

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 12 月 22 日(22.12.2016)



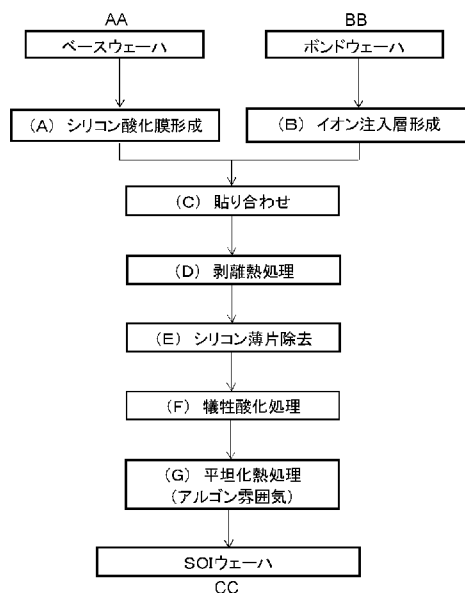
(10) 国際公開番号
WO 2016/203677 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 27/12* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/001235
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 8 日(08.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-120424 2015 年 6 月 15 日(15.06.2015) JP
- (71) 出願人: 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HAN-DOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 横川 功(YOKOKAWA, Isao); 〒3790196 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP). 阿賀 浩司(AGA, Hiroji); 〒3790196 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP). 小林 徳弘(KOBAYASHI, Norihiro); 〒3790196 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 好宮 幹夫, 外(YOSHIMIYA, Mikio et al.); 〒1100005 東京都台東区上野 7 丁目 6 番 1 1 号第一下谷ビル 8 F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING SOI WAFER

(54) 発明の名称: S O I ウェーハの製造方法



- (A) Form silicon dioxide film
(B) Form ion-implanted layer
(C) Perform bonding
(D) Perform peeling heat treatment
(E) Remove silicon flakes
(F) Perform sacrificial oxidation process
(G) Perform planarizing heat treatment (in an argon atmosphere)
- AA Base wafer
BB Bond wafer
CC SOI wafer

(57) Abstract: The present invention relates to a method of manufacturing an SOI wafer, in which the surface of a bond wafer into which ions have been implanted is bonded to the surface of a base wafer, with the interposition of a silicon dioxide film formed on the surface of the base wafer, after which peeling heat treatment is performed to peel off the bond wafer to yield an SOI wafer which is then subjected to planarizing heat treatment in an atmosphere containing argon gas, wherein a process is performed after the peeling heat treatment, without the inclusion of another heat treatment process, to remove any silicon flakes that are present on the silicon dioxide film in a terraced portion of the SOI wafer, after which the planarizing heat treatment is performed in an atmosphere containing argon gas. It is thus possible to provide a method of manufacturing a bonded wafer with which, when the peeled surface of an SOI wafer having an oxide film on a terraced portion thereof, fabricated by performing peeling heat treatment using ion implantation peeling, is subjected to planarizing heat treatment in an atmosphere containing argon gas, it is possible to planarize the peeled surface without forming unnecessary indentations in the terraced portion.

(57) 要約:

[続葉有]



ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, 添付公開書類:

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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、ボンドウェーハのイオン注入した表面と、ベースウェーハの表面とを、ベースウェーハ表面に形成されたシリコン酸化膜を介して貼り合わせた後、剥離熱処理を行ってボンドウェーハを剥離することによりＳＯＩウェーハを作製し、アルゴンガス含有雰囲気で平坦化熱処理を行うＳＯＩウェーハの製造方法において、剥離熱処理後に、他の熱処理を挟まずに、ＳＯＩウェーハのテラス部のシリコン酸化膜上に存在するシリコン薄片を除去する処理を行った後に、アルゴンガス含有雰囲気で平坦化熱処理を行うＳＯＩウェーハの製造方法である。これにより、イオン注入剥離法による剥離熱処理を行って作製されたテラス部に酸化膜を有するＳＯＩウェーハの剥離面をアルゴンガス含有雰囲気で平坦化熱処理を行う際、テラス部に不要な凹みを形成することなく剥離面を平坦化することを可能にする貼り合わせウェーハの製造方法が提供される。

明 細 書

発明の名称：ＳＯＩウェーハの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ＳＯＩウェーハの製造方法に関し、特に、イオン注入剥離法を用いたＳＯＩウェーハの製造方法に関する。

背景技術

[0002] ＳＯＩ（Silicon on Insulator）ウェーハの製造方法、特に先端集積回路の高性能化を可能とする薄膜ＳＯＩウェーハの製造方法として、イオン注入したウェーハを貼り合わせ後に剥離してＳＯＩウェーハを製造する方法（イオン注入剥離法：スマートカット法（登録商標）とも呼ばれる技術）が注目されている。

[0003] このイオン注入剥離法は、二枚のシリコンウェーハの内、少なくとも一方に酸化膜を形成すると共に、一方のシリコンウェーハ（ボンドウェーハ）の上面から水素イオンまたは希ガスイオン等のガスイオンを注入し、該ウェーハ内部にイオン注入層（微小気泡層又は封入層とも呼ぶ）を形成する。その後、イオンを注入した方の面を、酸化膜を介して他方のシリコンウェーハ（ベースウェーハ）と密着させ、その後熱処理（剥離熱処理）を加えて微小気泡層を劈開面として一方のウェーハ（ボンドウェーハ）を薄膜状に剥離する。さらに、熱処理（結合熱処理）を加えて強固に結合してＳＯＩウェーハを製造する技術である（特許文献１参照）。この段階では、劈開面（剥離面）がＳＯＩ層の表面となっており、ＳＯＩ膜厚が薄くてかつ均一性も高いＳＯＩウェーハが比較的容易に得られている。

