

(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
2012 年 12 月 6 日(06.12.2012)

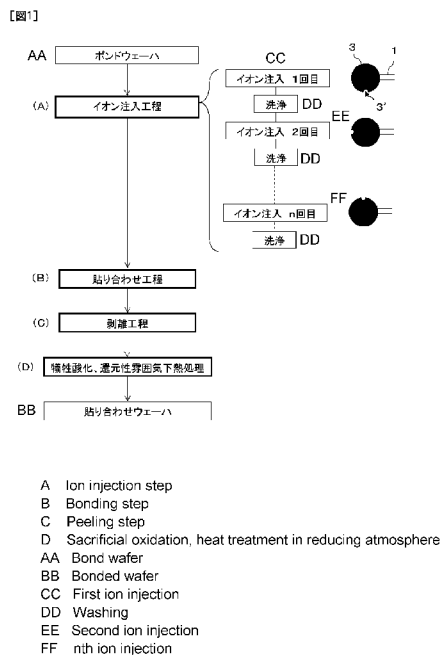


(10) 国際公開番号
WO 2012/164822 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/02 (2006.01) H01L 27/12 (2006.01)
H01L 21/265 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/002835
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 25 日(25.04.2012)
- (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 2011-120340 2011 年 5 月 30 日(30.05.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 6 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 阿賀 浩司 (AGA, Hiroji) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部 2 丁目 1 3 番 1 号信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP). 横川 功(YOKOKAWA, Isao) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部 2 丁目 1 3 番 1 号信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP). 能登 宣彦 (NOTO, Nobuhiko) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部 2 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 (YOSHIMIYA, Mikio); 〒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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING BONDED WAFER, AND BONDED SOI WAFER

(54) 発明の名称: 貼り合わせウェーハの製造方法及び貼り合わせ S O I ウェーハ



(57) Abstract: The present invention is a method for manufacturing a bonded wafer having: an ion injection step in which a batch-type ion injection machine is used; a bonding step for bonding the ion-injected surface of a bond wafer and the surface of a base wafer directly or with an insulating film interposed therebetween; and a peeling step for peeling the bond wafer at the ion injection layer, whereby a bonded wafer having a thin film is formed on the base wafer, the method for manufacturing a bonded wafer being characterized in that: ions are injected into the bond wafer in the ion injection step in a plurality of cycles; and after each cycle of ion injection, the bond wafer is turned by a predetermined rotation angle, and the next cycle of ion injection is performed at the turned position. A method for manufacturing a bonded wafer is thereby provided in which it is possible to mass-produce bonded wafers in which thin films on the base wafer, particularly the SOI film, have improved film thickness uniformity.

(57) 要約: 本発明は、バッチ式イオン注入機を使用したイオン注入工程と、ボンドウエ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直接あるいは絶縁膜を介して貼り合わせる貼り合わせ工程と、イオン注入層でボンドウエーハを剥離させることにより、ベースウェーハ上に薄膜を有する貼り合わせウェーハを作製する剥離工程を有する貼り合わせウェーハの製造方法において、イオン注入工程におけるボンドウエーハへのイオン注入を複数回に分けて行うものとし、各回のイオン注入後に、ボンドウエーハを所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行うことを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法である。これにより、ベースウェーハ上の薄膜、特に S O I 層の膜厚均一性が向上された貼り合わせウェーハを量産レベルで製造することができ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：

貼り合わせウェーハの製造方法及び貼り合わせＳＯＩウェーハ

技術分野

[0001] 本発明は、イオン注入剥離法を用いた貼り合わせウェーハの製造方法に関し、特に、水素イオン等を注入したシリコン単結晶ウェーハを支持基板となるベースウェーハと貼り合わせた後に剥離して貼り合わせウェーハを製造する方法に関する。

背景技術

[0002] 最近、貼り合わせウェーハの製造方法として、イオン注入したボンドウェーハを貼り合わせ後に剥離して貼り合わせ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）が新たに注目され始めている。このイオン注入剥離法は、二枚のウェーハの内、少なくとも一方に酸化膜を形成すると共に、一方のウェーハ（ボンドウェーハ）の上面から水素イオンや希ガスイオン等のガスイオンを注入し、該ウェーハ内部に微小気泡層（封入層）を形成させた後、該イオンを注入した方の面を直接あるいは酸化膜（絶縁膜）を介して他方のウェーハ（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）を薄膜状に剥離し、さらに熱処理（結合熱処理）を加えて強固に結合してベースウェーハ上に薄膜を有する貼り合わせウェーハを作製する技術（特許文献１参照）である。この方法では、劈開面（剥離面）は良好な鏡面であり、薄膜、特にＳＯＩ層の膜厚の均一性もある程度高いＳＯＩウェーハが容易に得られている。

[0003] しかし、イオン注入剥離法により貼り合わせウェーハを作製する場合においては、剥離後の貼り合わせウェーハ表面に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製品レベルのシリコンウェーハの鏡面に比べて大きなものとなる。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、表面粗さを除去することが必要になる。

[0004] 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代の極めて少ない鏡面研磨（取り代：100nm程度）が行われていた。

ところが、ベースウェーハ上の薄膜に機械加工的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、剥離によってある程度達成された薄膜の膜厚均一性が悪化してしまうという問題が生じる。

[0005] 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。さらに、特許文献3では、剥離熱処理後（又は結合熱処理後）に、酸化性雰囲気下の熱処理によりSOI層に酸化膜を形成した後に該酸化膜を除去し、次に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。

[0006] また、特許文献4では、剥離後のSOIウェーハに、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での平坦化熱処理の後に犠牲酸化処理を行うことにより、剥離面の平坦化とOSFの回避を同時に達成している。

