

明 細 書

発明の名称：熱処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウェーハの熱処理方法に関し、特に、シリコン単結晶ウェーハの熱処理方法に関する。

背景技術

[0002] 熱処理技術は、各種半導体プロセスに用いられており、基本的かつ重要な技術となっている。例えば、半導体基板として使用されるシリコン単結晶ウェーハに対し、結晶品質を改質する、不純物を拡散する、あるいは、表層部分に膜構造を形成する等の目的のために熱処理が実施される。

熱処理を実施するための熱処理装置として、複数のウェーハを所定の間隔をあけて同時処理するバッチ式のものが広く用いられている。特に、ウェーハを水平に支持した状態で縦方向に配置するタイプを縦型炉と呼ぶ。また、垂直に近い角度に立てた状態で横方向に配置するタイプを横型炉と呼ぶ。

[0003] 近年の大直径化が進んだウェーハには縦型炉が多く用いられる。熱処理炉内においてウェーハを支持する支持部材はポートとも呼ばれ、石英製（石英ポート）や、SiC素材の表面にCVD-SiCコートを施したSiC製ポート（SiCポート）が一般的に用いられる。

特に、高温熱処理では、熱に対する耐久性が高いSiC製の支持部材が広く使用されている。支持部材の形状にはさまざまなものがあるが、縦型炉用の支持部材として一般的なものは、3本、または、4本の垂直な支柱を2枚の板状部材（天板と底板）で連結し、支柱の一部に溝を水平方向に形成したものである。ウェーハはその溝の水平面上に載置されて支持される。

[0004] このような支持部材に載置されたシリコン単結晶ウェーハは、例えば、アルゴンや酸素雰囲気下で熱処理される。この熱処理の際に、支持部材との接触部分からスリップ転位と呼ばれる欠陥が発生することが知られている（引用文献1、引用文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-241545号公報

特許文献2：特開2005-101161号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] スリップ転位は、シリコン単結晶ウェーハが支持部材に接触した時に生じる機械的なダメージを起点とし、ウェーハ自重による応力や、熱変形時に生じる応力と、更に、高温の熱エネルギーが加わることで、長さ数ミリメートルから数センチメートルにわたりシリコン結晶構造がずれて形成される欠陥である。

[0007] 縦型炉を用いた場合、横型炉と比較して、ウェーハ自重が分散され、ウェーハ面内の熱分布の均一性も良いことから、スリップ転位が抑制される傾向がある。しかし、縦型炉を用いた場合においても、特にSiC製の支持部材を用いた場合には、スリップ転位が多く発生することがある。さらに、使用する支持部材が同一の設計に基づいて作製された場合であっても、スリップ転位の発生する状況が支持部材毎に異なったり、支持部材の使用初期ではスリップ転位が発生しなかった場合でも、支持部材を長期間使用することで、スリップ転位が発生する場合がある。

[0008] 本発明は前述のような問題に鑑みてなされたもので、スリップ転位の発生を抑制できる熱処理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

[0009] 上記目的を達成するために、本発明によれば、複数の半導体ウェーハを、SiCでコートされた支持部材上にそれぞれ水平に載置し、縦型熱処理炉内で熱処理を行う熱処理方法において、前記支持部材を、第1または第2の条件のいずれかの熱処理に一定期間継続して用いた後、もう一方の条件の熱処理に一定期間継続して用いるように、前記支持部材と熱処理条件を切り替え

て熱処理をするものであり、前記第1の条件の熱処理は、1000℃以上の温度で、希ガスを含みかつ酸素を含まない雰囲気下での熱処理であり、前記第2の条件の熱処理は、1000℃以上の温度で、酸素を含みかつ希ガスを含まない雰囲気下での熱処理であることを特徴とする熱処理方法が提供される。

[0010] このような熱処理方法であれば、半導体ウェーハを載置する支持部材の表面の形状変化を抑制でき、スリップ転位を低コストで抑制できる。

[0011] このとき、希ガスをアルゴンガスとすることが好ましい。さらに、第1及び第2の条件の熱処理をそれぞれ継続する前記一定期間を、200時間以上、400時間以下とすることが好ましい。

