

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005年3月17日 (17.03.2005)

PCT

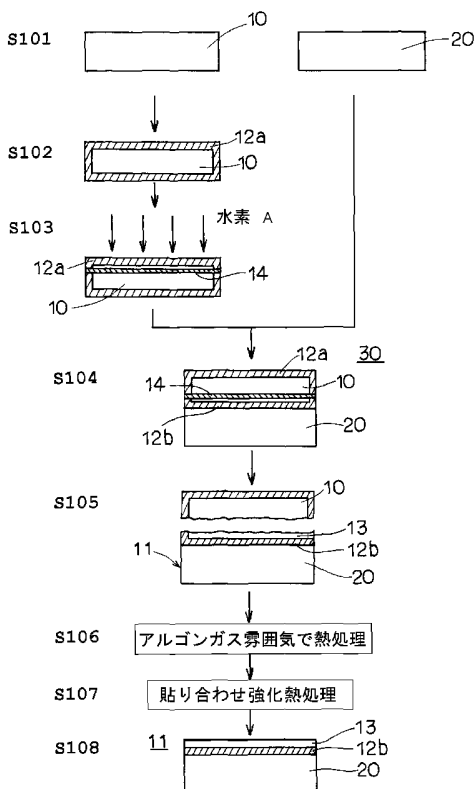
(10) 国際公開番号  
WO 2005/024925 A1

- (51) 国際特許分類7: **H01L 21/20, 21/324, 27/12**
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/012822
- (22) 国際出願日: 2004年9月3日 (03.09.2004)
- (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2003-314757 2003年9月5日 (05.09.2003) JP  
特願2003-314756 2003年9月5日 (05.09.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱住友シリコン株式会社 (SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森本 信之 (MORIMOTO, Nobuyuki) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 西畑 秀樹 (NISHIHATA, Hideki) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 安倍 逸郎 (ABE, Itsuro); 〒8020002 福岡県北九州市小倉北区京町三丁目14番8号ジブラルタ生命小倉京町ビル80A室 Fukuoka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING SOI WAFER

(54) 発明の名称: SOI ウェーハの作製方法



(57) Abstract: Hydrogen gas is ion-implanted into a silicon wafer for active layer via an insulating film, and this silicon wafer for active layer is bonded with a supporting wafer via the insulating film. The bonded wafer is heated at 500°C, so that a part of the bonded wafer is separated therefrom, thereby producing an SOI wafer. The thus-obtained SOI wafer is subjected to a heat treatment in an argon gas atmosphere. Then, the SOI wafer is subjected to an oxidation treatment in an oxidizing atmosphere, and the oxide film is removed using an HF liquid. Consequently, the surface of the SOI wafer is recrystallized and therefore planarized.

(57) 要約: 活性層用シリコンウェーハに絶縁膜を介して水素ガスをイオン注入し、これを絶縁膜を介して支持ウェーハに貼り合わせる。この貼り合わせウェーハを500°Cに加熱することにより、その一部を剥離してSOIウェーハを作製する。次に、このSOIウェーハをアルゴンガス雰囲気中で熱処理する。この後、SOIウェーハを酸化性雰囲気中で酸化処理し、この酸化膜をHF液により除去する。この結果、SOIウェーハの表面が再結晶化され、平坦化される。

A... HYDROGEN  
S106... HEAT TREATMENT IN ARGON GAS ATMOSPHERE  
S107... HEAT TREATMENT FOR STRENGTHENING BONDING

WO 2005/024925 A1



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

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

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### SOIウェーハの作製方法

#### 技術分野

- [0001] この発明はSOIウェーハの作製方法、詳しくはSOIウェーハの表面を平坦化するSOIウェーハの作製方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] SOIウェーハは、従来のシリコンウェーハに比べ、素子間の分離、素子と基板との間の寄生容量の低減、3次元構造が可能といった優越性があり、高速・低消費電力のLSIに使用されている。

SOIウェーハの作製方法の1つに、シリコンウェーハに対してその表面から水素イオンを注入した後貼り合わせ、その後の剥離熱処理により、イオン注入層を境界としてその一部を剥離するスマートカット法がある。しかし、この方法によれば、剥離後のSOIウェーハの表面(剥離面)が粗くなってしまうという問題があった。この問題に対して、例えば特許文献1に記載のSOIウェーハの作製方法には、剥離後のウェーハを酸化処理した後に、水素を含む還元性雰囲気中で熱処理して、ウェーハ表面を平坦化する技術が提案されている。

- [0003] 特許文献1: 日本国特開2000-124092号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0004] しかし、上記特許文献1に記載のSOIウェーハの作製方法においては、水素ガスのエッチング効果を利用して平坦化処理を行うと、その表面にエッチングムラが生じやすくなる。そして、このエッチングムラにより、SOI層(活性層)の膜厚が不均一となる。また、水素ガスによる処理前にウェーハ表面からの酸化膜除去が必要であり、プロセスが煩雑になる。さらに、水素ガスを用いるための安全対策が必要となり、その設備費が高額となるなどコスト面の問題がある。
- [0005] また、SOIウェーハに使用される活性層用ウェーハには、結晶欠陥が存在するものが含まれる。結晶欠陥が存在する活性層用ウェーハを使用すると、SOIウェーハの酸

化膜耐圧が低下するなど電気的特性が低下してしまう。このため、活性層用ウェーハとして、水素アニールウェーハ、エピタキシャルウェーハまたは窒素ドーピングウェーハなどの高価なウェーハを用いることになる。

[0006] この発明は、スマートカット法によるSOIウェーハの作製において、剥離後の剥離面を平坦化するSOIウェーハの作製方法を提供することを目的とする。

また、この発明は、SOI層の膜厚を均一化して、SOI層を薄膜化するSOIウェーハの作製方法を提供することを目的とする。

さらに、この発明は、結晶欠陥が存在するシリコンウェーハを用いても、SOI層の結晶欠陥を低減させて、SOIウェーハが作製できるSOIウェーハの作製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

[0007] 第1の発明は、活性層用ウェーハに絶縁膜を介して水素ガスまたは希ガス元素をイオン注入して、この活性層用ウェーハにイオン注入層を形成し、次いで、この活性層用ウェーハを絶縁膜を介して支持用ウェーハに貼り合わせて貼り合わせウェーハを形成し、この後、この貼り合わせウェーハを熱処理して、イオン注入層を境界として活性層ウェーハの一部を剥離することによりSOIウェーハを作製するSOIウェーハの作製方法であって、貼り合わせウェーハを熱処理して、イオン注入層を境界として剥離した後、SOIウェーハを不活性ガス雰囲気中で熱処理するSOIウェーハの作製方法である。