このように、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たことによって、現在では、直径300mmでSOI層の膜厚レンジ（面内の最大膜厚値から最小膜厚値を引いた値）が3nm以内の膜厚均一性を有するSOIウェーハが、イオン注入剥離法によって量産レベルで得られている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 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2000－124092号公報
特許文献4：WO2003／009386

発明の概要

[0008] 近年の携帯型端末の普及に伴い、半導体デバイスの低消費電力化、微細化、高機能化が必要となっており、デザインルールで22nm世代以降の有力な候補として、SOIウェーハを用いた完全空乏型のデバイス開発が行われている。この完全空乏型デバイスでは、SOI層の膜厚がデバイスの閾値電圧に影響することから、SOI層の面内膜厚分布として面内膜厚レンジ1nm以下の均一性が求められている。

[0009] また、近年、通常はベースウェーハとの絶縁に用いるBOX層（埋め込み酸化膜層）にバイアスを掛けることで、デバイスの閾値電圧を制御することが提案されており、この場合にはBOX層膜厚を薄くしたThin BOX型の薄膜SOIウェーハを作製する必要がある。

本発明者らは、Thin BOX型の薄膜SOIウェーハを試作し、SOI層の面内膜厚レンジの工程内推移を調査した結果、剥離直後で既に、面内膜厚レンジが1nmを超えていることが判った。また、剥離直後の面内膜厚レンジの発生原因を調査した結果、イオン注入時の注入深さの面内分布が、剥離後の膜厚面内レンジに強く影響していることが判った。

[0010] このように、イオン注入剥離法を用いた貼り合わせウェーハの製造方法において、イオン注入の深さ（飛程）分布はそのまま剥離後の薄膜の膜厚分布に反映されるが、イオン注入の深さ分布が生じる要因については、コーンアングル（cone angle）効果が知られている。

[0011] ここで、バッチ式のイオン注入機は、図2に示されるように、回転体1と回転体1に設けられ基板3を配置する複数のウェーハ保持具2とを備えている。そして、基板3を保持する為に、ウェーハ保持具2は回転体1の回転面

より若干内側に傾けてある。

これにより回転体 1 が回転している際、遠心力により基板 3 をウェーハ保持具 2 に押し付ける力が働き、ウェーハ保持具 2 は基板 3 を保持するようになっている。ただし、このように回転体 1 の回転面と基板 3 の表面が平行でない場合、イオンビームを基板 3 に対して一定角度で注入しようとしても、基板中心部とビームスキャン方向の基板両端部では回転体の回転に応じて注入角度にごくわずかなズレが生じ、これによりイオン注入深さが基板中央部では深く、スキャン方向の基板両端部では浅くなる（図 3）。これをコーンアングル効果と呼んでいる。この為、イオン注入剥離法におけるイオン注入においては、図 3 で示されるように、基板 3 とイオンビームの設定角度は、基板表面とイオンビームとの角度が垂直になる注入角 0 度（ $\alpha = 0^\circ$ ）に設定することで、スキャン方向の基板両端部で注入角度が同程度ずれる様にして、注入の深さの面内分布が比較的均一になるようにしている。

[0012] ただし、バッチ式のイオン注入機を用いた場合、注入角を 0 度に設定した場合であっても、イオン注入の面内深さ分布のバラツキが発生する 2 つ目の要因が考えられる。

2 つ目の膜厚分布発生要因は、Thin BOX 型の SOI ウェーハや酸化膜を介さない直接接合ウェーハの作製においてチャネリングが発生することである。酸化膜を介さない直接接合ウェーハや、100nm 以下の BOX 層（シリコン酸化膜層）膜厚を有する Thin BOX 型の SOI ウェーハの作製においては、酸化膜による散乱の効果が弱くなり注入角度 0 度設定のイオン注入ではチャネリングが発生する。バッチ式イオン注入機の場合、基板中央部では結晶面とイオンビームの角度が垂直になる為、チャネリングの効果が大きくなりイオン注入深さは深くなる。一方、スキャン方向の基板両端ではコーンアングルにより注入角が生じる為、チャネリングの影響は相対的に弱くなりイオン注入深さが浅くなる（図 6 参照）。この様に、Thin BOX 型の SOI ウェーハや酸化膜を介さない直接接合ウェーハの作製においては、特にコーンアングルの効果がチャネリングによって強調される。

[0013] チャネリングを防止する為には、結晶面に対して注入角を傾けて注入する方法が一般に知られているが、注入角を傾けるとコーンアングルの効果がスキャン方向の基板両端部間で異なる事により、面内の深さ分布が大きくなる。また、ウェーハ自体の結晶軸方位を傾けたウェーハ（オフアングル付きウェーハ）を用いてチャネリングを防止する方法が知られているが、注入角を傾ける方法と同様に、スキャン方向の両端部間で注入角度が異なる為に、面内の深さ分布は大きくなる。

[0014] 本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであって、ベースウェーハ上の薄膜、特にS O I層の膜厚均一性が向上された貼り合わせウェーハを量産レベルで製造することができる貼り合わせ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

[0015] 上記課題を解決するため、本発明では、回転体と該回転体に設けられ基板を配置する複数のウェーハ保持具とを備え、該ウェーハ保持具に配置され公転している複数の基板にイオン注入するバッチ式イオン注入機を使用し、ボンドウエーハの表面から水素イオン、希ガスイオンの少なくとも一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するイオン注入工程と、前記ボンドウエ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直接あるいは絶縁膜を介して貼り合わせる貼り合わせ工程と、前記イオン注入層でボンドウエーハを剥離させることにより、前記ベースウェーハ上に薄膜を有する貼り合わせウェーハを作製する剥離工程を有する貼り合わせウェーハの製造方法において、

前記イオン注入工程におけるボンドウエーハへのイオン注入を複数回に分けて行うものとし、各回のイオン注入後に、前記ウェーハ保持具に配置されたボンドウエーハを所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行うことを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法を提供する。

