要素の事実上の等価物としてのみ解釈されるべきである。更に、本明細書では、本発明の様々な実施形態及び実施例は、それらの様々な構成要素に関しては代替形態と併せて参照されてよい。当然のことながら、そのような実施形態、実施例、及び代替形態は、互いの事実上の等価物として解釈されるべきではなく、本発明の別個且つ独立の表現と見なされるべきである。

30

【0061】

更に、記載の特徴、構造、又は特性は、1 つ以上の実施形態において任意の適切な様式で組み合わせられてよい。ここまでの説明では、本発明の実施形態が十分理解されるように、長さ、幅、形状等の例など、様々な具体的詳細を示されている。しかしながら、当業者であれば理解されるように、本発明は、これらの具体的詳細のうちの 1 つ以上がなくても、或いは、他の方法、構成要素、材料等によっても実施可能である。他の例では、よく知られている構造、材料、又は動作が詳しく図示又は説明されていないが、これは、本発明の態様が曖昧にならないようにする為である。

【0062】

上述の各実施例は、本発明の原理を 1 つ以上の特定用途において例示したものであるが、当業者であれば明らかなように、発明的能力を行使することなく、且つ、本発明の原理及び概念から逸脱しない限り、実施態様の形式、用法、及び細部の様々な変更が行われてよい。従って、本発明は、後述の特許請求項によって限定される場合を除いて限定されないものとする。

40

【0063】

本文書では「含む (to comprise)」及び「含む (to include)」という動詞は、記載されていない特徴を排除すること、記載されていない特徴も存在することを必要とすることもない開放的限定 (open limitations) として使用されている。従属請求項に記載された特徴は、特に別段に明記されない限りは、相