[0008] スマートカット法によるSOIウェーハの熱処理には、イオン注入層を境界として剥離する剥離熱処理と、剥離後の活性層用ウェーハと支持ウェーハとの結合を強化する結合強化熱処理とがある。剥離熱処理後、SOIウェーハは、剥離によるダメージを受け、その表面が粗くなっている。そこで、剥離熱処理後、SOIウェーハを不活性ガス雰囲気中で所定の温度に保持して平坦化熱処理を行う。

[0009] 第1の発明に係るSOIウェーハの作製方法にあつては、スマートカット法によるSOIウェーハの作製方法において、活性層用ウェーハにイオン注入層を形成する。次いで、この活性層用ウェーハを絶縁膜を介して支持用ウェーハに貼り合わせる。この結果、絶縁膜を介して2枚のウェーハが貼り合わされた貼り合わせウェーハが作製され

る。この後、この貼り合わせウェーハを剥離熱処理することにより、イオン注入層を境界として2枚のウェーハを剥離する。この結果、SOIウェーハが作製されることとなる。この後、このSOIウェーハを、例えば、アルゴンガスなどの不活性ガス雰囲気、1100℃～1350℃の温度に所定時間に保持した平坦化熱処理を施す。これにより、SOIウェーハの表面(剥離面)が再結晶化(マイグレーション)され、シリコン結晶格子が規則正しく配列する。この結果、SOIウェーハの表面(剥離面)が平坦化される。

[0010] 第2の発明は、第1の発明において上記不活性ガス雰囲気での熱処理は、SOIウェーハをアルゴンガス雰囲気、1100℃～1350℃の温度に略2時間以上保持するSOIウェーハの作製方法である。

熱処理する雰囲気がアルゴンガス雰囲気であれば、水素ガス雰囲気の場合に比べてSOIウェーハの表面をエッチングする効果は少ないが、剥離後のSOIウェーハの粗くなっている表面を、再結晶化(マイグレーション)により滑らかにすることができる。

また、熱処理する温度は、1100℃～1350℃である。1100℃未満であると、SOIウェーハの表面を再結晶化させることができない。また、1350℃を超えると、高温にするまでの時間がかかり、熱処理でのスループットが悪くなってしまう。また、スリップや転位欠陥が発生しやすい。

[0011] 第2の発明に係るSOIウェーハの作製方法にあつては、SOIウェーハを熱処理する温度は、1100℃～1350℃に保持される。これにより、SOIウェーハの表面が再結晶化(マイグレーション)され、その表面が平坦化される。この平坦化熱処理の温度が1100℃～1350℃の範囲であれば、SOIウェーハの表面は十分に再結晶化される。

また、この平坦化熱処理は、貼り合わせ強化のための熱処理も兼用することができる。

さらに、この平坦化熱処理は、剥離熱処理でイオン注入層を境界として完全に剥離した場合、SOIウェーハと剥離した残りのシリコンウェーハとを同じ炉内で、剥離熱処理の後に連続して行える。これにより、残りのシリコンウェーハの表面(剥離面)も平坦化され、これを活性層用ウェーハまたは支持用ウェーハとして再利用することもできる。

[0012] 第3の発明は、活性層用ウェーハに絶縁膜を介して水素ガスまたは希ガス元素をイ

オン注入して、この活性層用ウェーハにイオン注入層を形成し、次いで、この活性層用ウェーハを絶縁膜を介して支持ウェーハに貼り合わせて貼り合わせウェーハを形成し、この後、この貼り合わせウェーハを熱処理して、イオン注入層を境界として貼り合わせウェーハからその一部である活性層用ウェーハを剥離することによりSOIウェーハを作製するSOIウェーハの作製方法であって、貼り合わせウェーハを熱処理することにより、イオン注入層を境界として剥離した後、SOIウェーハを不活性ガス雰囲気中で熱処理し、この後、このSOIウェーハを酸化処理してその活性層表面に酸化膜を形成し、次いで、この酸化膜を除去するSOIウェーハの作製方法である。

[0013] 第3の発明に係るSOIウェーハの作製方法にあつては、スマートカット法によるSOIウェーハの作製方法において、活性層用ウェーハにイオン注入層を形成する。次いで、この活性層用ウェーハを絶縁膜を介して支持ウェーハに貼り合わせる。この結果、絶縁膜を介して2枚のウェーハが貼り合わされた貼り合わせウェーハが作製される。この後、この貼り合わせウェーハを剥離熱処理することにより、イオン注入層を境界として活性層用ウェーハの一部が剥離される。この結果、SOIウェーハが作製される。この後、このSOIウェーハを、例えば、アルゴンガスなどの不活性ガス雰囲気、1100℃～1350℃の温度で所定時間保持するという平坦化熱処理を施す。これにより、SOIウェーハの表面(剥離面)が再結晶化(マイグレーション)され、その表面が平坦化される。

また、この後、このSOIウェーハを例えば酸化性雰囲気中で酸化処理し、そのSOI層表面に所定厚さの酸化膜を形成する。そして、この酸化膜を例えばHFエッチングにより除去する。これにより、SOI層の厚さが均一化され、かつ薄膜化される。

さらに、活性層となるシリコンウェーハ内に結晶欠陥(as-grown欠陥)が存在していても、これらの処理を行うことにより、SOI層内の結晶欠陥が消滅する。すなわち、アルゴンガス雰囲気中で1100℃～1350℃の熱処理を行うと、SOI層に存在する結晶欠陥(COP)の内壁酸化膜を除去し、さらにこの後、酸化処理を行うことにより、SOI層に格子間シリコンが注入され、結晶欠陥は消滅する。よって、活性層用ウェーハとして、結晶欠陥が存在するシリコンウェーハを使用することができる。

[0014] 第4の発明は、第3の発明にあつて上記不活性ガス雰囲気での熱処理は、SOIウェー

ーハをアルゴンガス雰囲気中で、1100°C～1350°Cの温度に略2時間以上保持するSOIウェーハの作製方法である。

[0015] 第5の発明は、第3の発明にあつて上記活性層表面の酸化膜を除去した後に、さらに、SOIウェーハを再酸化処理して活性層表面に酸化膜を形成し、次いで、この酸化膜を除去するSOIウェーハの作製方法である。