[0004] しかし、剥離後のＳＯＩウェーハ表面にはイオン注入によるダメージ層が存在し、また、表面粗さが通常のシリコンウェーハの鏡面に比べて大きなものとなっている。したがって、イオン注入剥離法では、このようなダメージ層と表面粗さを除去することが必要になる。

[0005] 従来、このダメージ層等を除去するために、結合熱処理後の最終工程にお

いて、タッチポリッシュと呼ばれる研磨しろの極めて少ない鏡面研磨（研磨しろ：100nm程度）が行われていた。ところが、SOI層に機械加工の要素を含む研磨をしてしまうと、研磨の取り代が均一でないために、水素イオンなどの注入と剥離によって達成されたSOI層の膜厚均一性が悪化してしまうという問題が生じる。

[0006] このような問題点を解決する方法として、前記タッチポリッシュの代わりに高温熱処理を行って表面粗さを改善する平坦化処理が行われるようになってきている。例えば、特許文献2では、剥離熱処理後（または結合熱処理後）に、SOI層の表面を研磨することなく水素を含む還元性雰囲気下の熱処理（急速加熱・急速冷却熱処理（RTA処理））を加えることを提案している。

[0007] ここで、特許文献2の（0065）段落に記載されているように、剥離後のSOI層表面（剥離面）に対して熱処理を行う前には、パーティクルや不純物などによる汚染を避けるため、いわゆるRCA洗浄と呼ばれ、広く知られているウェット洗浄を行うことが必須である。

[0008] また、特許文献3の（0050）段落によれば、テラス部に酸化膜を有するSOIウェーハをイオン注入剥離法により作製した場合、ボンドウェーハの剥離時にテラス部の酸化膜上にシリコン薄片が付着するため、その後のエピタキシャル成長によってパーティクル汚染などの原因となる。特許文献3には、この問題を回避するため、エピタキシャル成長前に、テラス部に存在するシリコン薄片を除去する洗浄工程として、SC1洗浄（ NH_4OH と H_2O_2 の混合水溶液による洗浄）やHF洗浄などのウェット洗浄を行うことが記載されている。

[0009] ここで、テラス部に酸化膜を有するSOIウェーハのうち、特に、BOX（埋め込み酸化膜）層厚が数 μm と厚い場合は、ウェーハの反り発生を抑制する為、同程度の厚みの裏面酸化膜が形成される。このようなBOX層厚が厚いSOIウェーハは、最近、Siフォトリソグラフィや、RFデバイス（高周波デバイス）向けに用途が広がっている。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開平5－211128号公報
特許文献2：特開平11－307472号公報
特許文献3：特開2009－27124号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 特許文献3に記載されているように、剥離直後の貼り合わせウェーハのテラス部にはシリコン薄片などのパーティクルが付着していることが知られている。
- [0012] 発明者らが検討したところ、テラス部にシリコン酸化膜を有するSOIウェーハのテラス部の酸化膜上にこのようなシリコン薄片が存在したままアルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行うと、シリコン薄片と酸化膜が反応し、 $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{SiO}$ （気体）の反応式に基づいて、シリコン薄片のまわりで、テラス部のシリコン酸化膜が大きくエッチングされて凹みが形成されてしまうことが判明した。テラス部にこのような凹みが形成されている状態でデバイス製造プロセスが行われると、凹みにフォトリソが残留しやすく、汚染やパーティクルの発生源となってしまう。
- [0013] 本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、イオン注入剥離法による剥離熱処理を行って作製された、テラス部にシリコン酸化膜を有するSOIウェーハの剥離面をアルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行う際、テラス部に不要な凹みを形成することなく剥離面を平坦化することを可能にするSOIウェーハの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0014] 上記目的を達成するために、本発明は、シリコン単結晶からなるボンドウェーハの表面から水素イオン及び希ガスイオンのうち少なくとも1種類のガスイオンをイオン注入してイオン注入層を形成し、前記ボンドウェーハの前

記イオン注入した表面と、シリコン単結晶からなるベースウェーハの表面とを、該ベースウェーハ表面に形成されたシリコン酸化膜を介して貼り合わせた後、剥離熱処理を行って前記イオン注入層で前記ボンドウェーハを剥離することにより、前記ベースウェーハ上に埋め込み酸化膜層とS O I層とを有するS O Iウェーハを作製し、該S O Iウェーハに対してアルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行うS O Iウェーハの製造方法において、

前記剥離熱処理後に、他の熱処理を挟まずに、前記S O Iウェーハのテラス部のシリコン酸化膜上に存在するシリコン薄片を除去する処理を行った後に、前記アルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行うことを特徴とするS O Iウェーハの製造方法を提供する。

[0015] このように、剥離熱処理後に、他の熱処理を挟まずに、S O Iウェーハのテラス部の酸化膜（以下、テラス酸化膜ともいう）上に存在するシリコン薄片を除去する処理を行った後に、アルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行うことによって、アルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行う際にテラス部に不要な凹みを形成することなく、剥離面を平坦化することができる。

[0016] このとき、前記シリコン薄片を除去する処理として、HFを含有する水溶液を用い、前記テラス部のシリコン酸化膜を減厚するエッチングを行うことで前記シリコン薄片を除去することができる。