[0016] 本発明の貼り合わせウェーハの製造方法によれば、バッチ式イオン注入機

を使用したイオン注入工程におけるボンドウエーハへのイオン注入を、複数回に分けて行うものとし、各回のイオン注入後に、ウェーハ保持具に配置されたボンドウエーハを所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行うことで、各回のイオン注入毎に異なる向きでボンドウエーハをウェーハ保持具に仕込むことができ、重複した配置位置でのイオン注入を避けることによって、イオン注入深さ分布のバラツキを改善し、最終的に薄膜の膜厚均一性が飛躍的に向上された貼り合わせウェーハを量産レベルで製造することができる。

[0017] またこのとき、前記イオン注入を2回に分けて行うものとし、1回目のイオン注入後に、前記ボンドウエーハを90度又は180度自転させ、自転させた配置位置で2回目のイオン注入を行うことが好ましい。

[0018] このようにしてイオン注入を行うことによって、イオン注入深さ分布のバラツキを低減できるとともに、イオン注入深さ分布がボンドウエーハ中央部では相対的に深く、ボンドウエーハ外周部は全周で浅くなり、同心円状の分布に近くなるため、その後の貼り合わせウェーハの製造工程に含まれる酸化や研磨による薄膜化工程によって、膜厚分布を容易に修正することができるために好ましい。

また、1回目のイオン注入後に、ボンドウエーハを180度自転させ、自転させた配置位置で2回目のイオン注入を行うことによって、使用するボンドウエーハの結晶軸方位が加工精度の影響等でずれている場合であっても、結晶軸のずれの影響を相殺することができ、最終的に薄膜の膜厚均一性が飛躍的に向上された貼り合わせウェーハを量産レベルで製造することができる。

[0019] またこのとき、前記イオン注入を4回に分けて行うものとし、2回目以降のイオン注入を、1回目のイオン注入に対して90、180及び270度のいずれかの回転角度だけ自転させた配置位置で行うことが好ましい。

[0020] このように、イオン注入を4回に分けて行うことによって、2回に分けて行う場合よりも、一層バラツキを低減でき、イオン注入深さ分布が更に同心

円状の分布に近くなるため、酸化等の処理による膜厚分布の修正は更に容易なものとなる。

[0021] またこのとき、前記ボンドウェーハの表面の結晶面と前記イオン注入方向との角度を垂直に設定して、前記各回のイオン注入を行うことが好ましい。

[0022] このように、ボンドウェーハの表面の結晶面とイオン注入方向との角度を垂直にする、即ち、イオン注入角度を0度に設定することによって、剥離後の薄膜の膜厚分布のバラツキを更に抑制することができるため、好ましい。

[0023] また、前記ボンドウェーハとしてシリコン単結晶ウェーハを用い、前記絶縁膜を100nm以下のシリコン酸化膜とすることが好ましい。

[0024] 本発明では、従来良好な膜厚均一性を得ることが困難であった100nm以下のシリコン酸化膜を有するThin BOX型の薄膜SOIウェーハを製造する場合であっても、面内膜厚レンジが1nm以下の極めて良好な膜厚均一性を有する薄膜SOIウェーハを製造することができる。

[0025] また、前記ベースウェーハ上の薄膜に犠牲酸化処理を行い、該犠牲酸化により形成される酸化膜厚分布が同心円状で、かつ、外周側の酸化膜厚が薄くなる酸化炉を用いて、前記薄膜に犠牲酸化処理を行うことにより前記薄膜の膜厚調整を行うことが好ましい。

[0026] 前記剥離工程後のベースウェーハ上の薄膜に対し、形成される酸化膜厚分布が同心円状で、かつ、外周側の酸化膜厚が薄くなる酸化炉を用いて犠牲酸化処理を行うことによって、一層薄膜の膜厚調整が可能であり、剥離直後よりも更に膜厚レンジが改善された貼り合わせウェーハを得ることができる。

[0027] 100nm以下のシリコン酸化膜を有するThin BOX型の薄膜SOIウェーハは、従来良好な膜厚均一性を得ることが困難であった。しかし、本発明の貼り合わせウェーハの製造方法を用いることにより、ベースウェーハの表面に、埋め込み酸化膜層とSOI層が順次形成された貼り合わせSOIウェーハであって、前記埋め込み酸化膜層の膜厚が100nm以下であり、前記SOI層の面内膜厚レンジが1nm以下であることを特徴とする貼り合わせSOIウェーハが提供される。

発明の効果

[0028] 以上説明したように、本発明の貼り合わせウェーハの製造方法によれば、イオン注入深さ分布のバラツキを改善することができ、最終的に膜厚均一性が飛躍的に向上した貼り合わせウェーハを量産レベルで製造することができるため、このような貼り合わせウェーハを用いたデバイスの閾値電圧を安定化でき、デバイス歩留りが向上する。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の貼り合わせ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。

[図2]本発明の貼り合わせウェーハの製造方法で使用するバッチ式イオン注入装置の概略図を示す。

[図3]コーンアングル効果を説明する説明図である。

[図4]実施例1における剥離直後のS O I層膜厚分布である。

[図5]実施例2における剥離直後のS O I層膜厚分布である。

[図6]比較例における剥離直後のS O I層膜厚分布である。

発明を実施するための形態

[0030] 本発明者らは、イオン注入工程におけるボンドウェーハへのイオン注入を複数回に分けて行うものとし、各回のイオン注入後にボンドウェーハを所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行うことで、重複した配置位置でのイオン注入を避けることによって、コーンアングル効果に起因するベースウェーハ上の薄膜、特にS O I膜厚分布のバラツキを抑制できることを見出し、本発明を完成させた。以下、本発明について更に詳述する。