[0016] 第5の発明に係るSOIウェーハの作製方法にあつては、上記平坦化熱処理が施されたSOIウェーハについて酸化性雰囲気中で酸化処理を施し、この後、この酸化処理により形成されたSOIウェーハの表面(SOI層)の酸化膜を除去する。さらにこの後、酸化膜が除去されたSOIウェーハについて酸化性雰囲気中で再び酸化処理を施す。そして、この酸化膜を除去することによりSOI層のより一層の薄膜化が可能となる。すなわち、2回の酸化膜形成および酸化膜除去によりSOI層がより一層薄膜化される。

[0017] 第6の発明は、第3、第5の発明にあつて上記酸化処理および上記再酸化処理は、600°C～1000°Cの温度で処理するSOIウェーハの作製方法である。

スマートカット法によるSOIウェーハの作製方法において、イオン注入層を境界としてその活性層ウェーハの一部を剥離除去した後、SOIウェーハを、アルゴンガス雰囲気にて、1100°C～1350°Cの温度で熱処理を施す(平坦化熱処理)。そして、この後、このSOIウェーハを酸化性雰囲気中で酸化処理する。酸化処理時の温度は、600°C～1000°Cの範囲である。この酸化処理時間は限定されない。

[0018] 第6の発明に係るSOIウェーハの作製方法にあつては、上記酸化処理での温度は、600°C～1000°Cの範囲であり、好ましくは600°C～800°Cである。600°C未満では、SOI層表面に十分な厚さの酸化膜を形成させることが困難である。一方、1000°Cを超えると、SOIウェーハの表面の粗さが維持できず、SOI層の厚さの均一性を低下させる。

#### 発明の効果

[0019] この発明によれば、スマートカット法によるSOIウェーハの作製方法において、SOIウェーハを、アルゴンガスの不活性雰囲気中で1100°C～1350°Cの温度で平坦化熱処理する。これにより、SOIウェーハの表面(剥離面)が再結晶化(マイグレーション)され、その表面が平坦化される。

また、この後、SOIウェーハを酸化性雰囲気中で酸化処理すると、SOI層表面に所定厚さの酸化膜が形成される。さらにこの後、この酸化膜を例えばHFエッチングにより除去する。これにより、SOI層の厚さが均一化され、かつ薄膜化も可能となる。

また、平坦化熱処理および酸化処理を、連続してかつ同一炉内で実施することができ、SOIウェーハが剥離熱処理により完全に分離した場合、剥離熱処理または結合熱処理も、同じ炉内で連続して行える。

さらに、活性層となるシリコンウェーハ内に結晶欠陥が存在していたとしても、不活性ガス雰囲気での熱処理を行うと、SOI層内の結晶欠陥が消滅する。

### 図面の簡単な説明

- [0020] [図1]この発明の実施例1に係るSOIウェーハの作製方法を示す工程図である。  
[図2]この発明の実施例2に係るSOIウェーハの作製方法における剥離熱処理から酸化処理までの熱処理温度と処理時間との関係を示すグラフである。  
[図3]この発明の実施例2に係るSOIウェーハの作製方法を示す工程図である。  
[図4]この発明の実施例3に係るSOIウェーハの作製方法を示す工程図である。

### 符号の説明

- [0021] 10 活性層用ウェーハ  
11 SOIウェーハ  
12a シリコン酸化膜  
12b 埋め込みシリコン酸化膜(絶縁膜)  
13 SOI層(活性層)  
14 イオン注入層  
20 支持用ウェーハ  
30 貼り合わせウェーハ

### 発明を実施するための最良の形態

- [0022] 以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

#### 実施例 1

- [0023] 以下、この発明の一実施例を、図1を参照して説明する。ここでは、スマートカット法



を用いて、SOI層13を形成するSOIウェーハ11の作製方法について説明する。

本実施例に係るスマートカット法によるSOIウェーハ11の作製は、図1に示すような工程で行われる。

まず、図1のS101工程に示すように、CZ法により育成され、ボロンがドーパントとされた単結晶シリコンインゴットからスライスしたシリコンウェーハ(片面鏡面ウェーハ)を2枚準備する。これらのシリコンウェーハのうち、一方を活性層用ウェーハ10として、他方を支持用ウェーハ20とする。そして、図1のS102工程に示すように、活性層用ウェーハ10となるシリコンウェーハの表面にシリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ )12aを形成する。シリコン酸化膜12aの形成は、酸化炉内にシリコンウェーハを装入し、これを所定時間、所定温度に加熱することにより行われる。このとき、形成されるシリコン酸化膜12aの厚さは150nmである。

[0024] 次に、シリコン酸化膜12aが形成された活性層用ウェーハ10を、イオン注入装置の真空チャンバの中にセットする。そして、図1のS103工程に示すように、活性層用ウェーハ10の表面(鏡面側)よりシリコン酸化膜12aを介して所定のドーズ量の水素イオンを注入する。水素イオンは、活性層用ウェーハ10の表面から所定深さの位置まで注入され、この結果、活性層用ウェーハ10の所定深さ位置(シリコン基板中の所定深さ範囲)にイオン注入層14が形成される。

次に、図1のS104工程に示すように、水素イオンが注入された活性層用ウェーハ10を、そのイオンが注入された面(シリコン酸化膜12a表面)を貼り合わせ面として、支持用ウェーハ20に貼り合わせる。この貼り合わせは鏡面同士を室温で重ね合わせる公知の手法による。この結果、貼り合わせ界面に絶縁膜(シリコン酸化膜12a)が介在された貼り合わせウェーハ30が形成される。このとき、活性層用ウェーハ10と支持用ウェーハ20との接合部分のシリコン酸化膜12aは、埋め込みシリコン酸化膜(絶縁膜)12bとなる。

そして、図1のS105工程に示すように、この貼り合わせウェーハ30を略500°C、窒素ガス雰囲気中で熱処理する。これを剥離熱処理という。すると、貼り合わせウェーハ30のイオン注入層14において希ガス(水素ガス)のバブルが形成され、このバブルが形成されたイオン注入層14を境界として、活性層用ウェーハ10の一部(貼り合わせ

ウェーハ30の一部)が残りの部分から剥離する。すなわち、貼り合わせウェーハ30は、支持用ウェーハ20にシリコン酸化膜12bを介してSOI層13(活性層用ウェーハ10の一部)が積層されたSOIウェーハ11と、残りの活性層用ウェーハ10とに分離される。

