

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5493343号  
(P5493343)

(45) 発行日 平成26年5月14日 (2014.5.14)

(24) 登録日 平成26年3月14日 (2014.3.14)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/02 (2006.01) HO 1 L 21/02 B  
 HO 1 L 27/12 (2006.01) HO 1 L 27/12 B

請求項の数 1 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2008-309524 (P2008-309524)	(73) 特許権者	000190149
(22) 出願日	平成20年12月4日 (2008.12.4)		信越半導体株式会社
(65) 公開番号	特開2010-135539 (P2010-135539A)		東京都千代田区大手町二丁目6番2号
(43) 公開日	平成22年6月17日 (2010.6.17)	(74) 代理人	100102532
審査請求日	平成22年11月22日 (2010.11.22)		弁理士 好宮 幹夫
		(72) 発明者	石塚 徹
			群馬県安中市 中野谷字松原507 信越半導体株式会社 横野平工場内
		(72) 発明者	小林 徳弘
			群馬県安中市 中野谷字松原507 信越半導体株式会社 横野平工場内
		(72) 発明者	能登 宣彦
			群馬県安中市 中野谷字松原507 信越半導体株式会社 横野平工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 貼り合わせウェーハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも、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、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ウェーハ内部にイオン注入層を形成する工程と、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シリコン酸化膜を介して密着させる工程と、前記イオン注入層でボンドウェーハを剥離させる熱処理工程とを含む貼り合わせウェーハの製造方法において、

前記剥離させる熱処理工程は、500未満の温度でプレアニールを行い、その後500以上の温度で剥離熱処理をすることで行われ、

前記プレアニールは、少なくとも、貼り合わせ界面に吸着している水分を脱離するための、 $200 \pm 20$  である第1の温度で保持する熱処理をした後に、 $350 \pm 20$  である第2の温度で保持する熱処理をすることで行われることによつて、350で1ステップのみのプレアニールと比べてプリスター発生率及びボイド発生率を低減することを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スマートカット法(登録商標)を用いた貼り合わせウェーハの製造方法に関し、典型的には、水素イオン等を注入したシリコンウェーハを支持基板となる他のウェー

20

ハと密着させた後に剥離してSOIウェーハや直接接合ウェーハを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

デバイス世代が進むにつれ、高性能化トレンド目標を満たす為には、従来のバルクシリコンウェーハを用いたスケーリング効果だけでは対応できず、新たなデバイス構造が必要とされ、その出発原料としてSOIウェーハが着目されている。SOIウェーハには、貼り合わせ法（研削研磨により薄膜化）、SIMOX法、スマートカット法（登録商標：イオン注入剥離により薄膜化）があるが、薄いSOI層の作製においては、幅広い膜厚範囲でSOI作製が可能である点から、スマートカット法（登録商標）を用いて作製されたSOIウェーハが主流となっている。

10

【0003】

スマートカット法では、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、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ウェーハ内部にイオン注入層を形成させる。次いで、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シリコン酸化膜を介して密着させる。この密着させたウェーハに剥離熱処理を加えることにより、イオン注入層でボンドウェーハを剥離させて貼り合わせウェーハを作製する。その後、この貼り合わせウェーハに結合熱処理を加えることにより、ボンドウェーハから剥離されたSOI層とベースウェーハを強固に結合し、SOIウェーハとする（特許文献1参照）。

20

【0004】

ここで、一般に、剥離熱処理の温度（通常、500以上）は、後に行われる貼り合わせ強度を十分に高めるための結合熱処理温度よりも低いため、十分に貼り合わせ強度が向上する前に、剥離熱処理によるボンドウェーハの剥離が発生する。剥離後ではシリコンの厚さが薄いために、その物理的耐性が低く、貼り合わせ強度が弱い場合には、剥がれなどを発生し容易に損傷して、SOI層の欠陥となる。

【0005】

しかしながら、剥離発生時までには、剥がれなどが発生しない程度に貼り合わせ強度を高めておくことができれば、引き続き行われる結合熱処理において十分な貼り合わせ強度が得られるので、欠陥の少ない高品質なSOIウェーハを製造することができる。