[0031] 図1に本発明の貼り合わせ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。

本発明は、回転体と該回転体に設けられ基板を配置する複数のウェーハ保持具とを備え、該ウェーハ保持具に配置され公転している複数の基板にイオ

ン注入するバッチ式イオン注入機を使用し、ボンドウエーハの表面から水素イオン、希ガスイオンの少なくとも一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するイオン注入工程（図１（Ａ））と、前記ボンドウエ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直接あるいは絶縁膜を介して貼り合わせる貼り合わせ工程（図１（Ｂ））と、前記イオン注入層でボンドウエーハを剥離させることにより、前記ベースウェーハ上に薄膜を有する貼り合わせウェーハを作製する剥離工程（図１（Ｃ））を有する貼り合わせウェーハの製造方法において、

前記イオン注入工程におけるボンドウエーハへのイオン注入を複数回に分けて行うものとし、各回のイオン注入後に、前記ウェーハ保持具に配置されたボンドウエーハを所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行うことを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法である。

[0032] まず、図１（Ａ）のように、ボンドウエーハの表面から水素イオン、希ガスイオンの少なくとも一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する。尚、本発明においては、水素分子イオンも「水素イオン」に含まれるものとする。

ここで、イオン注入を行うボンドウエーハとしては、目的に応じて任意に選択することができ、特に限定されるものではないが、例えば、シリコン単結晶ウェーハを用いれば、膜厚が極めて均一なＳＯＩ層を有するＳＯＩウェーハを製造することができる。

また、イオン注入前のボンドウエーハの表面に予め絶縁膜を形成するのが好ましい。上記の様に、従来のThin BOX型の薄膜ＳＯＩウェーハの製造においては、コーンアングルの効果がチャネリングによって強調されるが、本発明においては、ボンドウエーハをコーンアングル効果が顕著に現れる直径３００ｍｍ以上のシリコン単結晶ウェーハとし、絶縁膜を１００ｎｍ以下、あるいは５０ｎｍ以下のシリコン酸化膜としても、膜厚均一性に優れたThin BOX型の薄膜ＳＯＩウェーハを製造することができる。

[0033] 本発明の貼り合わせウェーハの製造方法におけるイオン注入は、図2に概略図を示すバッチ式イオン注入機を使用する。バッチ式イオン注入機10は、回転体1と該回転体1に設けられ基板3を配置する複数のウェーハ保持具2とを備え、該ウェーハ保持具2に配置され公転している複数の基板3にイオン注入するものである。

[0034] 本発明の貼り合わせウェーハの製造方法では、図1(A)に示すように、イオン注入工程におけるボンドウエーハ3へのイオン注入を複数回に分けて行うものとし、かつ、各回のイオン注入後に、ウェーハ保持具2に配置されたボンドウエーハ3を所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行う。尚、図1(A)には、イオン注入を n 回($n \geq 2$)に分けて行う一例を示しており、1回目のイオン注入後に、ボンドウエーハ3を 90° 自転(ノッチ3'位置が 90° 移動)させ、この自転させた配置位置で2回目のイオン注入を行う場合を示している。

[0035] イオン注入を1回のみで行う場合、コーンアングル効果によりウェーハ中央部と注入イオンビームのスキャン方向のウェーハ両端部との間で生じるイオン注入深さ分布の為、2回対称のイオン注入深さ分布になる。

本発明のように、例えばイオン注入を2回に分けて行うものとし、各イオン注入間でウェーハを 90 度回転させれば、イオン注入深さはボンドウエーハ中央部では相対的に深く、ボンドウエーハ外周部は全周で浅くなり、均一な分布となって同心円の分布に近くなる。一方、酸化や研磨による薄膜化工程は、ウェーハを回転させながら処理する為、酸化膜厚分布や研磨取り代分布は同心円の分布となる。この為、イオン注入に起因する膜厚分布のバラツキが改善され、同心円状の分布になれば、貼り合わせウェーハ製造工程の中で行われる酸化等の処理により膜厚分布を修正しやすいため、最終的に得られる薄膜の膜厚分布を改善することができる。

[0036] また、2回に分けて行う場合に限らず、4回に分けてイオン注入し、2回目以降のイオン注入を、1回目のイオン注入に対して 90 、 180 及び 270 度のいずれかの回転角度だけ自転させた配置位置で行うことにより、2回

注入の場合よりも更に同心円の分布が整う。この為、酸化等の処理による膜厚分布の修正は更に容易なものとなる。

[0037] 使用するボンドウエーハの結晶軸方位が加工精度の影響等でわずかにずれている場合、ウェーハ表面に対し注入角度を0度設定で注入しても、実際には結晶軸とイオンビームに角度が生じる。このため、スキャン方向の2回対称分布が崩れてしまうため、2回分割注入では、同心円の深さ分布が得られないことが有る。この場合、2回分割注入のウェーハ向きを180度に設定すれば、結晶軸のずれは相殺できるため同心円の分布になり、最終的に薄膜の膜厚均一性が向上された貼り合わせウェーハを量産レベルで製造することができる。

[0038] またこの場合、結晶軸のずれを相殺する角度をイオンビームの注入角に設定することで、更に結晶軸のずれの影響を抑制可能である。即ち、ボンドウエーハの表面の結晶面とイオン注入方向との角度を垂直にすること（結晶面に対するイオン注入角度を0度に設定すること）によって、剥離工程後の薄膜の膜厚分布のバラツキを更に抑制することができるため、好ましい。

[0039] また、図1（A）に示すように、各回のイオン注入後に、ボンドウエーハの洗浄を行うことが好ましい。このように、イオン注入間にボンドウエーハの洗浄工程を行えば、イオン注入面に付着したパーティクルが除去されるので、イオン注入の障害を排除することができる。

[0040] 次いで、図1（B）に示すように、ボンドウエ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直接あるいは絶縁膜を介して貼り合わせる。