このようにすれば、スリップ転位を低コストで確実に抑制できる。

[0012] また、支持部材と熱処理条件の切り替えを複数回繰り返すことが好ましい。

このようにすれば、1つの支持部材の使用時間を増加することでコストを更に低減できる。

発明の効果

[0013] 本発明では、支持部材を、第1の条件（1000℃以上、希ガスを含みかつ酸素を含まない雰囲気）、または第2の条件（1000℃以上、酸素を含みかつ希ガスを含まない雰囲気）のいずれかの高温熱処理に一定期間継続して用いた後、もう一方の条件の高温熱処理に一定期間継続して用いるように、支持部材と熱処理条件を切り替えて熱処理をするので、半導体ウェーハを載置する支持部材の表面の形状変化を抑制でき、スリップ転位を低コストで抑制できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の熱処理方法で用いることができる縦型熱処理炉の一例の概略図である。

[図2]実施例におけるアルゴン雰囲気下の高温熱処理を施したウェーハのスリップ量を示す図である。

[図3]実施例における酸素雰囲気下の高温熱処理を施したウェーハのスリップ量を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

本発明の熱処理方法では、図1に示すような縦型熱処理炉を用いることができる。

図1に示すように、縦型熱処理炉10は反応室11を有し、反応室11の内部には支持部材13（ウェーハポート）が配置されている。反応室11の周囲にはヒータ12が設けられている。

[0016] この支持部材13には複数の半導体ウェーハWをそれぞれ水平に載置することができるようになっている。例えば、支持部材13を構成する支柱の側面に溝を水平方向に形成し、その溝の下面をウェーハ支持面とすることができる。ウェーハ支持面は、例えば、円柱形の支柱に形成した半円形の支持面、または角柱形状の支柱に形成した長方形の支持面とすることができる。支持部材13は、少なくともそのウェーハ支持面が、耐熱性が高いSiCでコートされており、熱処理中にウェーハの金属汚染が発生するのを防止できる。SiCは例えばCVDでコートされたものである。

[0017] 支持部材13は、縦型熱処理炉10に取り外し可能に設けられている。そのため、支持部材13を、ウェーハWを載置したまま縦型熱処理炉10内に配置したり、縦型熱処理炉10から取り外したりすることができる。

[0018] 熱処理の際は、反応室11にガス導入管14を介してガスが導入されながら、ウェーハWがヒータ12によって加熱される。導入されたガスは、上方から下方に向かって流れてガス排気管15から外部に排出される。

本発明の熱処理方法における熱処理条件には、第1の条件と第2の条件があり、これら条件と使用する支持部材13の組み合わせが決定される。具体的には、支持部材13を、第1または第2の条件のいずれかの高温熱処理に一定期間継続して用いた後、もう一方の条件の高温熱処理に一定期間継続し

て用いるように、支持部材と熱処理条件を切り替える。

[0019] このとき、支持部材と熱処理条件は、同じ縦型熱処理炉 10 において、同じ支持部材を継続して用いながら熱処理条件を変えることにより切り替えることができる。或いは、同じ熱処理条件で継続して熱処理しながら使用する支持部材を他の条件で使われていたものに交換することで切り替えることもできる。

このように、支持部材と熱処理条件を切り替えて熱処理を行うことにより、以下に詳述するように、スリップ転位を抑制できる。

[0020] 第 1 の条件の熱処理は、1000℃以上の温度で、希ガスを含みかつ酸素を含まない雰囲気下での熱処理である。第 2 の条件の熱処理は、1000℃以上の温度で、酸素を含みかつ希ガスを含まない雰囲気下での熱処理である。第 1 の条件の雰囲気の代表的な例は、アルゴン雰囲気（Ar ガス 100%）である。第 2 の条件の雰囲気の代表的な例は、酸素雰囲気（O₂ ガス 100%）である。