30

【0006】

従来、貼り合わせ強度の向上や欠陥の低減を目的として、特許文献2に、プレアニールを200～400（10～360分）を行い、その後、500で熱処理して剥離することが記載されている。また、特許文献3には、350で投入し、その後昇温し500で熱処理して剥離を行うことが記載されている。特許文献4には、300で投入し、その後昇温し500で熱処理して剥離を行うことが記載されている。

【0007】

しかしながら、このように剥離熱処理前にプレアニールを行っても、プリスター（SOI層がベースウェーハと結合していないもの）やボイド（SOI層の脱落が生じているもの）といったSOI層の欠陥の発生率を十分に低減することができない場合があった。

40

【0008】

【特許文献1】特開平5-211128号公報

【特許文献2】特開2006-74034号公報

【特許文献3】特開2003-347176号公報

【特許文献4】WO2005/024916

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、スマートカット法（登録商標）による貼り合わせウェーハの作製において、剥離が発生する温度よりも低い温度において、貼り合わ

50

せ強度の高い状態を形成し、剥離における欠陥の発生を低減して高品質の貼り合わせウェーハを製造することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明では、少なくとも、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、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ウェーハ内部にイオン注入層を形成する工程と、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シリコン酸化膜を介して密着させる工程と、前記イオン注入層でボンドウエーハを剥離させる熱処理工程とを含む貼り合わせウェーハの製造方法において、前記剥離させる熱処理工程は、500 未満の温度でプレアニールを行い、その後500 以上の温度で剥離熱処理をすることで行われ、前記プレアニールは、少なくとも、第1の温度で熱処理した後に、第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理をすることで行われる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。

10

【0011】

このように、500 未満の温度で、少なくとも、第1の温度で熱処理した後に、第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理をすることで行われるプレアニールを施し、その後500 以上の温度で剥離熱処理を行うことによって、剥離が発生する温度より低い温度において、貼り合わせ強度の向上が得られるので、ボイドやプリスターを低減し、欠陥の少ない貼り合わせウェーハを作製することが可能となる。

20

【0012】

また、前記プレアニールにおける第1の温度での熱処理は、 $200 \pm 20$  で熱処理することが好ましい。

このように、プレアニールにおける第1の温度を200 とすることにより、貼り合わせ界面に吸着している水分の脱離が十分にゆっくりと行われるため、ボイドやプリスターの発生を抑制できる。

【0013】

また、前記プレアニールにおける第2の温度での熱処理は、 $350 \pm 20$  で熱処理することが好ましい。

このように、プレアニールにおける第2の温度を350 とすることにより、イオン注入した水素原子の拡散を抑制することができ、その後の剥離熱処理において、剥離を十分に起こさせることができる。

30

【発明の効果】

【0014】

本発明の貼り合わせウェーハの製造方法を用いれば、剥離が発生する温度よりも低い温度において、貼り合わせ強度の高い状態を形成し、剥離時に発生するボイドやプリスターといった欠陥の発生を低減して高品質の貼り合わせウェーハ（SOIウェーハ、直接接合ウェーハを含む）を製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明についてより具体的に説明する。

前述のように、従来、剥離熱処理の温度が、貼り合わせ強度を十分に高めるための結合熱処理の温度よりも低いため、十分に貼り合わせ強度が向上する前に剥離が発生し、剥離後ではシリコンの厚さが薄いために、その物理的耐性が弱く、貼り合わせ強度が低い場合には剥がれなどを発生し、容易に損傷してSOI層の欠陥となる問題が生じていた。この点は、同じスマートカット法で作製される酸化膜を介さずに直接接合される直接接合ウェーハにおいても事情は同じである。以下、貼り合わせウェーハがSOIウェーハである場合を例として説明するが、本発明は当然直接接合ウェーハにも適用できる。

40

【0016】

上記のような問題に対し、本発明者は、以下のような検討を行った。まず、剥離熱処理

50

において、剥離が発生する温度（剥離温度）より低い温度での熱処理において、発生している現象を考察した。

【0017】

剥離熱処理を開始する前には、貼り合わせ界面には水分（ $H_2O$ ）が存在する。熱処理に従い、界面の水分は脱離し、貼り合わせ界面に沿って外方に拡散する。脱離の速度と拡散の速度を実際に測定することは困難であるが、概念的には、脱離の速度よりも拡散の速度の方が早い場合には、脱離により発生した気体が界面に留まらずに拡散し結合を維持するが、脱離の速度の方が拡散の速度よりも早い場合には、脱離により発生した気体が界面に留まって固まりを形成する。すなわち、吸着している水分（ $H_2O$ ）の脱離が促進される温度で熱処理を行うと、プリスターやボイドと呼ばれる貼り合わせが形成されない部分になる。従って、本発明者は、水分の脱離に着目すれば、プレアニールは水分の脱離が十分とゆっくり行われるような低い温度で行うことが望ましいことに想到した。

10

【0018】

また、貼り合わせ界面の水分が脱離すると、貼り合わせ界面では各々の $S_i$ の結合状態が変化し貼り合わせ界面での結合を形成する。結合状態は、温度が高いほど促進され貼り合わせ強度が向上する傾向にあるので、各々の $S_i$ の結合状態に着目すれば、プレアニールは出来る限り高い温度で行うことが望ましい。しかし、温度が上昇して注入した水素が移動を開始する場合には、拡散により注入した水素濃度が低下して、後に剥離温度まで上昇しても剥離が発生しないという現象が生ずる。従って本発明者は、注入した水素の拡散に着目すれば、プレアニールは、注入した水素の拡散が急激に発生しない範囲において高い温度で行うことが望ましいことに想到した。

20

【0019】

そこで本発明者は、鋭意研究を行い、少なくとも、貼り合わせ界面の水分を十分にゆっくりと除去（脱離）できる温度範囲でできる限り高い、第1の温度にて熱処理をした後に、第1の温度よりも高い温度であり、水分の脱離が十分に終了した温度で、かつ注入した水素原子の拡散が少ない温度範囲でできる限り高い、第2の温度にて熱処理をするプレアニールを施した上で、剥離温度において熱処理を行うと、剥離温度までに貼り合わせ強度を高めておくことができることを見出した。

【0020】

添付図1に、TDS（昇温脱離ガス分析）による貼り合わせ界面からの脱離ガス分析の結果を示す。200 から350 にかけて、水分（ $H_2O$ ）の脱離ピークが確認できる。同様の温度において水素（ $H_2$ ）の脱離ピークも観察できるがこれは、水分の脱離によるピークと解釈できる。更に、350 から450 にかけて、水素（ $H_2$ ）の脱離ピークが確認できる。これは注入した水素原子の拡散によるピークと解釈できる。

30

【0021】

本発明者は、上記のTDSによる脱離ガス分析の結果から、少なくとも、第1の温度での熱処理と、第2の温度での熱処理とを有するプレアニールにおいての第1の温度、即ち、貼り合わせ界面の水分を十分にゆっくりと除去（脱離）するための低い温度とは、図1の200 から350 にかけての水分の脱離ピークよりも低い温度でできるだけ高い温度、つまり、200 付近（200 ± 20 程度）が好ましいことを見出した。また、第2の温度、即ち、水分の脱離が十分に終了した温度でありかつ注入した水素原子の拡散が少ない温度でできる限り高い温度とは、図1の200 から350 にかけての水分の脱離ピークよりも高い温度で、かつ350 から450 にかけての水素の脱離ピークよりも低い温度、つまり、350 付近（350 ± 20 程度）であれば、剥離が発生する温度より低い温度において、貼り合わせ強度の向上が得られるので、ボイドやプリスターの形成を低減し、欠陥の少ないSOIウェーハを作製できることを見出した。

40

【0022】

以下、本発明についてさらに詳細に説明するが、本発明は、これらに限定されるものではない。ここでは、好適な態様として、2枚のシリコンウェーハからSOIウェーハを製造する場合について説明するが、もちろん本発明は絶縁基板とシリコンウェーハを貼り合

50

わせる場合にも適用できる。

【0023】

本発明は、貼り合わせウェーハの製造において、ボンドウェーハを剥離させる熱処理工程を、500 未満の温度でプレアニールを行い、その後500 以上の温度で剥離熱処理をすることで行き、プレアニールは、少なくとも、第1の温度で熱処理した後に、第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理をすることで行われることを特徴とするが、ウェーハの準備からSOIウェーハを完成させるまで順に説明する。

【0024】

まず、デバイスの仕様に合った支持基板となるシリコン単結晶ウェーハからなるベースウェーハと、一部がSOI層となるシリコン単結晶ウェーハからなるボンドウェーハを準備する。

10

【0025】

次に、ベースウェーハ、ボンドウェーハのうち少なくとも一方のウェーハに、絶縁膜としての酸化膜を形成する。酸化膜の厚さ等は仕様により決定されるべきもので特に限定されるものではないが、熱酸化により約0.01~2.0 μm程度の厚さの酸化膜を形成させればよい。

【0026】

次いで、ボンドウェーハの表面から水素イオン、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ウェーハ内部にイオン注入層を形成する。その後、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を前記形成したシリコン酸化膜を介して密着させる。

20

【0027】

次いで、500 未満の温度においてプレアニールを行う。プレアニールは、500 未満の温度の範囲内で少なくとも、第1の温度で熱処理した後に、第1の温度より高い第2の温度で熱処理をすることで行われる。第1の温度としては、貼り合わせ界面の水分を十分にゆっくりと除去できるような100 以上の低い温度で、この低い温度の中でも貼り合わせ界面での結合状態が促進されるようできる限り高い温度である200 付近(200 ±20 )が好ましい。その後、第1の温度よりも高い第2の温度での熱処理を行うが、第2の温度としては、水分の脱離が十分に終了した温度でかつ注入した水素原子の拡散が少ない温度で、できる限り高い温度である350 付近(350 ±20 )が好ましい。

30

【0028】

また、本発明においてのプレアニールは、500 未満の温度の範囲内であれば上記第1の温度、第2の温度においての熱処理のみに限られず、第3や第4等といった他の温度で行われる熱処理工程を含む3段以上の多段階で温度を上昇させる熱処理工程であっても良く、あるいはランプアップアニール工程としてもよい。

【0029】

上記プレアニール後、イオン注入層での剥離が可能な500 以上の温度に昇温して剥離熱処理を行い、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SOIウェーハを得る。

40

【0030】

このように、剥離させる熱処理工程として、500 未満の温度で複数段のプレアニールを行い、その後500 以上の温度で剥離熱処理をすることで、剥離が発生する温度よりも低い温度において貼り合わせ強度の向上が得られるため、ポイドやブリスターを低減し、欠陥の少ないSOIウェーハを作製することが可能となる。

【実施例】

【0031】

以下、本発明の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、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0032】

50

## (実施例1)

直径300mmのシリコン単結晶ウェーハを300枚用意してボンドウェーハとベースウェーハとに分け、ボンドウェーハの表面に150nmの熱酸化膜を形成し、その酸化膜を通してボンドウェーハ内部に水素イオンを注入した(注入エネルギー46keV、ドーズ量 $5E16/cm^2$ )。

その後、ボンドウェーハとベースウェーハを室温で貼り合わせ、ボンドウェーハを剥離させるための熱処理を行った。その際、熱処理は、第1の温度及び第2の温度での熱処理工程を有するプレアニールを含む熱処理条件とし、プレアニールにおける第1の温度での熱処理を200で4時間保持、第2の温度での熱処理を350で2時間保持するものとし、その後、500まで昇温して30分保持し、ボンドウェーハを剥離した。

10

## 【0033】

剥離後の貼り合わせウェーハ(SOIウェーハ)の表面を目視により観察し、プリスター発生率、ボイド発生率を求めたところ、それぞれ15.3%、1.3%であった。尚、プリスター発生率、ボイド発生率の定義は以下の通りである。

プリスター発生率： $(\text{プリスターのあるウェーハ数}) / (\text{全ウェーハ数}) \times 100 (\%)$

ボイド発生率： $(\text{ボイドのあるウェーハ数}) / (\text{全ウェーハ数}) \times 100 (\%)$

## 【0034】

## (比較例1)

熱処理工程におけるプレアニールを、350、2時間保持の1ステップのみとした以外は実施例1と同一条件で貼り合わせウェーハ(SOIウェーハ)を作製し、プリスター発生率、ボイド発生率を求めたところ、それぞれ24.0%、76.0%であった。

20

## 【0035】

## (実施例2)

直径300mmのシリコン単結晶ウェーハを用意してボンドウェーハとベースウェーハとに分け、ボンドウェーハの表面に20nmの熱酸化膜を形成し、その酸化膜を通してボンドウェーハ内部に水素イオンを注入した(注入エネルギー35keV、ドーズ量 $5E16/cm^2$ )。

その後、ボンドウェーハの貼り合わせ界面に対し、室温での貼り合わせ強度を高めるための窒素プラズマ処理を行った後、ベースウェーハを室温で貼り合わせ、ボンドウェーハを剥離するための熱処理を行った。その際、熱処理は、第1の温度及び第2の温度での熱処理工程を有するプレアニールを含む熱処理条件とし、プレアニールにおける第1の温度での熱処理を200で4時間保持、第2の温度での熱処理を350で2時間保持するものとし、その後、500まで昇温して30分保持し、ボンドウェーハを剥離した。

30

剥離後の貼り合わせウェーハ(SOIウェーハ)に対し、1200の高温でSOI表面の平坦化熱処理を行い、製品となるSOIウェーハを完成させた。

## 【0036】

完成後のSOIウェーハを光学的表面検査装置(SP2:KLA-Tencor社製)により測定し、0.25 $\mu$ m以上のサイズの欠陥数を求めたところ、平均1.2個/ウェーハであった。

40

尚、完成品であるSOIウェーハ表面に検出された0.25 $\mu$ m以上のサイズの欠陥を、別途、SEM観察したところ、それらのほとんどは、プリスターに起因した欠陥であった。

## 【0037】

## (比較例2)

熱処理におけるプレアニールを200、4時間保持の1ステップのみとした以外は実施例2と同一条件で貼り合わせウェーハ(SOIウェーハ)を作製し、同様に0.25 $\mu$ m以上のサイズの欠陥数を求めたところ、平均2.3個/ウェーハであった。

## 【0038】

## (比較例3)

50

熱処理におけるプレアニールを350、2時間保持の1ステップのみとした以外は実施例2と同一条件で貼り合わせウェーハ(SOIウェーハ)を作製し、同様に0.25 μm以上のサイズの欠陥数を求めたところ、平均3.4個/ウェーハであった。

【0039】

以上に示したように、本発明の貼り合わせウェーハの製造方法によれば、水分等をより確実に除去して貼り合わせ強度を向上させてから剥離することができ、ポイドやプリスターの形成を低減し、欠陥の少ないSOIウェーハを作製することが可能となった。

【0040】

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。

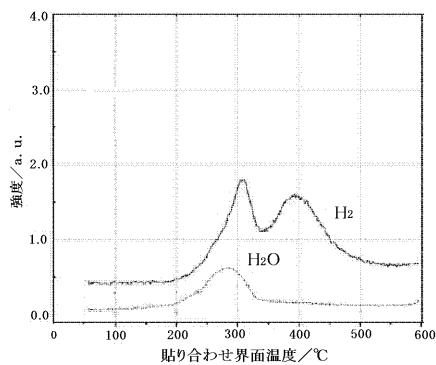
10

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】TDSによる貼り合わせ界面からの脱離ガス分析結果である。

【図1】



---

フロントページの続き

審査官 外山 毅

- (56)参考文献 特開平11-097379(JP,A)  
国際公開第2008/120074(WO,A1)  
特表2007-526646(JP,A)  
特開2002-353082(JP,A)  
特開2003-347526(JP,A)  
特開2006-074034(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
H01L 21/02  
H01L 27/12