ここまでの工程は、一般的なスマートカット法によるSOIウェーハ11の作製方法での工程と同じである。

[0025] 次に、剥離熱処理した後のSOIウェーハ11について、図1のS106工程に示すように平坦化熱処理を行う。この平坦化熱処理は、SOIウェーハ11をアルゴンガス雰囲気中で1100℃～1350℃の温度に略2時間保持することである。また、この平坦化熱処理は、剥離熱処理でイオン注入層14を境界として貼り合わせウェーハ30が完全に分離した場合、同じ炉を用いて剥離熱処理に連続して行える。

ここで、SOIウェーハ11の剥離面の平坦化を確認するため、SOIウェーハ11の表面を原子間力顕微鏡(AFM)で観察しておく。平坦化熱処理前の貼り合わせウェーハ30の貼り合わせ面のRMS(自乗平均平方根粗さ)値は、略8nm( $2 \times 2 \mu\text{m}$ )であった。すなわち、剥離後のSOI層の表面は、水素イオンの注入により乱れたシリコン結晶格子が表面に露出した状態となっている。

また、上記略2時間の平坦化熱処理後、再びAFMを用いて、SOIウェーハ11の表面(剥離面)のRMS値を測定する。熱処理を行った後では、RMS値は0.1nm以下まで改善された。平坦化熱処理を行うことにより、SOI層の剥離面が再結晶化(マイグレーション)され、シリコン結晶格子が規則正しく配列するからである。この結果、SOIウェーハ11のSOI層表面(剥離面)が平坦化される。剥離前におけるウェーハ表面の結晶状態は通常の単結晶構造であるが、剥離後のウェーハ表面の結晶状態は、剥離することでウェーハ表面がダメージを受けるため、その結晶格子が乱れた配列となる。

また、イオン注入層14を境界として剥離された残りのシリコンウェーハ(活性層用ウェーハの残り)も、このSOIウェーハ11と同じ条件で同時に熱処理することもできる。これにより、このシリコンウェーハの表面(剥離面)は平坦化され、このシリコンウェーハを活性層用ウェーハ10または支持用ウェーハ20として再利用することができる。

[0026] この後、図1のS107工程に示すように、SOIウェーハ11にあって、その活性層用ウェーハ10と支持用ウェーハ20とを強固に結合するための貼り合わせ強化熱処理を行う。熱処理の条件は、酸化性ガス雰囲気中で1100℃以上、略2時間の条件で行う。なお、上記平坦化熱処理は、この貼り合わせ強化熱処理の前またはその後に連続して行ってもよい。

最後に、図1のS108工程に示すように、SOI層13の薄膜化処理を行い、SOIウェーハ11を完成させる。例えば、このSOI層13の表面を研削し、この研削面を鏡面研磨する。

[0027] 次に、平坦化熱処理についてその処理条件を変更して行った実験の結果を報告する。

上述の図1のS101工程～図1のS105工程を経て作製されたSOIウェーハ11を、アルゴンガス雰囲気、温度を1000℃、1100℃、1200℃、1300℃の条件でそれぞれ略2時間の図1のS106工程に示す熱処理(平坦化熱処理)を行った。この後、AFMを用いて、SOIウェーハ11のSOI層13の表面のRMS値を測定した。また、同時に、SOIウェーハ11の結合強化度およびスリップ(参考)の評価も行った。この結果を以下の表に示す。

なお、表1中の平坦化の良好の記載は、平坦化熱処理前の貼り合わせウェーハ30の表面のRMS値が略0.1nm(2×2μm)まで改善されていることを示す。一方、表中の不十分の記載は、RMS値が略0.1nm(2×2μm)まで改善されていないことを示す。表1中の結合強化の良好の記載は、貼り合わせ後の活性層用ウェーハ10と支持用ウェーハ20との貼り合わせ後に公知手法によっては分離しないことを示し、不十分の記載はその逆を示す。

[0028] [表1]

| 温度   | 1000℃ | 1100℃ | 1200℃ | 1300℃ |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 平坦化  | 不十分   | 良好    | 良好    | 良好    |
| 結合強化 | 不十分   | 良好    | 良好    | 良好    |
| スリップ | 発生なし  | 発生なし  | 発生なし  | 発生あり  |

[0029] 以上の実験の結果より、剥離したSOIウェーハ11を、アルゴンガス雰囲気中で1100℃～1350℃の温度に保持して平坦化熱処理すると、SOIウェーハ11の表面が再結晶化され、平坦化されることも明らかとなった。

## 実施例 2

[0030] この発明の実施例2を図2および図3を参照して説明する。

本実施例に係るSOIウェーハ11の作製方法は、上記実施例1に係るSOIウェーハ11の作製方法に以下の変更を加えたものである。つまり、貼り合わせウェーハに剥離熱処理を施した後、平坦化処理を施し、さらに、SOIウェーハに酸化処理を行い、そのSOI層13の表面に所定厚さの酸化膜40を形成し、この後、この酸化膜40を例えばHF液によるエッチングにより除去した。

すなわち、図3のS301～図3のS306に示す工程までは、上記図1のS101～図1のS106に示す工程と同じである。この後、図3のS307工程に示すように、SOIウェーハ11について、酸化性雰囲気中で、温度を650℃、1時間のウェット酸化処理を行う。この結果、SOI層13の表面に所定厚さの酸化膜40が形成される。この酸化処理は、図2に示す上記平坦化熱処理(図3のS306工程)の後、連続して行ってもよい。図2には、500℃での剥離熱処理、1100℃での平坦化熱処理、650℃での酸化処理を同一炉で連続して行うことを示している。

そして、図3のS308工程に示すように、この酸化膜40を例えばHFエッチングにより除去する。これにより、SOI層13の厚さが均一化され、かつ薄膜化される。

ウェット酸化処理は、ドライ酸化雰囲気中で酸化処理を行うより、シリコンの酸化レートが大きく、熱処理時間も短い。また、水素ガスの添加や、HCl酸化のような酸化レートの速いガス形態を用いても効果的である。

また、酸化膜40の形成が異方性となる低温領域で酸化処理することにより、アルゴンガス雰囲気での熱処理により平坦化された表面を維持したままで、SOI層13の薄膜化が可能となる。そのときの酸化温度は、600℃～1000℃の範囲であり、好ましくは600℃～800℃である。

[0031] この後、図3のS309工程に示すように、SOIウェーハ11の活性層用ウェーハ10と、支持用ウェーハ20とを強固に結合するための貼り合わせ強化熱処理を行う。熱処理