50

互に自由に組み合わせられてよい。更に、当然のことながら、「a」又は「an」、即ち、単数形の使用は、本文書全体を通して複数性を排除しない。

【産業上の利用可能性】

【0064】

本発明の少なくとも幾つかの実施形態は、例えば、軟X線測定装置などの測定装置において産業的に利用される。

【0065】

頭字語リスト

C C D 電荷結合素子

【符号の説明】

10

【0066】

110 分析装置

120 X線検出器

115 窓領域

115E 窓領域（拡大図）

117 窓層

119 支持構造

130 試料

140 一次X線源

102、103 一次X線、二次X線

20

210 第1のシリコンウエハ

212 第2のシリコン酸化物層

214 第1のシリコン酸化物層

220 第2のシリコンウエハ

222 窓層

216 シリコン窒化物層

310 キャビティ

320 残っているシリコン

410 第1のシリコンウエハ

420 第2のシリコンウエハ

30

422 窓層

412 第2のシリコン酸化物層

414 第1のシリコン酸化物層

424 上部シリコン酸化物層

510 シリコンウエハ

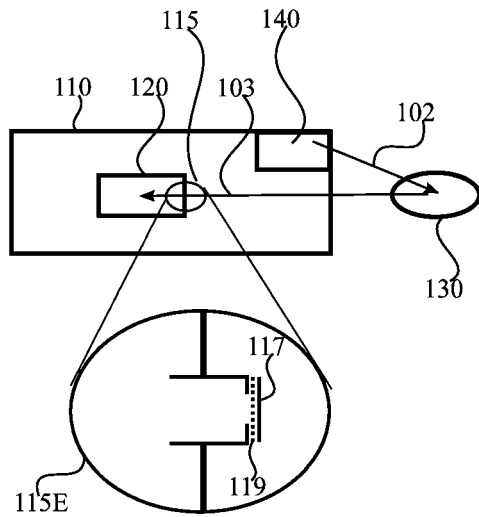
512、514 シリコン酸化物層（SiO₂）

516 埋め込まれたシリコン酸化物層

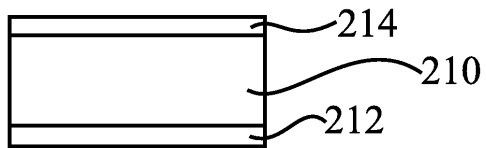
520 マスク層

522 窓層

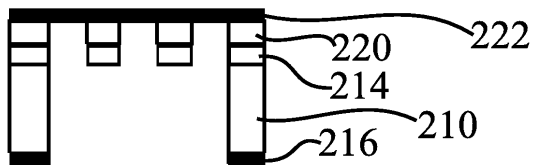
【図 1】



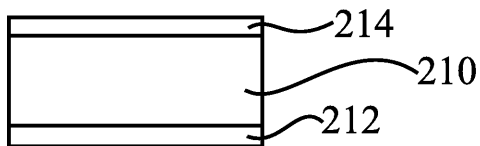
【図 2 A】



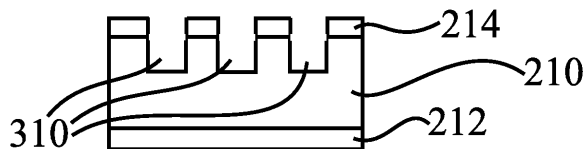
【図 2 E】



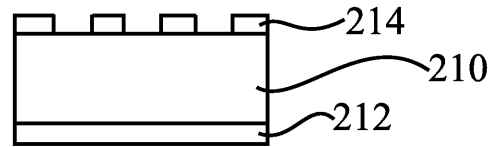
【図 3 A】



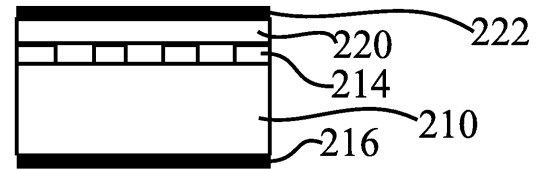
【図 3 B】



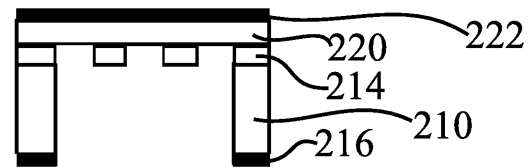
【図 2 B】



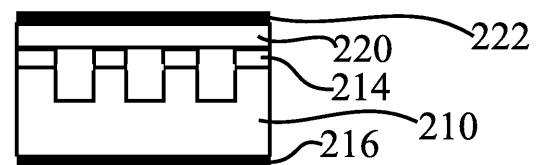
【図 2 C】



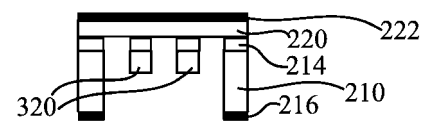
【図 2 D】



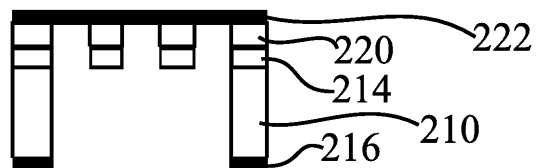
【図 3 C】



【図 3 D】



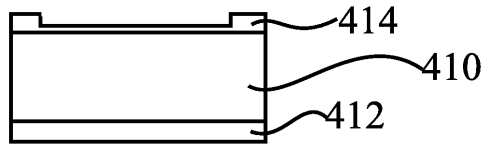
【図 3 E】



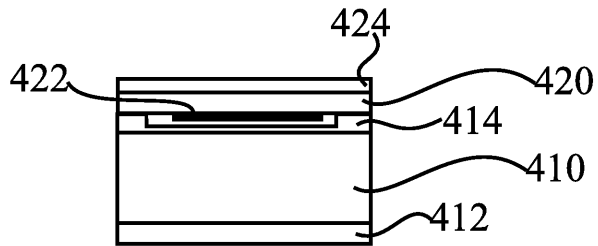
【図 4 A】



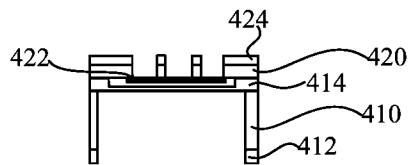
【図 4 B】



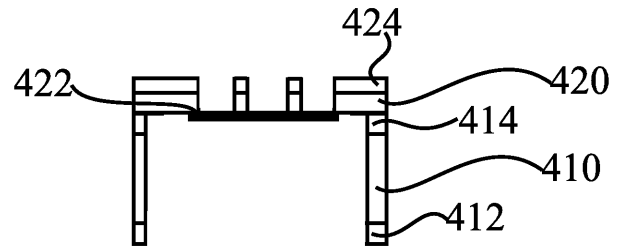
【図 4 C】



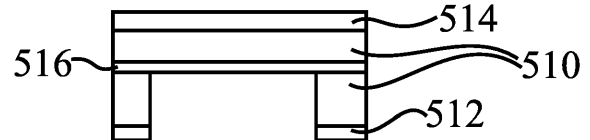
【図 4 D】



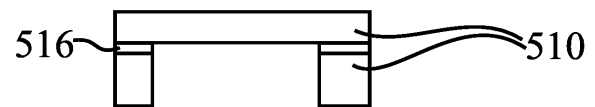
【図 4 E】



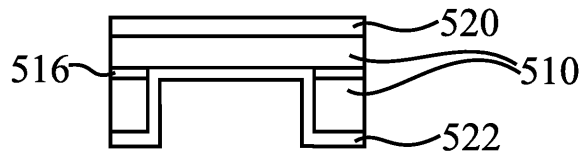
【図 5 A】



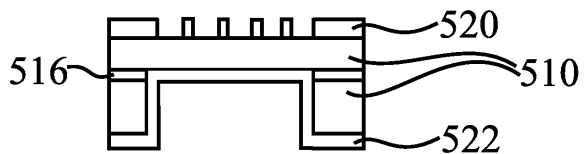
【図 5 B】



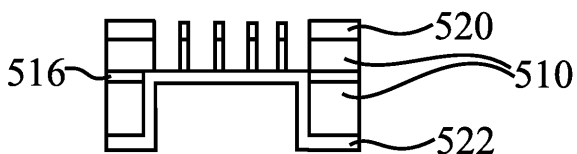
【図 5 C】