[0017] このように、HF（フッ化水素）を含有する水溶液を用いてテラス部のシリコン酸化膜を減厚することで、シリコン薄片とテラス部との間のシリコン酸化膜が除去されて、シリコン薄片をリフトオフさせることができる。

[0018] また、本発明のS O Iウェーハの製造方法では、前記シリコン薄片を除去する処理として、物理的作用で洗浄を行うこともできる。

[0019] このように、物理的作用による洗浄（ウェーハ面を摩擦する洗浄等）を行うことによって、シリコン薄片を効果的に除去することができる。

[0020] また、本発明のS O Iウェーハの製造方法では、前記シリコン薄片を除去する処理を行った後、前記アルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行う前に、前記S O IウェーハのS O I層に犠牲酸化処理を行うことが好ましい。

[0021] このように、ＳＯＩウェーハのＳＯＩ層に対して犠牲酸化処理を行うことで、剥離面のダメージを十分に除去することができるので、結晶性に優れたＳＯＩ層を得ることができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、剥離熱処理直後の付着強度が弱い段階で、テラス酸化膜上のシリコン薄片を除去することができるので、テラス酸化膜上にシリコン薄片の無い貼り合わせＳＯＩウェーハを作製することができる。この状態を維持した上で、アルゴンガス含有雰囲気下での高温アニールによるＳＯＩ層表面の平坦化を行うことで、テラス部の輝点（凹み）の発生を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明のＳＯＩウェーハの製造方法の一例を示した工程フロー図である。

[図2]テラス部の酸化膜に生ずる凹みの発生原因及びそのメカニズムの説明図である。

[図3]本発明のＳＯＩウェーハの製造方法を説明する概略図である。

[図4]テラス部とＳＯＩ層の境界付近の顕微鏡写真である。（Ａ）は実施例２での結果を示す写真である。（Ｂ）は比較例２での結果を示す写真である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の契機となった、アルゴンガス含有雰囲気での平坦化熱処理を行った際にテラス部の酸化膜に生ずる凹みの発生原因やそのメカニズムについて図２を用いて詳細に説明する。

[0025] イオン注入剥離法を用いて、ＳＯＩウェーハ２０の作製を行うと、ウェーハ周辺部は、テラス部２１と呼ばれる、ＳＯＩ層２２が転写しない領域が形成される（図２（ａ））。これは、貼り合わせる前の材料ウェーハの周辺部が、研磨等によりダレ形状となっているため、ウェーハを貼り合わせると、ウェーハ周辺部を完全に貼り合わせることができず、この未結合部分のＳｉ層が転写できないために形成される領域であり、テラス部２１と呼ばれる。

[0026] テラス部 21 には、SOI 層 22 が転写されないものの、テラス部 21 に対応するボンドウェーハの位置には、剥離用の水素イオン等のガスイオンが注入されている。この為、イオン注入された水素が剥離熱処理でブリスタリングしてこの位置でボンドウェーハが剥がれ、シリコン薄片 23 が形成されてしまう。このシリコン薄片 23 がテラス部 21 に付着すると、剥離熱処理によって付着力が高まってしまう。また、剥離熱処理時に、SOI 層 22 のエッジ部で剥離と割れが起きて、シリコン薄片 23 が生じ、テラス部 21 にシリコン薄片 23 が載ってしまう場合もある。従って、剥離熱処理後、SC-1 洗浄等のウェット洗浄が行われる場合がある（図 2（b））。

[0027] ところが、SOI 層 22 が比較的厚い SOI ウェーハ 20 を作製する場合、剥離時の SOI 層 22 が厚くなると（例えば 500 nm 以上）、剥離時に剥がれるシリコン薄片 23 も厚くなってしまう。すると、シリコン薄片自体の剛性が高くなるので、剥離するシリコン薄片 23 の面積が相対的に大きくなる。このような状況で、剥離後の洗浄を行っても、シリコン薄片 23 の表面積が大きいので、シリコン薄片 23 と Si 基板の間に、洗浄液が入り込むことができにくくなる。つまり、シリコン薄片 23 を洗浄時にリフトオフし、ウェーハから剥がすことができず、後工程にシリコン薄片 23 を残してしまう。すなわち、シリコン薄片 23 の厚さが厚いほど（ボンドウェーハへのイオン注入深さが深いほど）、形成されたシリコン薄片 23 は除去され難くなる。

[0028] また、例えば数 100 nm 以上の厚い BOX 層 26（酸化膜 24 のうち、ベースウェーハと SOI 層 22 に挟まれた埋め込み酸化膜層）を持つ SOI ウェーハ 20 を作製する場合、イオン注入機の加速電源の制約で、ボンドウェーハ表面に形成された厚い酸化膜を介して、Si 層にイオン注入できない場合がある。この場合、ベースウェーハに BOX 層 26 となる主な酸化膜 24 を形成し、ベアウェーハ（又は、薄い酸化膜が形成された酸化膜付きウェーハ）にイオン注入して、ウェーハの剥離を行う。

[0029] ここで、酸化膜付ウェーハにイオン注入して剥離を行うと、剥離したシリ

コン薄片は酸化膜とSi層から構成されている。この場合、Siと酸化膜の熱膨張係数の違いから、バイメタルのように、シリコン薄片が反っている。一方、ベアウェーハにイオン注入して剥離を行うと、シリコン薄片はSiのみから構成されている為反らない。このような状況で、剥離後の洗浄を行うと、シリコン薄片が反っていないので、シリコン薄片とSi基板の間に隙間ができず、洗浄液が入り込むことができない。つまり、シリコン薄片を洗浄時にリフトオフし、ウェーハから剥がすことが極めて困難になり、後工程にシリコン薄片を残してしまう。すなわち、酸化膜を介さずにボンドウェーハへのイオン注入を行った方が、酸化膜を介してイオン注入を行うよりも、形成されたシリコン薄片は除去され難くなる。

[0030] 本発明者らは、このようなテラス部21のシリコン酸化膜24上に付着したシリコン薄片23が、その後平坦化熱処理を行った際に、テラス部21の凹み25となることを発見した(図2(c))。即ち、剥離面の平坦化を行うアルゴンガス含有雰囲気下での高温アニール時において、テラス部21のシリコン酸化膜24上にシリコン薄片23が載っていると、シリコン薄片23とシリコン酸化膜24が反応し、 $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{SiO}$ (気体) の反応式に基づいて、シリコン薄片23のまわりで、テラス部21のシリコン酸化膜24が大きくエッチングされてしまう。このエッチングでできた凹み25が、最終検査時の感応検査で輝点として検出される。そして、テラス部21にこのような凹み25が形成されている状態でデバイス製造プロセスが行われるとフォトレジストが残留しやすく、汚染やパーティクルの発生源となってしまうため、このような凹み25を発生させないこと、延いては、テラス部の酸化膜上のシリコン薄片23を十分に除去した状態でアルゴンガス含有雰囲気下での平坦化熱処理を行う必要があることを本発明者らは見出した。

[0031] テラス部の酸化膜上に付着したシリコン薄片が及ぼす影響については、特許文献3に、エピタキシャル成長によるテラス部のポリシリコン成長が開示されているが、アルゴンガス含有雰囲気下での平坦化熱処理のような膜成長を伴わない熱処理において、テラス部に凹みが発生してしまうという問題点

については、従来は全く知られておらず、本発明者らが始めて見出した現象である。

[0032] 本発明は、このようなテラス部の凹みを形成することなく剥離面を平坦化することを目的とする。以下、本発明について更に詳述する。

[0033] 図1に本発明のSOIウェーハの製造方法の一例を示した工程フロー図を示す。

[0034] まず、シリコン単結晶からなるベースウェーハの表面に、シリコン酸化膜を熱酸化等により形成する（図1（A））。尚、形成するシリコン酸化膜の厚さは特に限定されないが、本発明では例えば2 μ m厚とすることができる。

[0035] また、シリコン単結晶からなるボンドウエーハの表面から水素イオン及び希ガスイオンのうち少なくとも1種類のガスイオンをイオン注入して、ボンドウエーハの所定深さにイオン注入層を形成する（図1（B））。このときのイオン注入層の深さは、剥離後に形成されるSOI層の厚さに反映される。従って、注入エネルギー等を制御してイオン注入することにより、SOI層の厚さを制御することができる。尚、この際、表面に酸化膜の無いシリコン単結晶からなるボンドウエーハにイオン注入を行っても良いし、ボンドウエーハに薄いシリコン酸化膜を形成し、該酸化膜を介してイオン注入を行っても良い。

[0036] 上記ベースウェーハに対する処理と上記ボンドウエーハに対する処理は、独立して行うことができ、どちらを先に行っても良いし、並行して行ってもよい。

[0037] 次いで、ボンドウエーハのイオン注入した表面と、シリコン単結晶からなるベースウェーハの表面とを、該ベースウェーハ表面に形成されたシリコン酸化膜を介して貼り合わせる（図1（C））。この貼り合わせは、例えば、常温の清浄な雰囲気下でボンドウエーハとベースウェーハとを接触させることにより、接着剤等を用いることなくウェーハ同士が接着する。

[0038] 次いで、剥離熱処理を行ってイオン注入層でボンドウエーハを剥離するこ

とにより、ベースウェーハ上に埋め込み酸化膜層（BOX層）とSOI層とを有するSOIウェーハを作製する（図1（D））。この剥離熱処理としては、例えば、Ar等の不活性ガス雰囲気下、通常400℃以上700℃以下、30分以上熱処理を加えればボンドウェーハをイオン注入層で剥離することができ、例えば500℃、30分とすることができる。

[0039] このように、表面に酸化膜が形成されたベースウェーハを用いてイオン注入剥離法によって貼り合わせSOIウェーハを作製すると、図3（a）に示すように、剥離熱処理を行った剥離直後のSOIウェーハ10のテラス部1のシリコン酸化膜4上には、シリコン薄片3が多数付着している。

[0040] 本発明においては、剥離熱処理後に、他の熱処理を挟まずに、SOIウェーハ10のテラス部1のシリコン酸化膜4上に存在するシリコン薄片3を除去する処理を行う（図1（E））。

[0041] このシリコン薄片3の除去は、RCA洗浄などの通常の洗浄で除去できれば問題ないが、剥離厚さが厚いウェーハ、もしくは、ベアウェーハのボンドウェーハを用いた場合には、RCA洗浄だけでは、シリコン薄片3を除去できない場合がある。

[0042] そこで、剥離後洗浄に、HF（フッ化水素）を含有する水溶液を用い、テラス部1の酸化膜厚を減厚するエッチングを行うことで、シリコン薄片3とテラス部1との間のシリコン酸化膜4を除去し、シリコン薄片3をリフトオフさせることができ、テラス酸化膜上のシリコン薄片3を効果的に除去することができる（図3（b））。HFを含有する水溶液としては、例えば15%HF水溶液を用いることができる。減厚すべき厚さは剥離温度や剥離時のSOI層厚に依存するため、シリコン薄片を除去することができれば特に限定されないが、例えば1～100nmとすることができ、5nm以上とすることが好ましい。

[0043] またこの際、図3（d）のようにテラス部1のシリコン酸化膜4を完全に除去してもシリコン薄片3は除去できるが、BOX層6のオーバーエッチングによりSOI層2の周辺部がオーバーハング状となることに加えて、その

後のアルゴンガス含有雰囲気下での高温アニール（平坦化熱処理）により、S O I 層 2 と B O X 層 6 界面のエッチングが進行して薄膜状の S O I 層が形成され、新たなパーティクル発生源となり得るため、テラス酸化膜は完全に除去しない方が望ましい。

[0044] H F を含有する水溶液を用いる方法の他に、スクラブ洗浄のように、スポンジなどを用いてウェーハ表面を摩擦する洗浄（物理的作用による洗浄）を行ってもシリコン薄片 3 を効果的に除去することができる。

[0045] ここで、イオン注入剥離法を用いた貼り合わせ S O I ウェーハの製造工程では、イオン注入時、および、剥離時に発生したダメージ層を除去する為、剥離後の S O I 層表面に犠牲酸化処理（犠牲酸化＋酸化膜除去）を行ったり、ウェーハ内部の酸素析出を制御する、或いは、面粗さ改善など品質改善の為、R T A（R a p i d T h e r m a l A n n e a l）などを実施する場合がある。しかし、これらの熱処理は剥離熱処理に比べて熱処理温度が高いため、シリコン薄片とテラス部酸化膜との間の付着強度が高くなり、これらの熱処理を経た後に H F 洗浄を行っても、シリコン薄片を除去できなくなる場合がある。ゆえに、本発明においては、テラス部の酸化膜上のシリコン薄片の除去は、剥離熱処理後に、（剥離熱処理以外の）他の熱処理を挟まずに行う必要がある。

[0046] このようにしてシリコン薄片を除去する処理を行った後、必要に応じて一般的な R C A 洗浄（例えば S C - 1 洗浄）を行うこともできる。以上のプロセスにより、テラス酸化膜上に、シリコン薄片が無い状態を作り出すことができる。

[0047] このようにして、シリコン薄片を除去した後は、アルゴンガス含有雰囲気下で平坦化熱処理を行うのであるが、その前に、S O I ウェーハの S O I 層に犠牲酸化処理を行うことが好ましい（図 1（F））。例えば 900℃程度の温度で犠牲酸化熱処理を行うことにより、S O I 層表面のダメージを酸化すると同時に貼り合わせ界面結合強度を強化することができる。続いて、S O I 層表面の犠牲酸化膜を除去する為、15%の H F 洗浄、および、必要に

応じて、RCA洗浄を行う。このような犠牲酸化処理を加えることで、剥離面のダメージを十分に除去することができるので、結晶性に優れたSOI層を得ることができる。

[0048] 次いで、テラス部1のシリコン酸化膜4上のシリコン薄片3が除去されたSOIウェーハ10に対し、アルゴンガス含有雰囲気下での平坦化熱処理を行う(図1(G)、図3(c)、(e))。該平坦化熱処理条件としては、例えば100%Arガス雰囲気下での1200℃、2時間の熱処理とすることができる。

[0049] 平坦化熱処理によって、イオン注入層での剥離に起因する表面粗さが改善され、デバイスとして使用できるレベルのウェーハ表面を形成することができる。また、本発明においては、テラス部の酸化膜上にシリコン薄片が無いSOIウェーハを作製し、それに対し、アルゴンガス含有雰囲気下での平坦化熱処理を行うことで、従来は、アルゴンガス含有雰囲気下での平坦化熱処理後にテラス部に発生していた、シリコン薄片起因の輝点(すなわち凹み)の発生を抑制し、テラス部を綺麗に保つことができる。その結果、デバイス製造プロセスでの汚染やパーティクルの発生を回避することができる。

[0050] この後、更なる残存ダメージ層の除去、および、SOI層膜厚調整のため、犠牲酸化を行っても良い。

[0051] また、平坦化のためのアルゴンガス含有雰囲気での高温熱処理の負荷を軽減し、スリップ転位の発生を抑制するため、アルゴンガス含有雰囲気での平坦化熱処理の前に、水素雰囲気のRTA(H₂RTA)を行うこともできる。この場合の工程順は以下の通りである。

剥離熱処理 → シリコン薄片除去 → H₂RTA → 犠牲酸化処理 → Arアニール

このように、H₂RTA(例えば、1150℃、60秒)を加えることによって、Arアニールの温度を1200℃未満に下げることができる。

実施例

[0052] 以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発

明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0053] (実施例 1 ～ 3)

ボンドウェーハ及びベースウェーハとして、直径 300 mm、結晶方位 <100> のシリコン単結晶ウェーハを用い、表 1 の条件で貼り合わせ SOI ウェーハを製造し（実施例 1 ～ 3）、テラス部の凹みの有無を顕微鏡観察を行った。実施例 1 ～ 3 において、輝点（凹み）は観察されず、綺麗なテラス部が形成された。尚、実施例 2 の顕微鏡写真を図 4（A）に示す。

[0054] [表1]

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
ボンドウェーハ酸化膜	なし	なし	100nm
ベースウェーハ酸化膜	2000nm	2000nm	2000nm
イオン注入	60keV $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入角度 7 度	60keV $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入角度 7 度	60keV $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入角度 0 度
剥離熱処理	横型炉、500℃、30 分、Ar100%雰囲気		
剥離膜（酸化膜上のシリコン膜）の厚さ	約 570nm	約 570nm	約 570nm
シリコン薄片除去処理	15wt% HF 水溶液にて、テラス酸化膜を 100nm 減厚。		
H ₂ RTA	なし	なし	100%H ₂ 1200℃、30sec
犠牲酸化処理	なし	900℃、pyro 酸化、酸化膜厚 200nm 酸化膜除去：15wt% HF 水溶液	
平坦化熱処理（Ar アニール）	100%Ar 雰囲気、 1200℃、2h	100%Ar 雰囲気、 1200℃、2h	100%Ar 雰囲気、 1170℃、2h
テラス部の凹み	なし	なし（図 4 A）	なし

[0055] (実施例4)

シリコン薄片除去工程を、純水中でスポンジを用いてウェーハ表面を摩擦するスクラブ洗浄とした以外は、実施例3と同一条件でA rアニールまで行った後、テラス部の凹みの顕微鏡観察を行ったところ、凹みは観察されなかった。

[0056] (比較例1～3)

ボンドウェーハ及びベースウェーハとして、直径300mm、結晶方位<100>のシリコン単結晶ウェーハを用い、表2の条件で、即ち、剥離熱処理後に、SC-1洗浄のみを行い(SOIウェーハのテラス部のシリコン酸化膜上に存在するシリコン薄片を除去する処理を行わずに)、SOIウェーハを製造し(比較例1～3)、テラス部の凹みの有無を顕微鏡観察を行った。尚、比較例2の顕微鏡写真を図4(B)に示す。

[0057]

[表2]

	比較例 1	比較例 2	比較例 3
ボンドウェーハ酸化膜	なし	なし	100nm
ベースウェーハ酸化膜	2000nm	2000nm	2000nm
イオン注入	60keV $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入角度 7 度	60keV $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入角度 7 度	60keV $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入角度 0 度
剥離熱処理	横型炉、500℃、30 分、Ar100%雰囲気		
剥離膜（酸化膜上のシリコン膜）の厚さ	約 570nm	約 570nm	約 570nm
シリコン薄片除去処理	なし (SC-1 洗浄のみ)	なし (SC-1 洗浄のみ)	なし (SC-1 洗浄のみ)
H ₂ RTA	なし	なし	100%H ₂ 1200℃、30sec
犠牲酸化処理	なし	900℃、pyro 酸化、酸化膜厚 200nm 酸化膜除去：15wt%HF 水溶液	
平坦化熱処理 (Ar アニール)	100%Ar 雰囲気、 1200℃、2h	100%Ar 雰囲気、 1200℃、2h	100%Ar 雰囲気、 1170℃、2h
テラス部の凹み	発生	発生（図 4 B）	発生

[0058] 比較例 1 では、テラス部のシリコン薄片を除去しないまま平坦化熱処理を行ったため、Ar アニールでテラス部に凹みが発生してしまった。比較例 2 及び 3 では、平坦化熱処理（Ar アニール）前の犠牲酸化処理時の酸化膜除去により、テラス部の酸化膜も減厚されるが、酸化熱処理や H₂RTA によってシリコン薄片が強固に付着しているため除去されず、Ar アニールで凹みが発生してしまった。

[0059] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態

は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

[請求項1] シリコン単結晶からなるボンドウェーハの表面から水素イオン及び希ガスイオンのうち少なくとも1種類のガスイオンをイオン注入してイオン注入層を形成し、前記ボンドウェーハの前記イオン注入した表面と、シリコン単結晶からなるベースウェーハの表面とを、該ベースウェーハ表面に形成されたシリコン酸化膜を介して貼り合わせた後、剥離熱処理を行って前記イオン注入層で前記ボンドウェーハを剥離することにより、前記ベースウェーハ上に埋め込み酸化膜層とSOI層とを有するSOIウェーハを作製し、該SOIウェーハに対してアルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行うSOIウェーハの製造方法において、

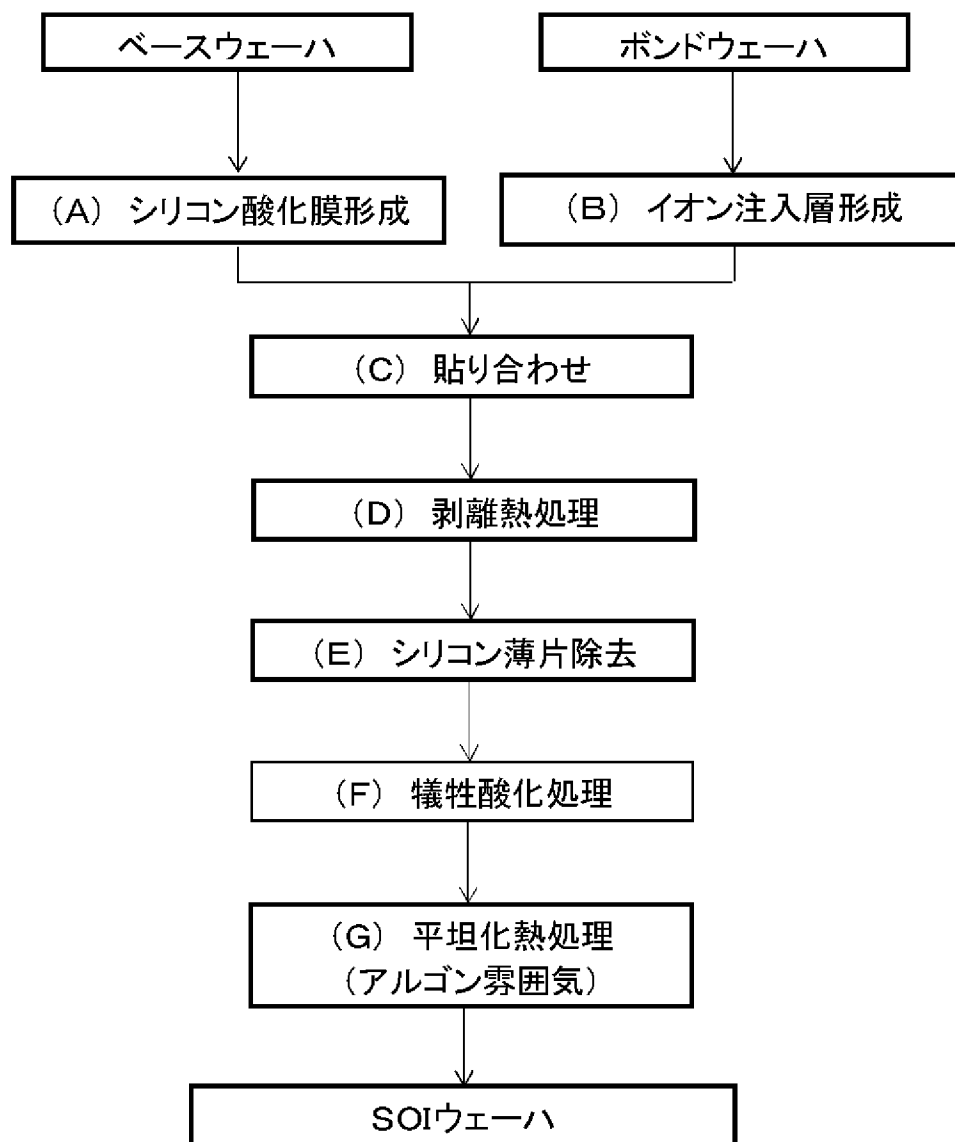
前記剥離熱処理後に、他の熱処理を挟まずに、前記SOIウェーハのテラス部のシリコン酸化膜上に存在するシリコン薄片を除去する処理を行った後に、前記アルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行うことを特徴とするSOIウェーハの製造方法。

[請求項2] 前記シリコン薄片を除去する処理として、HFを含有する水溶液を用い、前記テラス部のシリコン酸化膜を減厚するエッチングを行うことで前記シリコン薄片を除去することを特徴とする請求項1に記載のSOIウェーハの製造方法。

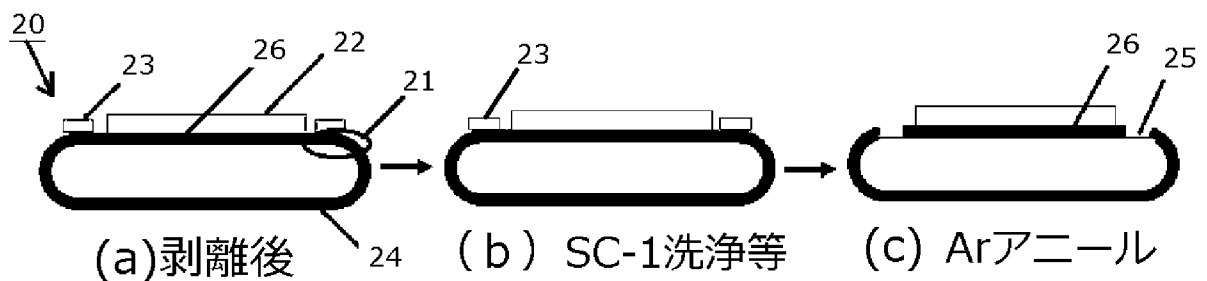
[請求項3] 前記シリコン薄片を除去する処理として、物理的作用で洗浄を行うことを特徴とする請求項1に記載のSOIウェーハの製造方法。

[請求項4] 前記シリコン薄片を除去する処理を行った後、前記アルゴンガス含有雰囲気中で平坦化熱処理を行う前に、前記SOIウェーハのSOI層に犠牲酸化処理を行うことを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のSOIウェーハの製造方法。

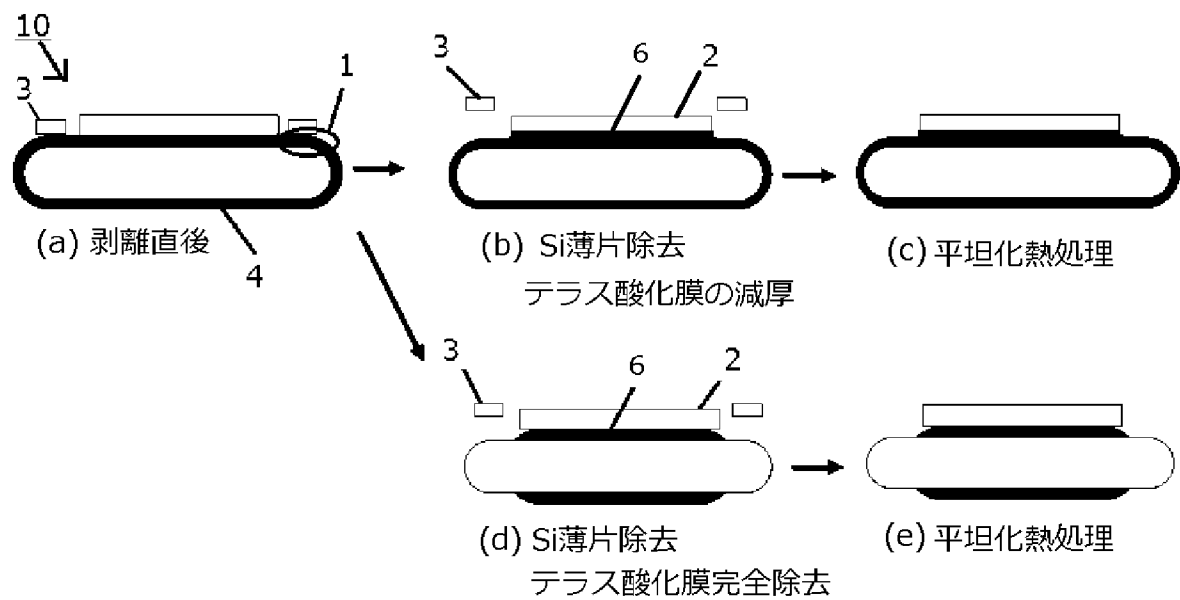
[図1]



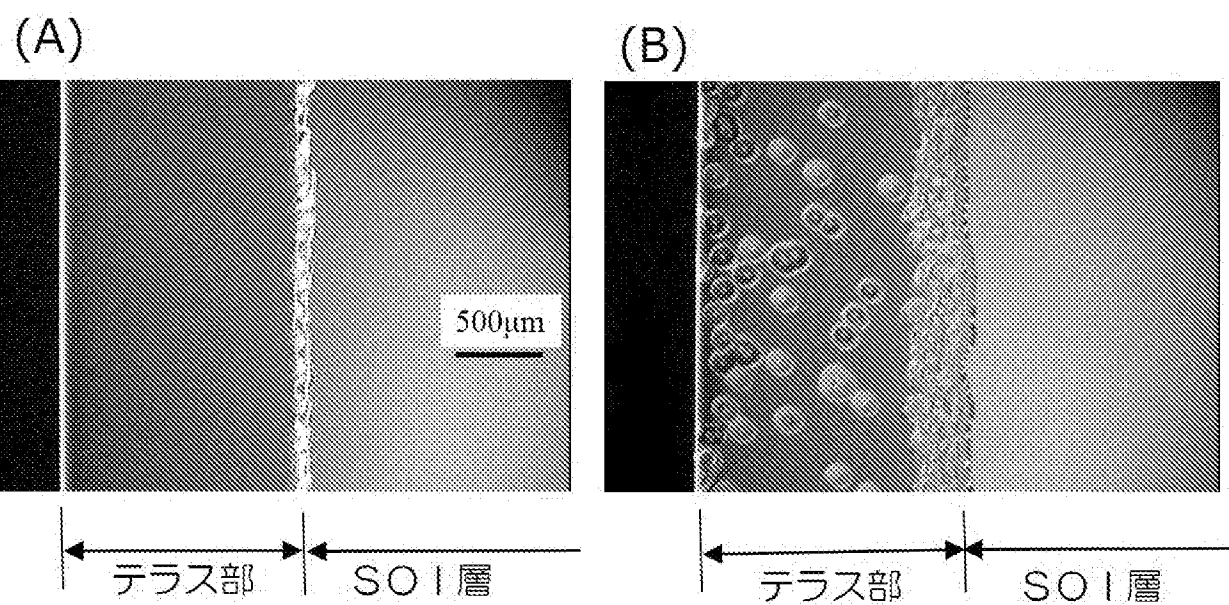
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001235

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/02(2006.01) i, H01L27/12(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)

H01L21/02, H01L27/12

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-027124 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 05 February 2009 (05.02.2009), paragraphs [0042], [0053] to [0059]; fig. 2 & US 2010/0129993 A1 paragraphs [0062], [0078] to [0090]; fig. 2 & WO 2008/155876 A1 & EP 2159826 A1 & CN 101689478 A & KR 10-2010-0022479 A	1-4
Y	JP 2013-084663 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 09 May 2013 (09.05.2013), paragraph [0029] (Family: none)	1-4

☒ 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
06 June 2016 (06.06.16)

Date of mailing of the international search report
14 June 2016 (14.06.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001235

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-028070 A (SUMCO Corp.), 07 February 2008 (07.02.2008), & US 2008/0020514 A1 & EP 1881528 A1 & CN 101118845 A	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/02(2006.01)i, H01L27/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/02, H01L27/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-027124 A（信越半導体株式会社）2009.02.05, [0042],[0053]-[0059],第2図 & US 2010/0129993 A1,[0062],[0078]-[0090],Fig2 & WO 2008/155876 A1 & EP 2159826 A1 & CN 101689478 A & KR 10-2010-0022479 A	1-4
Y	JP 2013-084663 A（信越半導体株式会社）2013.05.09,[0029]（フ ァミリーなし）	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

06.06.2016

国際調査報告の発送日

14.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

右田 勝則

50

9173

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-028070 A (株式会社 S U M C O) 2008.02.07, & US 2008/0020514 A1 & EP 1881528 A1 & CN 101118845 A	1 - 4