の条件は、酸化性ガス雰囲気中で1100℃以上、略2時間の条件で行う。平坦化熱処理および酸化処理は、貼り合わせ強化熱処理の前またはその後に連続して行ってもよい。

最後に、図3のS310に示すように、SOI層13の薄膜化処理(仕上げ研磨など)を行い、SOIウェーハ11を完成させる。

[0032] 次に、上記平坦化熱処理および酸化処理についてそれぞれその条件を変更して行った実験の結果を報告する。

上述の図3のS301～図3のS306に示す各工程を経て作製されたSOIウェーハ11を、温度を500℃、600℃、700℃、800℃、900℃、1000℃、1100℃の条件で、それぞれ略1時間の酸化処理(図3のS307に示す工程)を行い、SOI層13の表面に所定厚さの酸化膜40を形成する。この後、この酸化膜40をHF液によるエッチングにより除去する(図3のS308に示す工程)。

そして、AFMを用いて、各SOIウェーハ11の表面のRMS値を測定した。同時に、このSOIウェーハ11のSOI層13の薄膜化、平坦化およびSOI層13の厚さの均一性についての評価も行った。評価はいずれも公知の手法によった。この結果を以下の表2に示す。

また、活性層用ウェーハとして用いたシリコンウェーハ内に結晶欠陥(as-grown)が存在しても、平坦化熱処理を行うと、SOIウェーハ11内の結晶欠陥は消滅することが確認された。

なお、表2中の薄膜化の結果の良好の記載は、所定厚さ(500nm)のSOI層に対して平坦化熱処理後、膜厚が100nmまで薄膜化されたことを示す。不十分の記載は、膜厚が100nmまで薄膜化されないことを示す。平坦化の良好の記載は、RMS値が略0.1nm以下( $2 \times 2 \mu\text{m}$ )まで改善されていることを示す。やや良好の記載は、ウェーハ面内の一部のRMS値が略0.1nm以下( $2 \times 2 \mu\text{m}$ )に改善されていることを示す。一方、表中の不十分の記載は、RMS値が略0.1nm以下( $2 \times 2 \mu\text{m}$ )まで改善されていないことを示す。SOI層13の厚さの均一性の記載も上記平坦化と同じ意味である。

[0033] [表2]

| 温度       | 500℃ | 600℃ | 700℃ | 800℃ | 900℃ | 1000℃ | 1100℃ |
|----------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 薄膜化      | 不十分  | 良好   | 良好   | 良好   | 良好   | 良好    | 良好    |
| 平坦化      | 良好   | 良好   | 良好   | 良好   | やや良好 | やや良好  | 不十分   |
| SOI層の均一性 | 維持   | 維持   | 維持   | 維持   | やや悪化 | やや悪化  | 悪化    |

[0034] 以上の実験の結果より、剥離したSOIウェーハ11を、アルゴンガス雰囲気中で1100℃～1350℃の温度に保持して平坦化熱処理を施し、次いで、酸化処理を施す。この後、この酸化膜40を除去することで、SOI層13の膜厚が均一化された。しかも、SOI層13の薄膜化も可能であることが明らかとなった。逆に、不活性ガス雰囲気中での平坦化熱処理を行わずにSOIウェーハを酸化処理した場合、薄膜化は可能であるが、平坦化の効果は少なく、ウェーハ表面のRMS値 $>0.1\text{nm}$ ( $2\times 2\mu\text{m}$ )となり、デバイスを作製するのに必要な表面粗さを得ることができない。

### 実施例 3

[0035] この発明の実施例3を図4を参照して説明する。

本実施例に係るSOIウェーハ11の作製方法は、上記実施例2に係るSOIウェーハ11の作製方法に以下の変更を加えたものである。つまり、平坦化熱処理(図4のS406工程)後のSOIウェーハについて酸化膜40を形成し、この酸化膜40を除去した後、さらに、再度酸化処理を行い、SOI層13の表面に所定厚さの酸化膜40を形成し、この後、酸化膜40を除去したことである。すなわち、酸化処理および酸化膜40除去の処理を2回行うことである。

具体的には、図4のS401～図4のS408に示す工程までは、上記図3のS301～図3のS308に示す工程と同じである。この後、さらに、図4のS409工程に示すように、SOIウェーハ11について、酸化性ガス雰囲気中で、温度を650℃、1時間のウェット酸化処理を行い、SOI層13表面に所定厚さの酸化膜40を形成する。この後、図4のS410工程に示すように、この酸化膜40を例えばHFエッチングにより除去する。上記一連の工程(酸化処理およびHFエッチング)は、2回に限らず、3回以上行ってもよい。

これにより、平坦化された粗さを維持したままで、SOI層13の薄膜化がより可能である。すなわち、SOI層13の取り代が大きい場合は、SOIウェーハを酸化処理して酸化

膜40を形成した後、例えばHFエッチングによりこの酸化膜40を除去する工程を繰り返すことにより、SOI層13がより薄膜化される。

なお、酸化処理(図4のS409工程)、エッチ(図4のS410工程)の後に、貼り合わせ強化熱処理(図4のS411工程)及び表面仕上研磨(図4のS412工程)を行う。

#### 実施例 4

- [0036] 実施例1にあつて、上記アルゴンガス雰囲気での熱処理(平坦化熱処理)および貼り合わせ強化熱処理を行った後、SOI層の表面を研削および鏡面研磨によって薄膜化処理を行うこともできる。その結果、SOI層13は100nm以下まで容易に薄膜化され、その表面の粗さも0.1nm以下まで改善された。他の工程は実施例1と同じである。

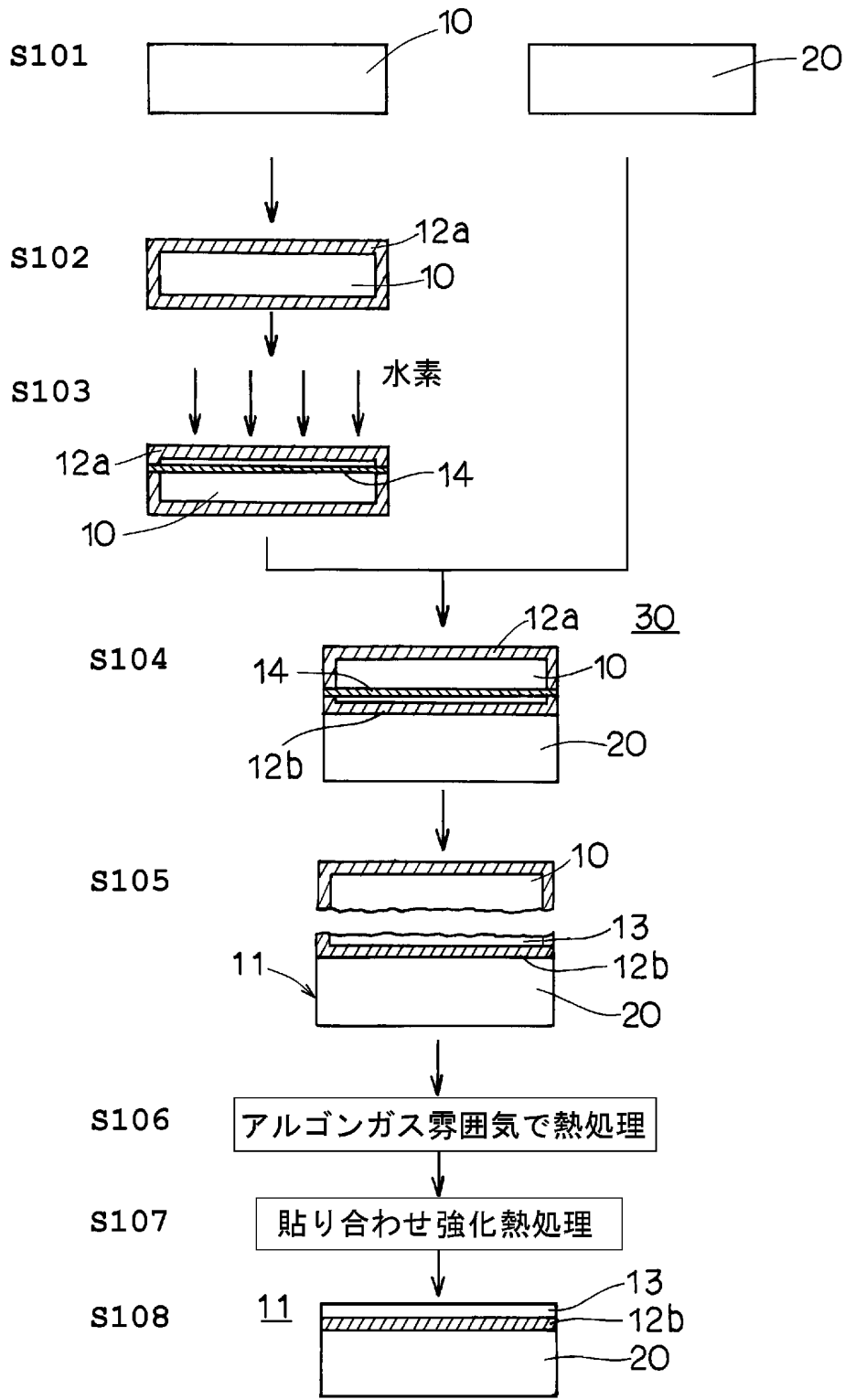
## 請求の範囲

- [1] 活性層用ウェーハに絶縁膜を介して水素ガスまたは希ガス元素をイオン注入して、この活性層用ウェーハにイオン注入層を形成し、次いで、この活性層用ウェーハを絶縁膜を介して支持用ウェーハに貼り合わせて貼り合わせウェーハを形成し、この後、この貼り合わせウェーハを熱処理して、イオン注入層を境界として活性層用ウェーハの一部を剥離することによりSOIウェーハを作製するSOIウェーハの作製方法であつて、
- 貼り合わせウェーハを熱処理して、イオン注入層を境界として剥離した後、SOIウェーハを不活性ガス雰囲気中で熱処理するSOIウェーハの作製方法。
- [2] 上記不活性ガス雰囲気における熱処理は、SOIウェーハをアルゴンガス雰囲気中で1100℃～1350℃の温度に略2時間以上保持する請求項1に記載のSOIウェーハの作製方法。
- [3] 活性層用ウェーハに絶縁膜を介して水素ガスまたは希ガス元素をイオン注入して、この活性層用ウェーハにイオン注入層を形成し、次いで、この活性層用ウェーハを絶縁膜を介して支持用ウェーハに貼り合わせて貼り合わせウェーハを形成し、この後、この貼り合わせウェーハを熱処理して、イオン注入層を境界として活性層用ウェーハの一部を剥離することによりSOIウェーハを作製するSOIウェーハの作製方法であつて、
- 貼り合わせウェーハを熱処理することにより、イオン注入層を境界として剥離した後、SOIウェーハを不活性ガス雰囲気中で熱処理し、この後、このSOIウェーハを酸化処理して活性層表面に酸化膜を形成し、次いで、この酸化膜を除去するSOIウェーハの作製方法。
- [4] 上記不活性ガス雰囲気での熱処理は、SOIウェーハをアルゴンガス雰囲気中で、1100℃～1350℃の温度に略2時間以上保持する請求項3に記載のSOIウェーハの作製方法。
- [5] 上記活性層表面の酸化膜を除去した後に、さらに、SOIウェーハを再酸化処理して活性層表面に酸化膜を形成し、次いで、この酸化膜を除去する請求項3に記載のSOIウェーハの作製方法。

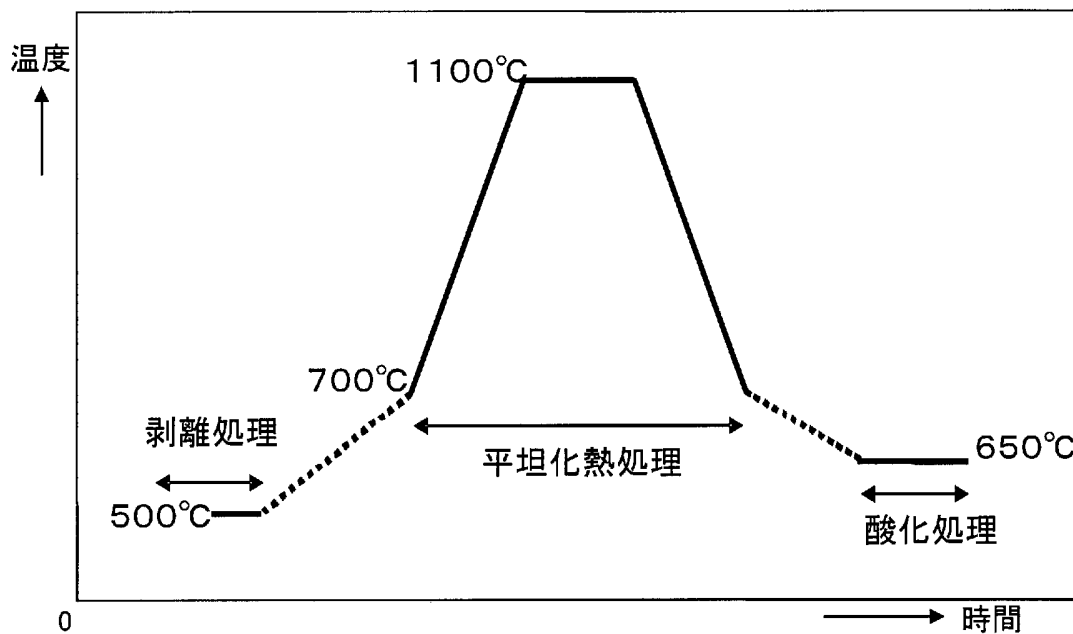


- [6] 上記酸化処理および上記再酸化処理は、600°C～1000°Cの温度で処理する請求項3または請求項5に記載のSOIウェーハの作製方法。

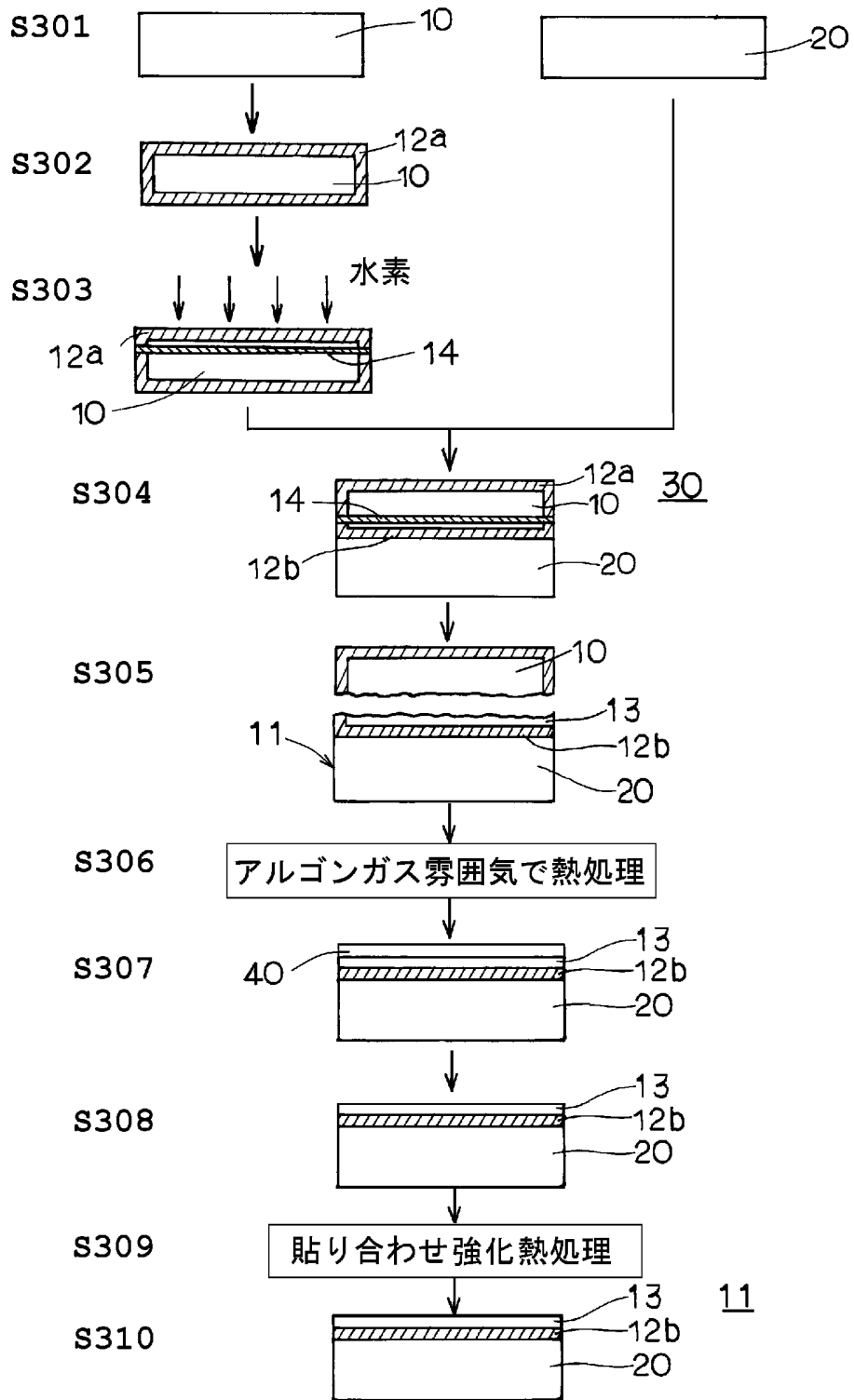
[図1]



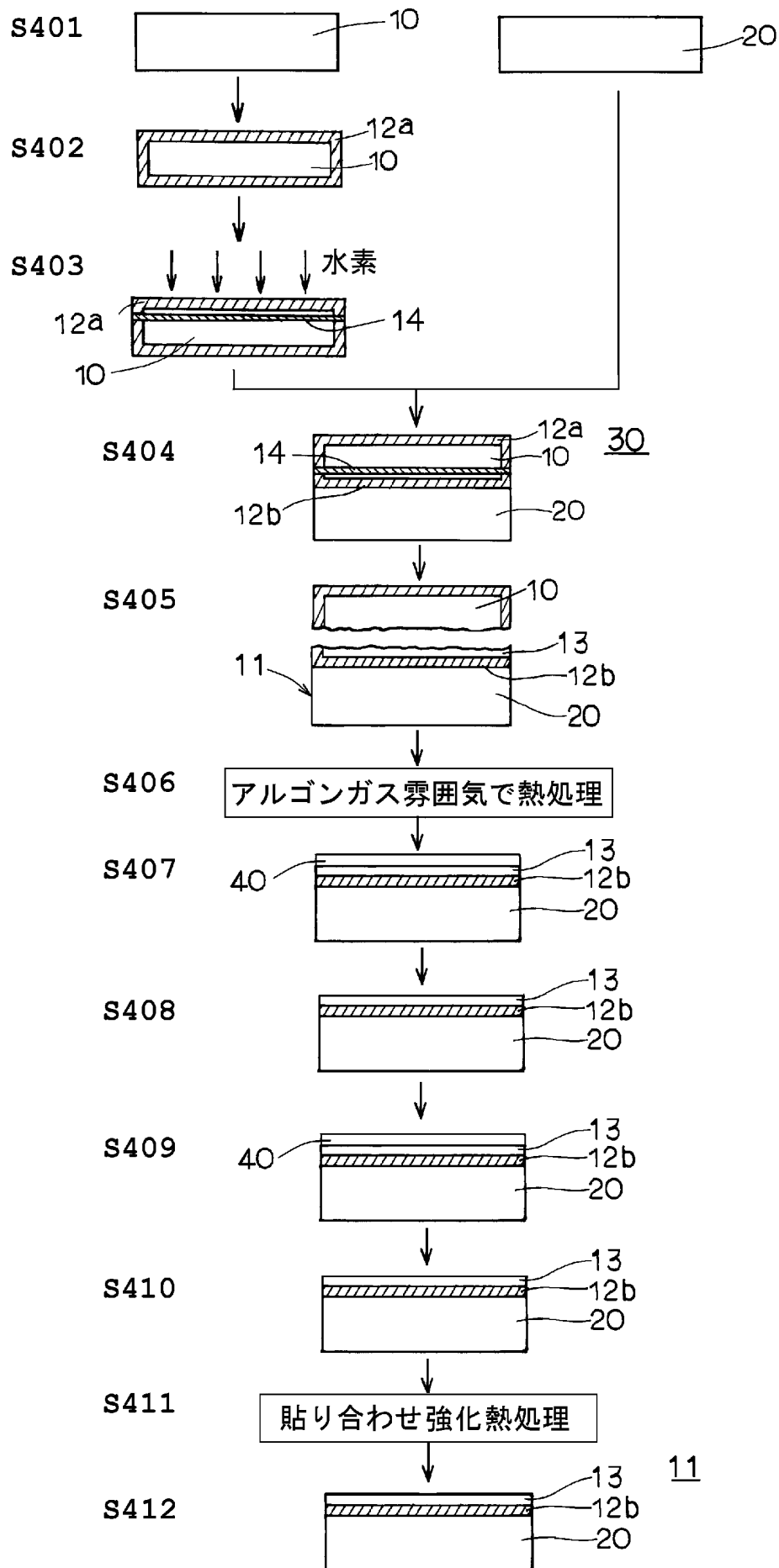
[図2]



[図3]



[図4]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012822

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER<br>Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/20, H01L21/324, H01L27/12   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| 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)<br>Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/20, H01L21/324, H01L27/12   |  |                         |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 |  |                         |
| 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.   |
| X<br>Y<br>A   | JP 2000-124092 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.),<br>28 April, 2000 (28.04.00),<br>Par. Nos. [0028] to [0034]; all drawings<br>Par. Nos. [0028] to [0034]; all drawings<br>Par. Nos. [0028] to [0034]; all drawings<br>& WO 2000/024059 A1 & EP 1045448 A1<br>& US 6372609 B1 | 1, 3, 6<br>6<br>2, 4, 5 |
| X<br>Y  | WO 2001/028000 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.),<br>19 April, 2001 (19.04.01),<br>Full text; all drawings<br>Full text; all drawings<br>& EP 1158581 A1 & US 2004/063298 A1   | 1, 2<br>3-6             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.  |  |                         |
| * Special categories of cited documents:  | "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  |                         |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "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   |                         |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "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                             |                         |
| "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)   | "&" document member of the same patent family  |                         |
| "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  |  |                         |
| Date of the actual completion of the international search<br>11 November, 2004 (11.11.04)   | Date of mailing of the international search report<br>30 November, 2004 (30.11.04)   |                         |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office  | Authorized officer   |                         |
| Facsimile No.   | Telephone No.  |                         |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012822

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X<br>Y    | JP 2003-224247 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.),<br>08 August, 2003 (08.08.03),<br>Par. No. [0035]; all drawings<br>Par. No. [0035]; all drawings<br>(Family: none)                            | 1,3,5<br>2,4,6        |
| Y         | JP 2003-509838 A (S.O.I. TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES),<br>11 March, 2003 (11.03.03),<br>Par. Nos. [0098] to [0106]; Fig. 5<br>& WO 2001/015215 A1 & EP 1208589 A1<br>& FR 2797713 A1 | 1-6                   |
| E,X       | JP 2004-259970 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.),<br>16 September, 2004 (16.09.04),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)  | 1-6                   |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl. 7 H01L21/20, H01L21/324, H01L27/12

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. 7 H01L21/20, H01L21/324, 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 1971-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004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<br>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<br>請求の範囲の番号        |
|-----------------|---|-------------------------|
| X<br>Y<br>A     | JP 2000-124092 A(信越半導体株式会社)2000. 04. 28,<br>段落【0028】～【0034】、全図<br>段落【0028】～【0034】、全図<br>段落【0028】～【0034】、全図<br>& WO 2000/024059 A1 & EP 1045448 A1 & US 6372609 B1 | 1, 3, 6<br>6<br>2, 4, 5 |
| X<br>Y          | WO 2001/028000 A1(信越半導体株式会社)2001. 04. 19,<br>全文、全図<br>全文、全図 & EP 1158581 A1 & US 2004/063298 A1   | 1, 2<br>3-6             |

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、一般的な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 11. 11. 2004

国際調査報告の発送日 30.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/JJP)  
 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) 4M 2934  
 綿引 隆  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3460



| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |                    |
|-----------------------|--|--------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求の範囲の番号   |
| X<br>Y                | JP 2003-224247 A(信越半導体株式会社)2003.08.08,<br>段落【0035】、全図<br>段落【0035】、全図(ファミリーなし)  | 1, 3, 5<br>2, 4, 6 |
| Y                     | JP 2003-509838 A(エスオーイテックシリコンオンインシュレータテクノロジーズ)2003.03.11,<br>段落【0098】～【0106】、図5<br>& WO 2001/015215 A1 & EP 1208589 A1 & FR 2797713 A1 | 1-6                |
| E X                   | JP 2004-259970 A(信越半導体株式会社)2004.09.16,<br>全文、全図(ファミリーなし)   | 1-6                |