ベースウェーハとしては、シリコン単結晶ウェーハを用いることができるが、特に限定されない。通常は、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の表面同士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。

[0041] 次いで、図1（C）に示すように、イオン注入層でボンドウエーハを剥離させることにより、前記ベースウェーハ上に薄膜を有する貼り合わせウェーハを作製する。

例えば、不活性ガス雰囲気下約500℃以上の温度で熱処理を加えれば、イオン注入層でボンドウェーハを剥離させることができる。また、常温での貼り合わせ面に予めプラズマ処理を施すことによって、熱処理を加えずに（あるいは剥離しない程度の熱処理を加えた後）、外力を加えて剥離することもできる。

[0042] このような剥離工程（図1（C））直後の薄膜は、300mmや450mmの大直径であり、絶縁膜が100nm以下のThin BOX型であっても、膜厚レンジが1nm以下といった膜厚分布が改善されたものであり、特に、膜厚分布が同心円状に近くなり、その後の酸化や研磨による薄膜化によって膜厚分布の修正が容易になる。

[0043] また、その後は図1（D）のように、結合強度向上、薄膜の膜厚調整、及び、薄膜表面の平坦化のため、犠牲酸化処理（熱酸化＋酸化膜除去）と還元性雰囲気または不活性ガス雰囲気にて熱処理を行い、貼り合わせウェーハを製造することが好ましい。これらの処理条件は、従来から一般に行われているいずれの条件も採用し得る。

尚、酸化処理を行う酸化炉は、犠牲酸化により形成される酸化膜厚分布が同心円状で、かつ、外周側の酸化膜厚が薄くなる酸化炉を用いることによって、剥離直後よりも更に膜厚レンジが改善され、膜厚均一性に優れた貼り合わせウェーハを製造することができる。このような酸化炉としては、ウェーハの中心を軸にウェーハを回転させながら酸化を行うタイプの酸化炉を用いることが好ましい。

[0044] 尚、剥離工程後の各工程（犠牲酸化処理、還元性雰囲気熱処理等）において、薄膜の取代分布が同心円形状からずれている場合には、最終的な薄膜の膜厚分布が向上する様に、各イオン注入時の注入角度を微調整することもできる。

実施例

[0045] 以下に本発明の実施例及び比較例を挙げて、本発明をより詳細に説明する

が、これらは本発明を限定するものではない。

[0046] (実施例1)

直径300mm、結晶方位<100>のシリコン単結晶からなるボンドウエーハ（表面の結晶面は（100）ジャストであり、角度ズレなし）にBOX層（埋め込み酸化膜層）となる熱酸化膜を25nm形成後、図2のようなバッチ式イオン注入機を使用して水素イオン注入を行った。

水素イオン注入は2回に分けて行い、1回目のイオン注入としてH⁺、30keV、 $2.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度0度の条件でイオン注入を、2回目のイオン注入としてH⁺、30keV、 $2.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度90度の条件でイオン注入を行った。

尚、ノッチオリエンテーション角度とは、ボンドウエーハをイオン注入装置のウェーハ保持具に設置する際、ウェーハのノッチ位置を標準位置（0度）から時計回りに回転させた角度である。

[0047] 水素イオン注入後、シリコン単結晶からなるベースウェーハと貼り合わせ、500℃、30分の窒素雰囲気熱処理により、水素イオン注入層で剥離した。その後、表1に示した条件で結合強度向上、SOI層の膜厚調整、及び、SOI層表面の平坦化のため、犠牲酸化処理（熱酸化+酸化膜除去）と還元性雰囲気にて熱処理を行い、薄膜のSOIウェーハを製造した。

[0048] 尚、酸化処理を行った縦型熱酸化炉は、ウェーハを保持するウェーハポートを回転させながら酸化処理を行うタイプであり、形成される熱酸化膜厚の面内分布は極めて良好であり、その分布形状は、同心円状でウェーハ外周側の酸化膜厚が薄くなる傾向がある。

製造されたSOI層の膜厚レンジの測定は、ADE社製Accumapを用い、剥離直後と、犠牲酸化処理及び還元性雰囲気熱処理終了後（薄膜化後）の2回測定した。

製造されたSOIウェーハの製造条件とSOI層の膜厚レンジ（剥離直後、薄膜化後）の測定結果を表1に記載した。また、剥離直後のSOI膜厚分

布を図4に示す。

尚、SOI層の膜厚レンジは、エリプソや反射分光法を用いた他の測定装置（例えば、KLA-Tencor社製ASETF5x）でも同様の結果が得られている。

[0049]（実施例2）

イオン注入工程以外は、実施例1と同様の方法でSOIウェーハを製造した。

水素イオン注入は4回に分けて行い、1回目のイオン注入として H^+ 、30 keV、 $1.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度0度の条件でイオン注入を、2回目のイオン注入として H^+ 、30 keV、 $1.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度90度、3回目のイオン注入として H^+ 、30 keV、 $1.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度180度の注入を、4回目の注入として H^+ 、30 keV、 $1.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度270度の条件で注入を行った。製造されたSOIウェーハの製造条件とSOI層の膜厚レンジ（剥離直後、薄膜化後）の測定結果を表1に記載した。また、剥離直後のSOI膜厚分布を図5に示す。

[0050]（比較例）

イオン注入工程以外は、実施例1と同様の方法でSOIウェーハを製造した。

水素イオン注入は1回で行い、イオン注入として H^+ 、30 keV、 $5.2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、注入角度0度、ノッチオリエンテーション角度0度の条件でイオン注入を行った。製造されたSOIウェーハの製造条件とSOI層の膜厚レンジ（剥離直後、薄膜化後）の測定結果を表1に記載した。また、剥離直後のSOI膜厚分布を図6に示す。

[0051]

[表1]

	実施例 1	実施例 2	比較例
ボンドウェーハ	直径 300mm、〈100〉、表面酸化膜 25nm		
ベースウェーハ	直径 300mm、〈100〉、表面酸化膜なし		
イオン注入	2 回	4 回	1 回
1 回目イオン注入条件	H ⁺ , 30keV, 2.6e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 0 度	H ⁺ , 30keV, 1.3e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 0 度	H ⁺ , 30keV, 5.2e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 0 度
2 回目イオン注入条件	H ⁺ , 30keV, 2.6e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 90 度	H ⁺ , 30keV, 1.3e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 90 度	無し
3 回目イオン注入条件	無し	H ⁺ , 30keV, 1.3e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 180 度	無し
4 回目イオン注入条件	無し	H ⁺ , 30keV, 1.3e16cm ⁻² , 注入角度 0 度, ノッチオリエンテーション角度 270 度	無し
剥離熱処理	500℃、30 分、窒素雰囲気		
剥離直後の S O I 膜厚	330nm	330nm	330nm
剥離直後の S O I 膜厚分布	レンジ：0.9nm (図 4)	レンジ：0.8nm (図 5)	レンジ：1.2nm (図 6)
酸化条件 (ボート回転有り)	950℃、パイロ酸化, 酸化膜厚 720nm	950℃、パイロ酸化, 酸化膜厚 720nm	950℃、パイロ酸化, 酸化膜厚 720nm
還元性熱処理	H ₂ , 1200℃, 1hr	H ₂ , 1200℃, 1hr	H ₂ , 1200℃, 1hr
薄膜化後の S O I 膜厚	12nm	12nm	12nm
薄膜化後の S O I 膜厚分布	レンジ：0.6nm	レンジ：0.5nm	レンジ：1.2nm

表 1 に記載した通り、剥離直後の S O I 層の膜厚レンジは、実施例 1、2 では共に目標である 1 nm より小さい値が得られた。更に、その分布形状は、同心円状に近い形状が得られていた。一方、比較例の場合、剥離直後の S O I 層の膜厚レンジは 1 nm をオーバーしており、その分布形状は 2 回対称形状であった。

また、実施例 1、2 の犠牲酸化処理及び還元性雰囲気熱処理終了後の膜厚レンジは、剥離直後に比べて更に改善された。これは、形成される酸化膜厚分布が同心円状でウェーハ外周側の酸化膜厚が薄くなる酸化炉を用いて犠牲酸化を行ったことによる効果と思われる。

上記の通り、実施例 1、2 において製造された貼り合わせ S O I ウェーハは、直径 300 mm で B O X 層が 25 nm の T h i n B O X 型であるにもかかわらず、S O I 層の面内膜厚レンジは剥離直後に 1 nm 以下であり、更

に、結合強度向上、S O I 層の膜厚調整、S O I 層表面の平坦化の処理を経た後でも 1 n m 以下を維持しており、従来の製造方法では得られなかった極めて良好な面内膜厚レンジを有する貼り合わせ S O I ウェーハが得られた。

[0052] 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] 回転体と該回転体に設けられ基板を配置する複数のウェーハ保持具とを備え、該ウェーハ保持具に配置され公転している複数の基板にイオン注入するバッチ式イオン注入機を使用し、ボンドウェーハの表面から水素イオン、希ガスイオンの少なくとも一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するイオン注入工程と、前記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直接あるいは絶縁膜を介して貼り合わせる貼り合わせ工程と、前記イオン注入層でボンドウェーハを剥離させることにより、前記ベースウェーハ上に薄膜を有する貼り合わせウェーハを作製する剥離工程を有する貼り合わせウェーハの製造方法において、

前記イオン注入工程におけるボンドウェーハへのイオン注入を複数回に分けて行うものとし、各回のイオン注入後に、前記ウェーハ保持具に配置されたボンドウェーハを所定の回転角度だけ自転させ、自転させた配置位置で次のイオン注入を行うことを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法。

[請求項2] 前記イオン注入を2回に分けて行うものとし、1回目のイオン注入後に、前記ボンドウェーハを90度又は180度自転させ、自転させた配置位置で2回目のイオン注入を行うことを特徴とする請求項1に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

[請求項3] 前記イオン注入を4回に分けて行うものとし、2回目以降のイオン注入を、1回目のイオン注入に対して90、180及び270度のいずれかの回転角度だけ自転させた配置位置で行うことを特徴とする請求項1に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

[請求項4] 前記ボンドウェーハの表面の結晶面と前記イオン注入方向との角度

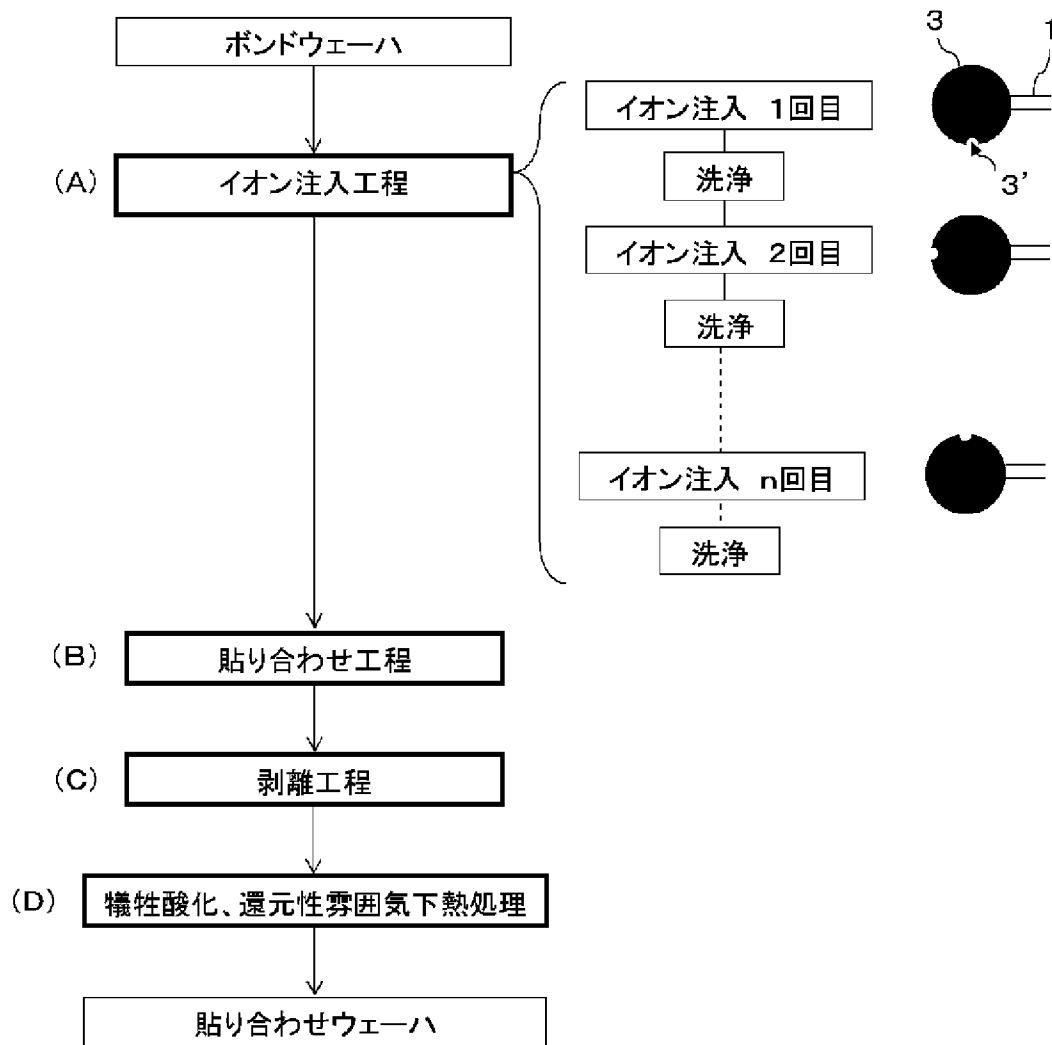
を垂直に設定して、前記各回のイオン注入を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

[請求項5] 前記ボンドウェーハをシリコン単結晶ウェーハとし、前記絶縁膜を 100 nm 以下のシリコン酸化膜とすることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

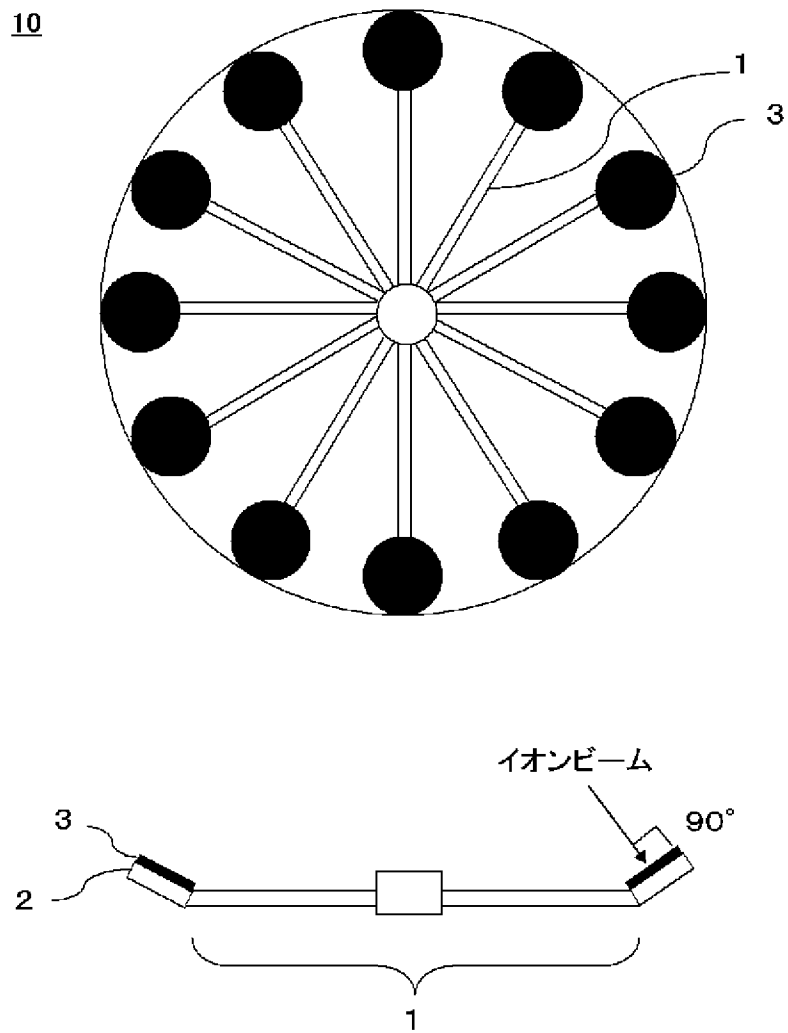
[請求項6] 前記ベースウェーハ上の薄膜に犠牲酸化処理を行い、該犠牲酸化により形成される酸化膜厚分布が同心円状で、かつ、外周側の酸化膜厚が薄くなる酸化炉を用いて、前記薄膜に犠牲酸化処理を行うことにより前記薄膜の膜厚調整を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

[請求項7] ベースウェーハの表面に、埋め込み酸化膜層と SOI 層が順次形成された貼り合わせ SOI ウェーハであって、前記埋め込み酸化膜層の膜厚が 100 nm 以下であり、前記 SOI 層の面内膜厚レンジが 1 nm 以下であることを特徴とする貼り合わせ SOI ウェーハ。

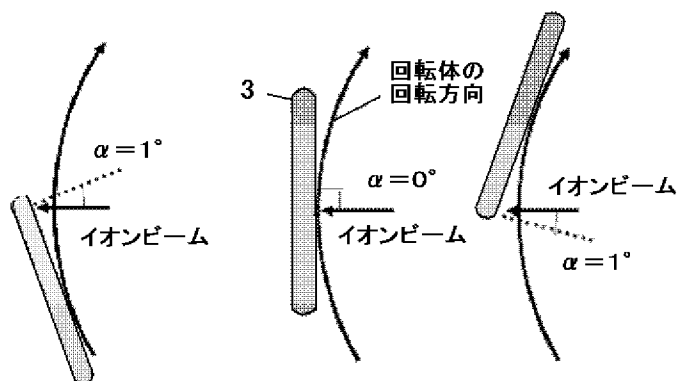
[図1]



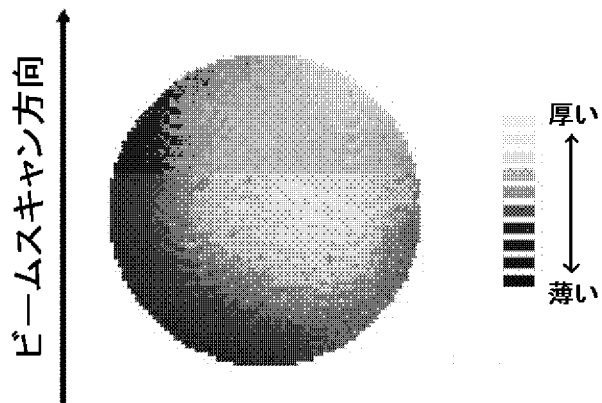
[図2]



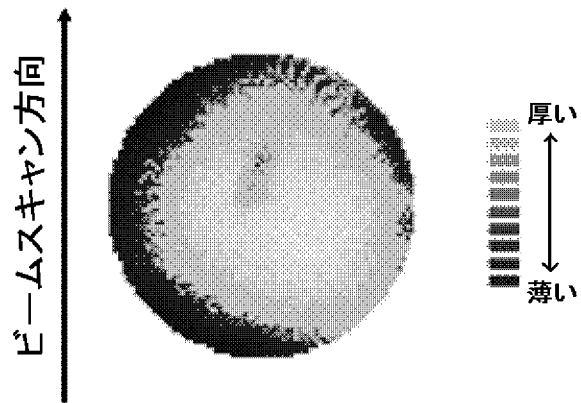
[図3]



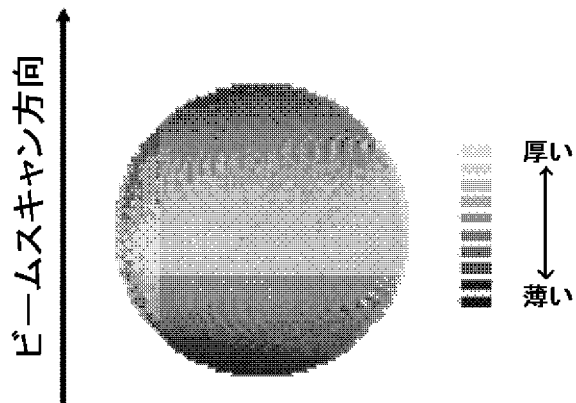
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002835

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/02(2006.01)i, H01L21/265(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, H01L21/265, 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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	WO 01/093334 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 06 December 2001 (06.12.2001), page 11, line 29 to page 12, line 13; fig. 1 & US 2003/0153162 A1 & EP 1302985 A1	1-6
Y	JP 2010-129839 A (SUMCO Corp.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraph [0041] (Family: none)	1-6
Y	JP 2006-324051 A (Nisshin Ion Equipment Co., Ltd.), 30 November 2006 (30.11.2006), paragraphs [0036] to [0052]; fig. 1 (Family: none)	1-6

☒ 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
19 June, 2012 (19.06.12)

Date of mailing of the international search report
26 June, 2012 (26.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002835

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2008-182192 A (SUMCO Corp.), 07 August 2008 (07.08.2008), paragraphs [0016], [0038] & US 2008/0213974 A1 & EP 1939927 A2 & KR 10-2008-0060152 A & CN 101241835 A	7 5-6
Y	JP 2007-242972 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), paragraphs [0024], [0032]; fig. 2 (Family: none)	6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/02 (2006.01)i, H01L21/265 (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 (I P C))

Int.Cl. H01L21/02, H01L21/265, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	WO 01/093334 A1 (信越半導体株式会社) 2001. 12. 06, 第 11 頁 29 行 - 12 頁 13 行, 図 1 & US 2003/0153162 A1 & EP 1302985 A1	1-6
Y	JP 2010-129839 A (株式会社 S U M C O) 2010. 06. 10, 段落 0041 (ファミリーなし)	1-6

☒ 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
「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
「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)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

加藤 俊哉

5 F

9 5 5 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

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
Y	JP 2006-324051 A (日新イオン機器株式会社) 2006. 11. 30, 段落 0036-0052, 図 1 (ファミリーなし)	1-6
X Y	JP 2008-182192 A (株式会社 S U M C O) 2008. 08. 07, 段落 0016, 0038 & US 2008/0213974 A1 & EP 1939927 A2 & KR 10-2008-0060152 A & CN 101241835 A	7 5-6
Y	JP 2007-242972 A (信越半導体株式会社) 2007. 09. 20, 段落 0024, 0032, 図 2 (ファミリーなし)	6