第 1 の条件及び第 2 の条件の熱処理温度が 1000℃未満では、スリップ転位の発生が抑制されてしまうため、本発明の効果が十分に得られなくなる。一方、1350℃以下の温度とすることで、スリップ転位が大幅に増加することを確実に防ぐことができるので好ましい。

[0021] 第 1 の条件及び第 2 の条件の熱処理をそれぞれ継続する一定期間は、特に限定されないが、例えば 200 時間以上、400 時間以下とすることが好ましい。この期間が 200 時間以上であれば、支持部材 13 の交換頻度の増加によるコストの増加を抑制できる。この期間が 400 時間以下であれば、スリップ転位をより確実に抑制できる。

或いは、熱処理後のウェーハのスリップ転位の量を測定し、この量が予め設定した閾値を超えるまでの期間を上記一定期間としても良い。

[0022] ここで、発明者の検討により明らかとなったスリップ転位が発生する原因について以下に詳細に説明する。

スリップ転位の発生には、ウェーハと接触する支持部材の表面状態が大き

く影響する。特に、CVD-SiCコートを実施した支持部材の表面は粗いため、支持部材にウェーハを載置すると、微小な隆起状部で点接触として支持される。そのため、ウェーハの自重による内部応力が局部的に大きくなり、スリップ転位が発生しやすいと考えられる。

[0023] 支持部材の長期間の継続使用でスリップ転位の発生が増加する現象は、支持部材の表面の粗さ形状が変化するためと考えられる。

一般的な熱処理においては、炉内に高純度のガスを一種類、または複数種類混合して供給する。半導体ウェーハの熱処理に用いられる代表的なガス種として、酸素、窒素、水素、アルゴン等が用いられる。これまで、長期間使用することによって生じる支持部材表面の形状変化は、これらガス種によらず共通の現象と考えられていた。実際に、アルゴン雰囲気、及び酸素雰囲気での熱処理した場合のいずれにおいても、それぞれの支持部材でスリップ転位の発生の増加が見られる。

[0024] しかし、発明者が実際に熱処理後の支持部材の表面状態を詳細に調査したところ、ガス種により表面状態に差が生じていることが見出された。

元々、CVD-SiCコートされた支持部材の表面には、サイズが1～5 μm 程度の粒塊が存在し、それぞれの粒塊は先鋭的な形状をしている。このような支持部材表面がアルゴンなどの希ガス（不活性ガス）雰囲気下で熱処理を長期間受けると、先鋭的な粒塊の先端部分に丸みを生じる。一方、酸素雰囲気下で熱処理を長期間受けると、その先端部分がより先鋭的な形状に変化する。このように、アルゴン雰囲気と酸素雰囲気では生じる先端形状の変化はそれぞれ逆の傾向を示す。

[0025] これに対し、スリップ転位の発生はどちらの雰囲気の場合も増加する傾向が見られる。一見すると矛盾しているように思われるが、これは以下のように解釈することができる。

希ガス雰囲気下で熱処理を長期間実施した場合、上記のように、支持部材表面にある粒塊の先端部分が丸みを帯びることにより、この先端部分とウェーハとの接触面積が増加する。これにより、ウェーハと支持部材が互いに対

して横方向にずれる際の摩擦が大きくなる。実際に、熱処理中のウェーハは熱膨張により支持部材に対して横方向にずれている。このとき摩擦が小さければ、両者は滑らかにずれることになるが、摩擦が大きければ、ずれが開始するまでの横方向の応力が増加し、この応力によってスリップ転位が増加すると考えられる。

[0026] これに対し、酸素雰囲気では、粒塊の先端部分が先鋭化することにより、1点あたりの接触面積が低下し摩擦が低下する。しかし、各接触点におけるウェーハ自重による垂直方向の応力集中が増加し、この応力によってスリップ転位が増加すると考えられる。

このように、スリップ転位の悪化メカニズムは希ガス雰囲気と酸素雰囲気の2つの雰囲気下で異なっており、それぞれは逆の特徴を持っている。

[0027] 従って、本発明のように、使用する支持部材と熱処理条件を切り替えて熱処理すれば、支持部材表面の粒塊の形状変化を、丸み形状と先鋭形状間で切り替えることができ、言わば表面状態に再生効果を生じることができる。従って、上記した粒塊の形状変化に基づくスリップ転位の発生を効果的に低減できる。このような方法であれば、使用する支持部材と熱処理条件を切り替えるだけでスリップ転位を抑制できるので、支持部材を新品と入れ替える場合と比べ、低コストで実施できるとともに、生産性も向上できる。さらに、この切り替えを複数回繰り返すようにすれば、支持部材の使用時間が増加し、更にコストを低減できる。

実施例

[0028] 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。

[0029] (実施例)

本発明の熱処理方法に従って、シリコン単結晶ウェーハの高温熱処理を行った。図1に示すような縦型熱処理炉を2つ用い、それぞれの縦型熱処理炉で第1の条件の熱処理、及び第2の条件の熱処理を行った。2つの縦型熱処理炉に設けられている支持部材は、CVD-SiCコートされた4点支持型

のSiC製の同一仕様のものでした。

第1の条件の高温熱処理は、アルゴン雰囲気、最高温度が1200℃、最高温度の保持時間が1時間、最高温度の保持時間前後に昇降温のステップを含める条件で実施した。第2の条件の高温熱処理は、酸素雰囲気、最高温度が1050℃、最高温度の保持時間が1時間、最高温度の保持時間前後に昇降温のステップを含める条件で実施した。

[0030] 第1及び第2の条件の熱処理をそれぞれ300時間継続した後、2つの縦型熱処理炉間で支持部材を交換し、それぞれ同じ条件の熱処理をさらに継続した。その期間のスリップ転位の発生状況を調査した。スリップ転位の評価方法としては、X線回折画像から、スリップ転位像を判別し、スリップ転位がウェーハ中に含まれる確率をスリップ量として数値化した。

図2に第1の条件の高温熱処理を施したウェーハのスリップ量と処理バッチ数の関係を示す。図3に第2の条件の高温熱処理を施したウェーハのスリップ量と処理バッチ数の関係を示す。なお、図2、3の横軸の処理バッチ数は、1バッチ当たり10回の熱処理に相当するようにして示し、また、支持部材の使用初期のデータを一部省略してスリップ転位が増加し始める少し前からのデータのみを示している。

[0031] 図2と図3のいずれにおいても、支持部材の使用初期ではスリップ量は少なかったが、その後、長期間使用を継続することでスリップ量が増加した。図2と図3の中に示した点線は、支持部材を交換したタイミングを示しており、このタイミング以降で、それぞれのスリップ量は大幅に減少した。また、その減少効果はその後も長期間にわたり継続した。

このように、本発明の熱処理方法に従って、支持部材と熱処理条件を切り替えて熱処理することにより、スリップ転位を低減できることが確認できた。

なお、従来のように、切り替えを行わず、支持部材を使用し続けた場合、スリップ量はさらに増加し続けることが予測される。

[0032] 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] 複数の半導体ウェーハを、SiCでコートされた支持部材上にそれぞれ水平に載置し、縦型熱処理炉内で熱処理を行う熱処理方法において、
- 前記支持部材を、第1または第2の条件のいずれかの熱処理に一定期間継続して用いた後、もう一方の条件の熱処理に一定期間継続して用いるように、前記支持部材と熱処理条件を切り替えて熱処理をするものであり、
- 前記第1の条件の熱処理は、1000℃以上の温度で、希ガスを含みかつ酸素を含まない雰囲気下での熱処理であり、前記第2の条件の熱処理は、1000℃以上の温度で、酸素を含みかつ希ガスを含まない雰囲気下での熱処理であることを特徴とする熱処理方法。
- [請求項2] 前記希ガスをアルゴンガスとすることを特徴とする請求項1に記載の熱処理方法。
- [請求項3] 前記第1及び第2の条件の熱処理をそれぞれ継続する前記一定期間を、200時間以上、400時間以下とすることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の熱処理方法。
- [請求項4] 前記支持部材と熱処理条件の切り替えを複数回繰り返すことを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の熱処理方法。