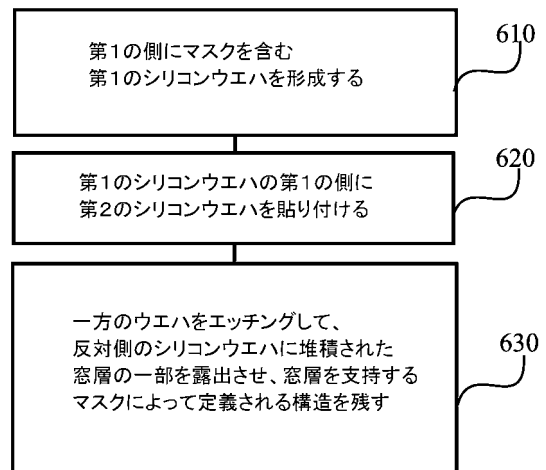
【図 5 D】



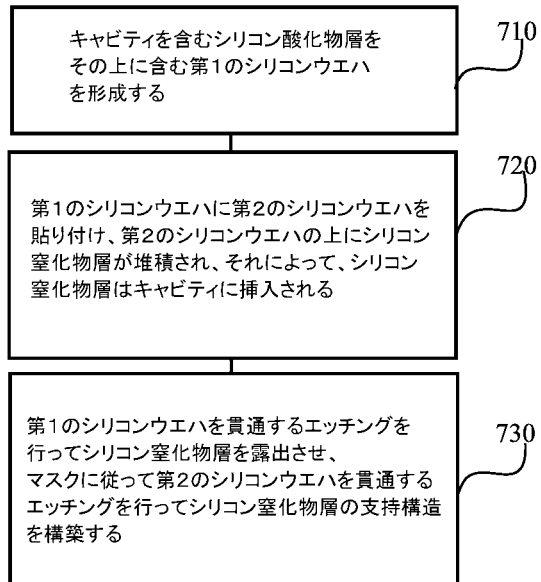
【図 5 E】



【図 6】



【 図 7 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FI2018/050034

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01T7/00 H01J5/18
ADD.

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)

G01T H01J

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2014 103546 A1 (KETEK GMBH [DE]) 13 August 2015 (2015-08-13) paragraphs [0099], [0100], [0105], [0106], [0136], [0151], [0155] figures 1,2,6,8	1-10, 12-23
A	----- EP 2 817 818 A1 (HS FOILS OY [FI]) 31 December 2014 (2014-12-31) paragraphs [0018] - [0022], [0024], [0029], [0033], [0036] figures 1-3	1,12,19
A	----- EP 0 476 827 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 25 March 1992 (1992-03-25) column 4, line 16 - column 5, line 40 figures 1-2 -----	1,12,19

☐ 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

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 April 2018

Date of mailing of the international search report

09/05/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wulveryck, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FI2018/050034

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102014103546 A1	13-08-2015	NONE	

EP 2817818	A1	31-12-2014	EP 2817818 A1 31-12-2014
		US 2015053640 A1	26-02-2015
		WO 2013121078 A1	22-08-2013

EP 0476827	A1	25-03-1992	DE 69114638 D1 21-12-1995
			DE 69114638 T2 25-07-1996
			EP 0476827 A1 25-03-1992
			JP 3026284 B2 27-03-2000
			JP H04127100 A 28-04-1992
			US 5173612 A 22-12-1992

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT