

明 細 書

発明の名称：貼り合わせウェーハの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、イオン注入剥離法による貼り合わせ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接合後に剥離して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（絶縁膜）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、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）を薄膜状に剥離し、さらに熱処理（結合熱処理）を加えて強固に結合してSOIウェーハとする技術である（特許文献1等参照）。この段階では、劈開面（剥離面）がSOI層の表面となり、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る。なお、このイオン注入剥離法では絶縁膜を介さず、直接ボンドウェーハとベースウェーハを貼り合わせ、貼り合わせウェーハを製造することもできる。

[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、SOI層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。

[0007] 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、Rapid Thermal Annealing））を加えることを提案している。さらに、特許文献3の請求項2等では、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（犠牲酸化処理）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。

[0008] また、特許文献4では、剥離面を直接酸化する際に発生しやすいOSF（Oxidation induced Stacking Faults）を回避するため、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。

[0009] 特許文献5では、剥離後の貼り合わせウエーハの結合強度を高めるための結合熱処理を酸化性雰囲気で行う際、剥離面に発生しやすいOSFを確実に回避するため、結合熱処理として、950℃未満の温度で酸化熱処理を行った後に、5%以下の酸素を含む不活性ガス雰囲気、1000℃以上の温度で熱処理を行うことが開示されている。

[0010] さらに、特許文献6では、R T A処理と犠牲酸化処理を組み合わせ貼り合わせウェーハの薄膜表面の平坦化と薄膜の減厚を行う際に、BMD密度の増加を抑制し、かつ、薄膜表面を十分に平坦化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し、ボンドウェーハを剥離させた後の貼り合わせウェーハに対し、水素含有雰囲気下で第一のR T A処理を行った後、犠牲酸化処理を行って薄膜を減厚し、その後、水素含有雰囲気下で、第一のR T A処理よりも高い温度で第二のR T A処理を行う貼り合わせウェーハの製造方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 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：国際公開第WO2003／009386号／パンフレット
特許文献5：特開2010－98167号公報
特許文献6：特開2012－222294公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] イオン注入剥離法によりSOIウェーハ等の貼り合わせウェーハを作製する場合において、剥離直後の薄膜表面（剥離面であり、SOIウェーハではSOI層の表面である。）の平坦化やイオン注入によるダメージ層を除去するために、水素を含む還元性雰囲気下において高温のR T A処理を加えることや、そのR T A処理の前後に犠牲酸化処理を行うことは前記文献により知られていた。

[0013] ところが、R T A処理と犠牲酸化処理を組み合わせることによって薄膜表面の平坦化と薄膜の減厚化（ダメージ除去と膜厚調整）を行うと、ベースウェーハ中の酸素析出物（BMD、Bulk Micro Defect（バ

ル（微小欠陥）の密度が増大する場合があることが明らかとなった。一般には R T A 処理によって B M D は溶解する為、B M D 密度は減少することが知られている。しかし、R T A 処理によって一旦は大きいサイズの B M D が減少したとしても、小さなサイズの B M D 核が新たに高密度に発生し、この核がその後の犠牲酸化処理によって大きなサイズの B M D に成長して、その結果、B M D 密度がかえって増大してしまう、という現象が明らかとなった。更に、R T A 処理を高い温度にすればするほど、後続の酸化熱処理による B M D 密度がより増大する関係があることが明らかになった。

[0014] B M D 密度が高い場合には、デバイスプロセスの熱処理を受けて貼り合わせウエーハ（例えば S O I ウエーハ）が大きく変形してしまい、フォトリソグラフィ工程でパターンがずれる不良となるという問題が発生する場合があることが知られており、特に微細なフォトリソグラフィを必要とする高性能な先端集積回路の製造に供される貼り合わせウエーハにおいては、B M D 密度の増加を抑制することは重要な品質項目と考えられる。

[0015] 本発明は前述のような問題に鑑みてなされたもので、R T A 処理と犠牲酸化処理を組み合わせて、貼り合わせウエーハの薄膜表面の平坦化と薄膜の減厚化を行う際に、B M D 密度の増加を抑制し、かつ、薄膜表面を十分に平坦化することができると貼り合わせウエ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

[0016] 上記目的を達成するために、本発明は、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し、前記ボンドウエーハのイオン注入した表面とベースウエ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た後、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、前記ベースウエーハ上に薄膜を有する貼り合わせウエーハを作製する、貼り合わせウエーハの製造方法において、前記ボンドウエーハを剥離した後の貼り合わせウエーハに対し、水素含有雰囲気下で R T A 処理を行った後、犠牲酸化処理を行って前記薄膜

を減厚する工程を有し、前記 R T A 処理の保持開始温度を 1 1 5 0℃よりも高い温度とし、前記 R T A 処理の保持終了温度を 1 1 5 0℃以下とした条件で、前記 R T A 処理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。

[0017] このような保持開始温度及び保持終了温度とすれば、薄膜の表面を十分に平坦化することができる。それとともに、保持終了温度を上記温度とすることによって、貼り合わせウェーハにおける小さいサイズの新たな BMD 核の形成を十分に抑制することができる。その結果、R T A 処理の後に犠牲酸化処理を行って、薄膜の減厚を行っても、BMD 密度の増加を抑制することができる。

[0018] また、前記保持開始温度から前記保持終了温度までの保持時間中は、温度下降を伴うが温度上昇を伴わないことが好ましい。

[0019] このように保持時間中の温度を調節することにより、R T A 処理の最初の段階において、十分に薄膜表面の平坦化をすることができる高温にしたとしても、R T A 処理の最後の段階で、より確実に 1 1 5 0℃以下とすることができ、処理時間も短縮できる。

[0020] また前記保持開始温度を 1 1 7 5℃以上 1 2 5 0℃以下とし、前記保持終了温度を 1 1 0 0℃以上 1 1 5 0℃以下とすることが好ましい。

[0021] このような保持開始温度及び保持終了温度とすれば、より薄膜の表面を平坦化することができる。それとともに、保持終了温度を上記範囲とすることによって、小さいサイズの新たな BMD 核の形成を十分に抑制することができる。

発明の効果

[0022] 本発明の貼り合わせウェーハの製造方法に従い、保持温度の最初で温度が高く最後で温度が低い R T A 処理をし、その後犠牲酸化処理を行うことにより、表面粗さが小さく、BMD 密度の低い貼り合わせウェーハを製造することができる。このように BMD 密度の小さい貼り合わせウェーハあれば、デバイスプロセスの熱処理を受けても貼り合わせウェーハが大きく変形するよ

うなこともなく、フォトリソグラフィ工程でパターンがずれる不良となるという問題が発生し難い。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]実施例1の貼り合わせウェーハを製造する際のRTA処理の温度プロファイルを示すグラフである。

[図2]実施例2の貼り合わせウェーハを製造する際のRTA処理の温度プロファイルを示すグラフである。

[図3]実施例3の貼り合わせウェーハを製造する際のRTA処理の温度プロファイルを示すグラフである。

[図4]実施例4の貼り合わせウェーハを製造する際のRTA処理の温度プロファイルを示すグラフである。

[図5]比較例1の貼り合わせウェーハを製造する際のRTA処理の温度プロファイルを示すグラフである。

[図6]比較例2の貼り合わせウェーハを製造する際のRTA処理の温度プロファイルを示すグラフである。

[図7]本発明の貼り合わせウェーハの製造方法の実施態様の一例を示すフロー図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の貼り合わせウェーハの製造方法について、実施態様の一例として、図面を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0025] 本発明の貼り合わせウェーハの製造方法は以下ではSOIウェーハを製造する態様を中心に説明するが、本発明の方法は絶縁膜を形成しないで直接2枚のウェーハを貼り合わせる直接貼り合わせウェーハの製造にも適用することができる。

[0026] 図7は本発明の貼り合わせウェーハの製造方法のフロー図である。

[0027] まず、図7の工程(a)に示したように、ボンドウェーハ10及び支持基板となるベースウェーハ11を準備する。ボンドウェーハ10及びベースウ

ェーハ 11 は鏡面研磨されたシリコン単結晶ウェーハとすることができる。

[0028] この際、工程（a）において、貼り合わせウェーハの支持基板となるベースウェーハ 11 として、その後の熱処理において耐スリップ転位特性を発揮できるように、比較的高い酸素濃度の基板を選択する場合がある。また、ベースウェーハ 11 としてゲッタリングによってデバイス活性層から不純物の影響を低減する目的で、酸素濃度、窒素濃度又はホウ素濃度が高い基板を選択する場合がある。このように、貼り合わせウェーハに用いる基板の種類によって、潜在的に貼り合わせウェーハの BMD 密度がより増加しやすい状況を選択する場合があるが、本発明であれば、これらのような基板を用いても BMD 密度の増加を効果的に抑制できる。

[0029] 次に、図 7 の工程（b）に示したように、例えば熱酸化や CVD 酸化等によりボンドウェーハ 10 に埋め込み酸化膜となる酸化膜 12 を形成する。酸化膜の代わりに、窒化膜や酸窒化膜等の公知の絶縁膜を形成することができる。この酸化膜（絶縁膜）12 は、ベースウェーハ 11 のみに形成してもよいし、両ウェーハに形成してもよく、また、直接貼り合わせウェーハを製造する場合には形成しなくてもよい。

[0030] 次に、図 7 の工程（c）に示したように、ボンドウェーハ 10 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 13 を形成する。例えばボンドウェーハ 10 の表面に形成した酸化膜 12 の表面から、イオン注入機により水素イオン及び希ガスイオンのうち少なくとも一種類のガスイオンを注入して、ボンドウェーハ 10 の内部にイオン注入層 13 を形成する。この工程（c）では、目標とする厚さの薄膜を得ることができるように、イオン注入加速電圧を選択することができる。

[0031] 次に、図 7 の工程（d）に示したように、ボンドウェーハ 10 のイオン注入した表面とベースウェーハ 11 の表面とを直接あるいは絶縁膜 12 を介して貼り合わせる。なお、貼り合わせる前に、ウェーハの表面に付着しているパーティクルや有機物を除去するため、両ウェーハに貼り合わせ前洗浄を行

ってもよく、また、貼り合わせ界面の結合強度を高めるため、ウェーハ表面にプラズマ処理を施してもよい。

[0032] 次に、図7の工程(e)に示したように、イオン注入層13でボンドウェーハ10を剥離させる。これにより、ベースウェーハ11上に薄膜16を有する貼り合わせウェーハ15を作製する。この工程(e)では、例えば不活性ガス雰囲気下、350℃～500℃の温度で貼り合わせウェーハを保持してイオン注入層13において微小気泡層を発生させる熱処理を含む熱処理を施し、イオン注入層(微小気泡層)13を境界としてボンドウェーハ10を剥離させ、ベースウェーハ11上に埋め込み酸化膜(埋め込み絶縁膜)14と薄膜16を有する貼り合わせウェーハ15を得る。

[0033] 工程(a)～(e)の後、図7の工程(f)に示したように、ボンドウェーハ10を剥離した後の貼り合わせウェーハ15に対し、水素含有雰囲気下でRTA処理を行って、薄膜16の剥離面を平坦化する。このRTA処理の保持開始温度を1150℃よりも高い温度とし、RTA処理の保持終了温度を1150℃以下とする。このRTA処理は、ランプ加熱方式の枚葉式熱処理炉を用いることができ、また、さらにエピタキシャル成長まで行うことが可能ないわゆるエピタキシャル成長炉を用いることもできる。

[0034] このような保持開始温度及び保持終了温度とすれば、高温保持中の平均温度を高くすることができ、薄膜の表面を十分に平坦化することができる。それとともに、保持終了温度を上記温度に下げることによって、貼り合わせウェーハにおける小さいサイズの新たなBMD核の形成を十分に抑制することができる。

[0035] 一般的には、RTA処理によって、BMDは一旦は溶解して減少するが、逆により小さいサイズのBMD核を高密度に形成していると考えられる。しかし、本発明の貼り合わせウェーハの製造方法におけるRTA処理によって、上記のように、小さいサイズの新たなBMD核の形成を十分に抑制することができる。

[0036] 本発明における保持開始温度、保持終了温度とは、急速昇温(10℃/秒

以上（ $50^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下が一般的））、高温保持、急速降温（ $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上（ $50^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下が一般的））するR T A処理において急速昇温と急速降温の間にはさまれた高温保持時間の最初と最後の温度である。

[0037] 本発明における保持開始温度は、急速昇温が終わる点の温度である。すなわちR T A処理では急速昇温により保持温度まで昇温していくのであるが、本発明における保持開始温度は、その昇温速度が急激に低下する点の温度である。特に、高温保持開始温度から温度は一定になるか、低下する。

[0038] 本発明における保持終了温度は、急速降温が始まる点であり、降温速度が急激に速くなる点の温度である。例えば温度が 1150°C 以下となったときに、降温速度を急激に速くし例えば降温速度が $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上となった点を保持終了温度と定めることができる。

[0039] また、保持開始温度から保持終了温度までの保持時間中は、温度下降を伴うが温度上昇を伴わないR T A処理とすることが好ましい。このように保持時間中の温度を調節することにより、R T A処理の最初の段階において、十分に薄膜表面の平坦化をすることができる高温にしたとしても、R T A処理の最後の段階で、より確実に 1150°C 以下とすることができる。また、高温保持時間も短縮できる。高温保持時間中の温度の降温は特に限定されないが、例えば、図1～図4のようなパターンで行うことができ、一定速度で降温させてもよいし、保持開始温度で一定時間維持した後に降温してもよい。降温速度は例えば $0.1\sim5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ とすることができる。

[0040] また、R T A処理における保持開始温度を 1175°C 以上 1250°C 以下とし、保持終了温度を 1100°C 以上 1150°C 以下とすることが好ましい。さらにR T A処理においてより表面粗さの改善効果を高める為には、保持開始温度はできれば高温、例えば 1200°C 以上であることが望ましい。

[0041] このような保持開始温度及び保持終了温度とすれば、高温保持中の平均温度を高くすることができ、より薄膜の表面を平坦化することができる。それとともに、保持終了温度を上記範囲とすることによって、小さいサイズの新たなBMD核の形成を十分に抑制することができる。

- [0042] 工程（f）のRTA処理を行った後、図7の工程（g）に示したように、犠牲酸化処理を行って薄膜16を減厚する。例えば、バッチ式縦型炉を用いた酸化熱処理により、薄膜16の表面を熱酸化して酸化膜を形成し、その酸化膜をHFを含有する水溶液等で除去することにより、薄膜16を減厚する。
- [0043] 上記犠牲酸化処理を行うときは、調整したい膜厚に応じて酸化膜厚を選択する。ただし、剥離面に発生しやすいOSFを確実に回避するため、ボンドウエーハ10とベースウェーハ11の結合力を高める結合熱処理として、950℃未満の温度で酸化熱処理を行った後に5%以下の酸素を含む不活性ガス雰囲気中で1000℃以上の温度で熱処理を行い、その後成長した酸化膜を除去する場合がある。
- [0044] 上記の工程（f）のRTA処理及び工程（g）の犠牲酸化処理は、複数回繰返されることがある。従来の条件では、RTA処理及び犠牲酸化処理を繰り返す度に、RTA処理ではBMDが消去される一方で小さいBMD核は生成され、犠牲酸化ではBMDのサイズが成長することになる。しかし、本発明におけるRTA処理では、上記のように小さいサイズの新たなBMD核の形成を十分に抑制することができるため、犠牲酸化処理によるBMD密度の増加を抑制することができる。
- [0045] このように本発明では、ボンドウエーハを剥離した後の貼り合わせウェーハに対し、水素含有雰囲気下でRTA処理を行う際に、処理の最初の段階においては十分に表面を平坦化しうる高い温度まで上昇させて薄膜表面の平坦化を実行したのち、処理の最後の段階においては小さいサイズの新たなBMD核の形成がほとんど発生しない上限の温度以下まで温度を低下するような、温度保持のプロファイルを持つ、熱処理方法にてRTA処理を行うことができる。RTA処理において新たなBMD核の形成がほとんどないので、RTA処理後に犠牲酸化処理により薄膜16を減厚しても、BMD密度の増加を抑制できる。

実施例

[0046] 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、本発明はこれらによって限定されるものではない。

[0047] (実施例1)

ボンドウエーハとしてCOP (Crystal Originated Particle) の無いシリコン単結晶ウェーハ (直径300mm、結晶方位<100>) を準備した。このボンドウエーハに190nmの酸化膜を成長した後、イオン注入機にて、50keVの加速エネルギーでH⁺イオンを $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2$ 注入してイオン注入層を形成した。

[0048] ベースウェーハとして酸素濃度が22.4ppma (ASTM' 79) のシリコン単結晶ウェーハ (酸化膜なし、直径300mm、結晶方位<100>) を用意し、ボンドウエーハの注入面を接合面としてベースウェーハに密着させた。その後、この密着させたウェーハに対してバッチ式横型熱処理炉にて、投入温度200℃、最高温度500℃の熱処理を施し、ボンドウエーハをイオン注入層から剥離して、ベースウェーハ上にSOI層を形成した。

[0049] このSOI層の表面に、枚葉式RTA装置により水素50%アルゴン50%混合ガスの雰囲気中で、急速昇温 (30℃/秒) / 急速降温 (30℃/秒) にはさまれた温度保持時間のステップの保持開始時の温度を1175℃とし、保持時間の30秒間で温度を単調に減少して、保持終了時の温度を1150℃とした、RTA処理を実施した。その際の熱処理の温度プロファイルは図1である。その後、バッチ式縦型熱処理炉にて、900℃のパイロ酸化及び1050℃の酸素1%を含むArガス熱処理を行い、SOI表面 (SOI層の表面) に酸化膜成長を施した。その後HF洗浄にて酸化膜を除去することで、SOI膜厚を90nmに調整した。

[0050] このSOIウェーハについて、赤外線トモグラフ装置によりベースウェーハの裏面から200μmまでの深さ領域に存在するBMDの密度を測定したところ、 1.1×10^7 カウント/cm³の密度を得た。更に、このウェーハの表面粗さをAFM (原子間力顕微鏡) において30μm角の領域で測定を行った所、RMS (二乗平均平方根) 値は0.38nmであった。

[0051] (実施例2)

実施例1と同一条件でボンドウエーハをイオン注入層から剥離して、ベースウェーハ上にSOI層を形成した。このSOI層の表面に、枚葉式RTA装置により水素50%アルゴン50%混合ガスの雰囲気中で、急速昇温(30℃/秒)/急速降温(30℃/秒)にはさまれた温度保持時間のステップの保持開始時の温度を1175℃とし、保持時間の初めの10秒間は1175℃を維持し、10秒後から20秒間で温度を単調に減少して、保持終了時の温度を1150℃としたRTA処理を実施した。その際の熱処理の温度プロファイルは図2である。その後、バッチ式縦型熱処理炉にて、900℃のパイロ酸化及び1050℃の酸素1%を含むArガス熱処理を行い、SOI表面に酸化膜成長を施した。その後HF洗浄にて酸化膜を除去することで、SOI膜厚を90nmに調整した。

[0052] このSOIウェーハについて、赤外線トモグラフィ装置によりベースウェーハの裏面から200μmまでの深さ領域に存在するBMDの密度を測定したところ、 1.2×10^7 カウント/cm³の密度を得た。更に、このウェーハの表面粗さをAFMにおいて30μm角の領域で測定を行った所、RMS値は0.36nmであった。

[0053] (実施例3)

実施例1と同一条件でボンドウエーハをイオン注入層から剥離して、ベースウェーハ上にSOI層を形成した。このSOI層の表面に、枚葉式RTA装置により水素50%アルゴン50%混合ガスの雰囲気中で、急速昇温(30℃/秒)/急速降温(30℃/秒)にはさまれた温度保持時間のステップの保持開始時の温度を1200℃とし、保持時間の30秒間で温度を単調に減少して、保持終了時の温度を1100℃としたRTA処理を実施した。その際の熱処理の温度プロファイルは図3である。その後、バッチ式縦型熱処理炉にて、900℃のパイロ酸化及び1050℃の酸素1%を含むArガス熱処理を行い、SOI表面に酸化膜成長を施した。その後HF洗浄にて酸化膜を除去することで、SOI膜厚を90nmに調整した。

[0054] このSOIウェーハについて、赤外線トモグラフィ装置によりベースウェーハの裏面から200 μm までの深さ領域に存在するBMDの密度を測定したところ、 9.0×10^6 カウント/ cm^3 の密度を得た。更に、このウェーハの表面粗さをAFMにおいて30 μm 角の領域で測定を行った所、RMS値は0.35 nmであった。

[0055] (実施例4)

実施例1と同一条件でボンドウエーハをイオン注入層から剥離して、ベースウェーハ上にSOI層を形成した。このSOI層の表面に、枚葉式RTA装置により水素50%アルゴン50%混合ガスの雰囲気中で、急速昇温(30 $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$)／急速降温(30 $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$)にはさまれた温度保持時間のステップの保持開始時の温度を1160 $^{\circ}\text{C}$ とし、保持時間の30秒間で温度を単調に減少して、保持終了時の温度を1100 $^{\circ}\text{C}$ としたRTA処理を実施した。その際の熱処理の温度プロファイルは図4である。その後、バッチ式縦型熱処理炉にて、900 $^{\circ}\text{C}$ のパイロ酸化及び1050 $^{\circ}\text{C}$ の酸素1%を含むArガス熱処理を行い、SOI表面に酸化膜成長を施した。その後HF洗浄にて酸化膜を除去することで、SOI膜厚を90 nmに調整した。

[0056] このSOIウェーハについて、赤外線トモグラフィ装置によりベースウェーハの裏面から200 μm までの深さ領域に存在するBMDの密度を測定したところ、 8.0×10^6 カウント/ cm^3 の密度を得た。更に、このウェーハの表面粗さをAFMにおいて30 μm 角の領域で測定を行った所、RMS値は0.42 nmであった。

[0057] (比較例1)

実施例1と同一条件でボンドウエーハをイオン注入層から剥離して、ベースウェーハ上にSOI層を形成した。このSOI層の表面に、枚葉式RTA装置により水素50%アルゴン50%混合ガスの雰囲気中で、急速昇温(30 $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$)／急速降温(30 $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$)にはさまれた温度保持時間のステップの保持開始温度を1175 $^{\circ}\text{C}$ とし、保持時間の30秒間で温度を維持したまま、保持終了時の温度を1175 $^{\circ}\text{C}$ のままとしたRTA処理を実施した。その

際の熱処理の温度プロファイルは図5である。その後、バッチ式縦型熱処理炉にて、900℃のパイロ酸化及び1050℃の酸素1%を含むArガス熱処理を行い、SOI表面に酸化膜成長を施した。その後HF洗浄にて酸化膜を除去することで、SOI膜厚を90nmに調整した。

[0058] このSOIウェーハについて、赤外線トモグラフィ装置によりベースウェーハの裏面から200μmまでの深さ領域に存在するBMDの密度を測定したところ、 3.0×10^7 カウント/cm³の密度を得た。更に、このウェーハの表面粗さをAFMにおいて30μm角の領域で測定を行った所、RMS値は0.37nmであった。

[0059] (比較例2)

実施例1と同一条件でボンドウエーハをイオン注入層から剥離して、ベースウェーハ上にSOI層を形成した。このSOI層の表面に、枚葉式RTA装置により水素50%アルゴン50%混合ガスの雰囲気中で、急速昇温(30℃/秒)/急速降温(30℃/秒)にはさまれた温度保持時間のステップの保持開始時の温度を1100℃とし、保持時間の30秒間で温度を維持したまま、保持終了時の温度を1100℃のままとしたRTA処理を実施した。その際の熱処理の温度プロファイルは図6である。その後、バッチ式縦型熱処理炉にて、900℃のパイロ酸化及び1050℃の酸素1%を含むArガス熱処理を行い、SOI表面に酸化膜成長を施した。その後HF洗浄にて酸化膜を除去することで、SOI膜厚を90nmに調整した。

[0060] このSOIウェーハについて、赤外線トモグラフィ装置によりベースウェーハの裏面から200μmまでの深さ領域に存在するBMDの密度を測定したところ、 8.0×10^6 カウント/cm³の密度を得た。更に、このウェーハの表面粗さをAFMにおいて30μm角の領域で測定を行った所、RMS値は0.55nmであった。

[0061] 実施例1～実施例4、比較例1及び比較例2の条件及び結果を表1にまとめた。

[0062]

[表1]

	保持開始温度 (°C)	保持終了温度 (°C)	BMD密度 (カウント/cm ²)	表面粗さ(RMS) (nm)
実施例 1	1175	1150	1.1×10^7	0.38
実施例 2	1175	1150	1.2×10^7	0.36
実施例 3	1200	1100	9.0×10^6	0.35
実施例 4	1160	1100	8.0×10^6	0.42
比較例 1	1175	1175	3.0×10^7	0.37
比較例 2	1100	1100	8.0×10^6	0.55

[0063] 表 1 に示すように、表面粗さは、主に高温保持中の平均温度に依存し、BMD 密度は、主に高温保持の終了温度に依存すると考えられる。実施例 1、2 と比較例 1 を比較すると、表面粗さには大きな差異はないが、保持終了温度が低い実施例 1、2 の BMD 密度は、比較例 1 に比べて 1 / 3 程度に低減することができた。

[0064] また、実施例 3 のように、更に保持終了温度を低温化することによって、BMD 密度を更に低減することができると同時に、保持終了温度を低温化しても保持開始温度を高めたことによって高温保持中の平均温度を高めたことによって、表面粗さの悪化を防ぐことができた。

[0065] 実施例 4 では、保持終了温度を 1100°C と低くすることによって BMD 密度を低減し、かつ、保持開始温度はやや低めであるが 1150°C よりも高くしたことによって、1100°C の一定温度で保持した比較例 2 に比べて表面粗さの悪化を防ぐことができた。

[0066] 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] 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し、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た後、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、貼り合わせウェーハの製造方法において、
- 前記ボンドウェーハを剥離した後の貼り合わせウェーハに対し、水素含有雰囲気下でR T A処理を行った後、犠牲酸化処理を行って前記薄膜を減厚する工程を有し、
- 前記R T A処理の保持開始温度を1 1 5 0℃よりも高い温度とし、前記R T A処理の保持終了温度を1 1 5 0℃以下とした条件で、前記R T A処理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] 前記保持開始温度から前記保持終了温度までの保持時間中は、温度下降を伴うが温度上昇を伴わない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] 前記保持開始温度を1 1 7 5℃以上1 2 5 0℃以下とし、前記保持終了温度を1 1 0 0℃以上1 1 5 0℃以下とすることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。