(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2004-281805
(P2004-281805A)
(43)公開日　平成16年10月7日(2004.10.7)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H01L 27/12	H01L 27/12	E	5F004
H01L 21/02	H01L 27/12	B	
H01L 21/302	H01L 21/02	B	
	H01L 21/302	201A	

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 12 頁）

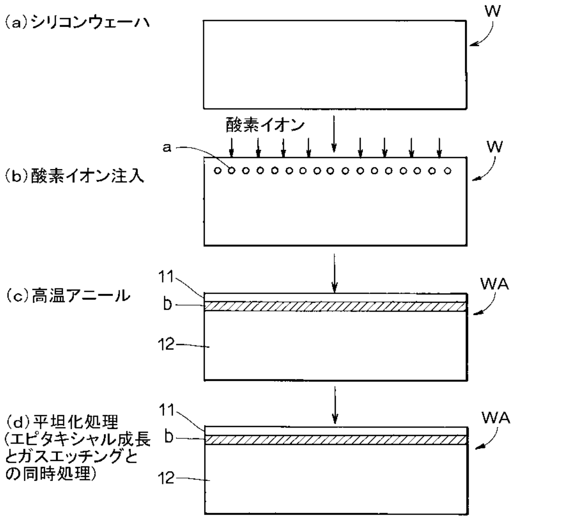
(21)出願番号　特願2003-72470 (P2003-72470)
(22)出願日　平成15年3月17日 (2003.3.17)

(71)出願人　302006854
三菱住友シリコン株式会社
東京都港区芝浦一丁目２番１号
(74)代理人　100094215
弁理士　安倍　逸郎
(72)発明者　遠藤　昭彦
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
(72)発明者　森本　信之
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

Ｆターム(参考)　5F004 AA11　BA19　CA02　CA04　DA00
DA24　DA29　DB01　EA34

(54)【発明の名称】半導体ウェーハの平坦化処理方法

(57)【要約】
【課題】短時間で、ウェーハ表面の平坦性を高める半導体ウェーハの平坦化処理方法を提供する。
【解決手段】シリコンウェーハWの活性層１１ｂの表面に対して、エピタキシャル成長とエッチングとを同時に施す。具体的には、シリコンウェーハWが挿入されたエピタキシャル成長装置の膜形成室に、エピタキシャル成長ガスとエッチングガスとの混合ガスを供給する。これにより、平坦化処理される面の凹部１１ａがエピタキシャル層１１ｂにより埋められるとともに、凸部１１ｃがエッチングされる。その結果、短時間で活性層１１の表面の平坦性を高めることができる。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体ウェーハの表面およびまたは裏面を平坦化する半導体ウェーハの平坦化処理方法において、
前記半導体ウェーハの平坦化処理される面の凹部をエピタキシャル層により埋めるエピタキシャル成長と、前記半導体ウェーハの平坦化処理される面の凸部を溶解するエッチングとを同時に施す半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【請求項２】
前記エピタキシャル成長が気相エピタキシャル成長で、前記エッチングがガスエッチングである請求項１に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【請求項３】
前記エピタキシャル層のエピタキシャル成長速度と、前記凸部のエッチング速度とを略等しくした請求項１または請求項２に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【請求項４】
前記エピタキシャル成長速度とエッチング速度との差が、該エピタキシャル成長速度とエッチング速度のうち、高速側の速度の１０％以下である請求項１～請求項３のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【請求項５】
前記半導体ウェーハがＳＩＭＯＸウェーハで、前記平坦化処理される面が活性層の表面である請求項１～請求項４のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【請求項６】
前記半導体ウェーハが剥離処理を伴うウェーハで、前記平坦化処理される面が半導体ウェーハの剥離面である請求項１～請求項５のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【請求項７】
前記平坦化処理される面には、平坦化処理の前に、研磨、半導体ウェーハの剥離面に酸化膜を形成した後に酸化膜を除去する犠牲酸化および前記半導体ウェーハを水素雰囲気中で高温加熱する水素アニールのうち、少なくとも１つの他の平坦化処理が施される請求項１～請求項６のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
この発明は、半導体ウェーハの平坦化処理方法、詳しくは半導体ウェーハの表面およびまたは裏面を、エピタキシャル成長とエッチングという２つの異なる処理を同時に施すことで高精度に平坦化する技術に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、ＳＯＩ（Ｓｉｌｉｃｏｎ　Ｏｎ　Ｉｎｓｕｌａｔｏｒ）構造を有する半導体ウェーハを製造する方法としてスマートカット法が開発されている。
これは、水素などを所定深さ位置にイオン注入した活性層用ウェーハと、支持基板用ウェーハとを酸化膜を介して貼り合わせ、その後、得られた貼り合わせウェーハを熱処理炉に挿入して熱処理し、このイオン注入領域から活性層用ウェーハを剥離して活性層を形成し、それから活性層の剥離面を平坦化処理する方法である。
また、ＳＯＩ構造の半導体ウェーハを製造する他の方法として、１枚のシリコンウェーハを使用し、活性層とバルク層との間に埋め込みシリコン酸化膜が介在されたＳＩＭＯＸ（Ｓｅｐａｒａｔｉｏｎ　ｂｙ　Ｉｍｐｌａｎｔｅｄ　Ｏｘｙｇｅｎ）基板の製造方法が開発されている。
ＳＩＭＯＸ基板は、酸素イオンをウェーハ表面側からシリコンウェーハの所定深さにイオン注入し、その後、シリコンウェーハを熱処理してイオン注入領域に埋め込みシリコン酸化膜を形成し、次に活性層のイオン注入側の面を平坦化処理して製造される。

【０００３】
ＳＯＩ構造を有する半導体ウェーハの表面ラフネス（ウェーハ表面の平坦性）は重要である。特に、厚さが１μｍ以下の薄膜の活性層にあっては、デバイス特性への影響が問題となるため、活性層の面内均一性には、デバイスメーカーから高い精度の要求がある。スマートカット法では、ウェーハ剥離時に活性層の表面があれる。一方、ＳＩＭＯＸ基板では、ウェーハ面内で酸素イオンが均一に注入されないことを原因として、表面ラフネスが低下する。
そこで、従来における表面ラフネスの改善方法として、例えば（１）　活性層の表面にエピタキシャル層を成長させる方法（例えば、特許文献１参照）、（２）　水素アニールにより活性層の表面をガスエッチングする方法（例えば、特許文献２参照）、（３）　活性層の表面を研磨する方法（例えば、特許文献３参照）などが知られている。
【０００４】
【特許文献１】特開２０００－３０９９５号公報（第１頁、図１）
【特許文献２】特開平１１－３０７４７２号公報（第１頁、図１）
【特許文献３】特開平５－８２５２５号公報（第１頁、図１）
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、（１）　のエピタキシャル成長法だけによる表面ラフネスの改善では活性層が厚くなり、薄膜の活性層が得られないという別の問題が発生していた。（２）　のガスエッチング法による表面ラフネスの改善によれば、活性層が薄くなるだけではなく、剥離面の凸部が優先的にエッチングされるだけで局所的な凹部（ピット）の平坦化は困難であった。また、所定の活性層厚さを有するＳＯＩウェーハに対しては、エッチングにより活性層が薄くなるため、更なる表面平坦化が施せないという問題があった。（３）の研磨方法は、機械的な研磨処理であるため、ウェーハ面内の厚みバラツキが発生し易く、また、非常に薄い活性層を定性的かつ定量的に得難いという問題があった。
また、エピタキシャル成長とエッチングとを、所定の順序で活性層に施すことも考えられる。しかしながら、これでは半導体ウェーハを平坦化するための処理時間が長くなり、効率的ではない。
【０００６】
そこで、発明者らは鋭意研究の結果、活性層の表面に対して、この表面の局所的な凹部をエピタキシャル層により埋めるエピタキシャル成長と、活性層の表面の凸部を溶解するエッチングとを同時に施せば、短時間のうちにウェーハの表面ラフネス（ウェーハ表面の平坦性）を高い精度で改善できることを知見し、この発明を完成させた。
【０００７】
【発明の目的】
この発明は、短時間で、ウェーハ表面の平坦性を高めることができる半導体ウェーハの平坦化処理方法を提供することを、その目的としている。
【０００８】
【課題を解決するための手段】
請求項１に記載の発明は、半導体ウェーハの表面およびまたは裏面を平坦化する半導体ウェーハの平坦化処理方法において、前記半導体ウェーハの平坦化処理される面の凹部をエピタキシャル層により埋めるエピタキシャル成長と、前記半導体ウェーハの平坦化処理される面の凸部を溶解するエッチングとを同時に施す半導体ウェーハの平坦化処理方法である。
半導体ウェーハの種類は限定されない。例えば、単結晶シリコンウェーハ、ガリウム・ヒ素ウェーハなどの単層構造の半導体ウェーハを採用することができる。その他、各種のＳＯＩ構造を有するウェーハでもよい。例えば、貼り合わせＳＯＩウェーハ、スマートカット法を利用した剥離を伴うウェーハ（例えばユニボンドウェーハ）、ＳＩＭＯＸウェーハ、ＥＬＴＲＡＮウェーハなどを採用することができる。
【０００９】

ＳＯＩ構造を有する半導体ウェーハの場合、活性層の厚さは限定されない。例えば、厚膜の活性層では２０～５０μｍ、薄膜の活性層では０．０１～２０μｍである。また、活性層と支持基板用ウェーハとの間に介在される埋め込みシリコン酸化膜の厚さは限定されない。例えば、０．１～０．５μｍである。

貼り合わせＳＯＩウェーハの場合、活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハとの貼り合わせは、例えば常温により両ウェーハを重ね合わせた後、貼り合わせ熱処理することで行われる。この貼り合わせ熱処理の加熱処理温度は８００℃以上、例えば１１００℃である。貼り合わせ熱処理の時間は、例えば2時間である。使用する熱酸化炉内の雰囲気ガスには酸素などが用いられる。

この貼り合わせ熱処理時に活性層用ウェーハを剥離してもよい。また、この貼り合わせ熱処理とは別に、活性層用ウェーハを剥離してもよい。

【００１０】

スマートカット法が施される半導体ウェーハの場合、半導体ウェーハにイオン注入される軽元素の種類は限定されない。例えば、水素（Ｈ）の他、希ガスの元素であるヘリウム（Ｈｅ）、ネオン（Ｎｅ）、アルゴン（Ａｒ）、クリプトン（Ｋｒ）、キセノン（Ｘｅ）、ラドン（Ｒｎ）などでもよい。または、これらの単体または化合物でもよい。

イオン注入時の軽元素のドーズ量は限定されない。例えば$１×１０^{１６}$～$１×１０^{１７}$ａｔｏｍｓ／$ｃｍ^{2}$である。

軽元素のイオン注入時の加速電圧も限定されない。例えば５０ｋｅＶ以下、好ましくは３０ｋｅＶ以下、さらに好ましくは２０ｋｅＶ以下である。軽元素のイオン注入は、低加速電圧ほど目標深さに軽元素を集中させることができる。その結果、軽元素バブル領域の厚さがより小さくなる。

ウェーハ剥離時の熱処理温度は４００～７００℃、好ましくは４５０～５５０℃である。４００℃未満では半導体ウェーハ内に軽元素ハブル領域が全く形成されず、剥離されない。また、７００℃を超えるとウェーハの固溶酸素濃度によっては活性層に酸素析出物が形成される。

【００１１】

ＳＩＭＯＸウェーハの場合、活性層の厚さは、例えば０．０１～０．３μｍである。また、埋め込みシリコン酸化膜の厚さは、例えば０．１～０．５μｍである。

半導体ウェーハへの酸素イオンの注入密度は、例えば$１０^{１８}$ａｔｏｍｓ／$ｃｍ^{2}$である。また、イオン注入時の酸素イオンの加速電圧は３０～２００ｋｅＶである。酸素イオン後、埋め込みシリコン酸化膜を形成する熱処理温度は、例えば１２００℃以上である。

【００１２】

半導体ウェーハの平坦化処理される面は限定されない。ウェーハ表面、ウェーハ裏面またはウェーハ表裏両面でもよい。

エピタキシャル成長の種類は限定されない。例えば、エピタキシャル成長ガスを使用する気相エピタキシャル成長、エピタキシャル成長材料を過飽和に含む融液を使用した液相エピタキシャル成長などを採用することができる。気相エピタキシャル成長法には、例えばＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法、ＰＶＤ（Ｐｈｙｓｉｃｓ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法などを採用することができる。

【００１３】

エピタキシャル成長装置は、半導体ウェーハを１枚ずつ膜形成室に挿入してエピタキシャル成長処理する枚葉式でもよい。また、複数の半導体ウェーハを膜形成室に挿入し、一度に処理するバッチ式のエピタキシャル成長装置でもよい。

原料ガスとしては、例えば$ＳｉＨ_{4}$、$ＳｉＨ_{2}Ｃｌ_{2}$、$ＳｉＨＣｌ_{3}$、$ＳｉＣｌ_{4}$などを採用することができる。

キャリアガスとしては、例えば水素ガス、不活性ガスなどを採用することができる。

エピタキシャル成長装置内での加熱手段としては、例えばハロゲンランプ、赤外線ランプなどを採用することができる。

【００１４】

エッチングの種類は限定されない。ドライエッチングまたはウエットエッチングの何れでもよい。ドライエッチングとしては、例えばガスエッチング、プラズマエッチング、スパッタッチング、イオンビームエッチングなどを採用することができる。その中でも、エッチングガス（塩酸ガスなど）の雰囲気中で行われるガスエッチングが好ましい。ガスエッチングの反応は、熱処理だけで進行する。塩酸ガスを使用する際の塩酸の濃度は８％以下、熱処理温度は９００～１１５０℃程度である。このガスエッチング条件では、エッチング速度の面異方性がなく、ウェーハ表面の平坦化に有利である。ところが、塩酸の濃度が高く、熱処理の温度も高い場合には、面異方向性が大きく、ウェーハ表面の平坦化が困難である。好ましい塩酸の濃度は５％以下、熱処理温度は１１００℃以下である。

【００１５】

請求項２に記載の発明は、前記エピタキシャル成長が気相エピタキシャル成長で、前記エッチングがガスエッチングである請求項１に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法である。

エッチングガスの種類は限定されない。例えば、塩酸（ＨＣｌ）ガスなどを採用することができる。

エッチング温度は９００～１１５０℃、エッチング時間は０．１～１０分間である。

エピタキシャル成長速度は０．００１～０．５μｍ／ｍｉｎ、好ましくは０．０１～０．１μｍ／ｍｉｎである。０．００１μｍ／ｍｉｎ未満ではエピタキシャル成長の制御が難しく、成長速度も遅いために生産性が低下する。また、０．５μｍ／ｍｉｎを超えると、エピタキシャル成長速度とエッチング速度を同程度にするためには、高温、高濃度のエッチング条件が必要となり、エッチング速度の面異方性が大きくなり、活性層の平坦化が困難となる。

同様に、エッチング速度は０．００１～０．５μｍ／ｍｉｎ、好ましくは０．０１～０．１μｍ／ｍｉｎである。０．００１μｍ／ｍｉｎ未満ではエッチング制御が難しく、エッチング速度も遅いために生産性が低下する。また、０．５μｍ／ｍｉｎを超えると高温、高Ｓｉ原料ガス濃度のエピタキシャル成長条件が必要となり、エピタキシャル成長速度の面異方性が大きくなり、活性層の平坦化が困難となる。

【００１６】

請求項３に記載の発明は、前記エピタキシャル層のエピタキシャル成長速度と、前記凸部のエッチング速度とを略等しくした請求項１または請求項２に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法である。

【００１７】

請求項４に記載の発明は、前記エピタキシャル成長速度とエッチング速度との差が、該エピタキシャル成長速度とエッチング速度のうち、高速側の速度の１０％以下である請求項１～請求項３のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法である。

この場合のエピタキシャル成長速度とはエッチングガス（例えばＨＣｌ）を流さない時の成長速度である。また、エッチング速度とは、エピタキシャルＳｉ原料ソースガス（例えばＳｉＨＣｌ$_3$）を流さない時のエッチング速度と定義する。

好ましい速度差は、高速側の速度の５％以下である。１０％を超えるとＳＯＩ層の膜厚を大きく変化させることなく短時間で平坦化させることができなくなる。

【００１８】

請求項５に記載の発明は、前記半導体ウェーハがＳＩＭＯＸウェーハで、前記平坦化処理される面が活性層の表面である請求項１～請求項４のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法である。

【００１９】

請求項６に記載の発明は、前記半導体ウェーハが剥離処理を伴うウェーハで、前記平坦化処理される面が半導体ウェーハの剥離面である請求項１～請求項５のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法である。

【００２０】

請求項７に記載の発明は、前記平坦化処理される面には、平坦化処理の前に、研磨、半導

体ウェーハの剥離面に酸化膜を形成した後に酸化膜を除去する犠牲酸化および前記半導体ウェーハを水素雰囲気中で高温加熱する水素アニールのうち、少なくとも１つの他の平坦化処理が施される請求項１～請求項６のうち、何れか１項に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法である。
研磨装置は限定されない。１枚の半導体ウェーハだけを研磨する枚葉式でも、複数枚の半導体ウェーハを一括して研磨するバッチ式でもよい。また、半導体ウェーハの片面だけを研磨する片面研磨装置でも、半導体ウェーハの表裏両面を研磨する両面研磨装置でもよい。
研磨布としては、例えばポリエステルフェルトにポリウレタンを含浸させた多孔性の不織布タイプの研磨布が挙げられる。また、発泡したウレタンのブロックをスライスした発泡性ウレタンタイプの研磨布でもよい。
平坦化処理される面の研磨量は、例えば０．０１～１μｍ、好ましくは０．０１～０．２μｍである。０．０１μｍ未満では研磨量が少なすぎるため、平坦化処理の前に研磨を行う効果が小さく、１μｍを超えると活性層（ＳＯＩ層）の面内均一性が崩れる。
【００２１】
犠牲酸化用の酸化膜としては、例えば半導体ウェーハを大気中などに放置して得られる自然酸化膜でもよいし、各種の熱処理を施して形成される熱酸化膜でもよい。また、半導体ウェーハを、例えばＳＣ－１洗浄またはオゾン洗浄することで酸化膜を形成してもよい。
酸化膜の厚さは限定されない。例えば、５～１００００オングストローム程度である。薄くすることで、膜形成方法および膜除去方法の選択肢が増え、膜形成時間および膜除去時間も短縮する。
酸化膜の除去方法は限定されない。例えばＨＦ洗浄を採用することができる。その際、フッ酸の濃度は０．０１～５０ｗｔ％程度である。
【００２２】
水素アニールの温度としては、例えば１０００～１３００℃である。水素アニールの熱処理時間は１～１２０分である。水素アニール時の雰囲気ガスとしては、水素１００％の他、水素とアルゴンとの混合ガス（例えば水素：アルゴン＝１：３３）、または、水素と窒素との混合ガス（例えば水素：窒素＝１：２０）を採用することができる。
他の平坦化処理は、研磨だけ、犠牲酸化だけまたは水素アニールだけの単独処理でもよい。また、研磨と犠牲酸化、研磨と水素アニール、犠牲酸化と水素アニールの複合処理でもよい。さらには、３種類すべての処理を施してもよい。
【００２３】
【作用】
この発明によれば、半導体ウェーハの平坦化処理される面に対して、エピタキシャル成長とエッチングとを同時に施す。具体的には、半導体ウェーハが挿入されたエピタキシャル成長装置の膜形成室に、例えばエピタキシャル成長ガスとエッチングガスとの混合ガスを供給する。これにより、平坦化処理される面の凹部がエピタキシャル層により埋められるとともに、平坦化処理される面の凸部がエッチングされる。これは、ウェーハ表面の局所的な自由エネルギーによるもので、凹部に関しては、結合している原子を切ってエッチングするよりも、新たに原子が付着し結合した方がエネルギー的に安定する。また、凸部に関しては、そこに新たに原子が付着し結合するよりも、既に存在する原子の結合を切って、平らになった方がエネルギー的に安定になるという作用によるものと推察される。その結果、短時間で半導体ウェーハ表面の平坦性を高めることができる。
【００２４】
特に、請求項３に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法によれば、エピタキシャル層のエピタキシャル成長速度と、凸部のエッチング速度とを略等しくする。これにより、エピタキシャル層成長の進行の度合いと、凸部エッチングの進行の度合いとが略同じになる。その結果、平坦化処理される面を、最も効率良く最短時間のうちに平坦化処理することができる。
【００２５】

また、請求項７に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法によれば、平坦化処理の前に、平坦化処理される面に対して別の平坦化処理（研磨、犠牲酸化および水素アニールの少なくとも１つ）が施される。その結果、ウェーハ表面の平坦性をさらに高めることができる。

【００２６】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。まず、第１の実施例のＳＩＭＯＸウェーハの平坦化処理方法を説明する。

ボロンが所定量添加されたｐ型の単結晶シリコンインゴットをＣＺ法により引き上げた後、単結晶シリコンインゴットに、ブロック切断、スライス、面取り、鏡面研磨などを施す。これにより、厚さ７２５μｍ、直径２００ｍｍ、比抵抗２０Ωｃｍ、ｐ型の鏡面仕上げされたシリコンウェーハＷが得られる（図１（ａ））。

【００２７】

鏡面仕上げされたシリコンウェーハＷの表面から、中電流イオン注入装置を使用し、１８０ｋｅＶの加速電圧で酸素イオンを注入する（図１（ｂ））。このときのドーズ量は、4×10^{17} atoms／cm^3である。

その後、シリコンウェーハＷを熱処理炉に投入し、１３５０℃で１０時間、高温アニールを施す（図１（ｃ））。雰囲気ガスは、アルゴンと酸素との混合比が９９：１の混合ガスである。これにより、注入された酸素とシリコンとが結合し、酸素イオン注入領域ａに埋め込みシリコン酸化膜ｂが形成される。その結果、シリコンウェーハＷの表面側に活性層１１が形成される一方、シリコンウェーハＷの裏面側にバルク層１２が形成される。埋め込みシリコン酸化膜ｂの膜厚は約０．１μｍである。これにより、活性層１１とバルク層１２との間に埋め込みシリコン酸化膜ｂが介在されたＳＩＭＯＸウェーハＷＡが作製される。

【００２８】

次に、このＳＯＩ構造を有するシリコンウェーハＷを枚葉式のＣＶＤ装置の膜形成室内に挿入し、活性層１１の表面の凹部１１ａをエピタキシャル層１１ｂにより埋めるエピタキシャル成長と、活性層１１の表面の凸部１１ｃを溶解するエッチングとを同時に施して、活性層１１の表面を高精度に平坦化処理する（図１（ｄ），図２）。このとき、エピタキシャル層１１ｂのエピタキシャル成長速度と、凸部１１ｃのエッチング速度とは略同じ０．１μｍ／分とする。

膜形成室には、エピタキシャル成長用のＳｉソースガスである$SiHCl_3$を０．１～０．５ｓｌｍで供給するとともに、エッチングガスであるＨＣｌガスを、０．３～６．０ｓｌｍで供給する。キャリアガスにはH_2ガスを使用し、H_2ガスの供給量は６０ｓｌｍである。膜形成室での熱処理の温度は、１０５０～１２００℃、熱処理の時間は１～３０分間の熱処理する。

【００２９】

このように、膜形成室にエピタキシャル成長ガスとエッチングガスとの混合ガスを、図２（ａ）に示す高温アニール後の活性層１１の表面に沿って流すと、活性層１１の表面のうちでも、特に凸部１１ｃがＨＣｌガスに晒され、この凸部１１ｃが溶解されて徐々にその高さが低くなる（図２（ｂ））。これと同時に、活性層１１の表面の凹部１１ａは$SiHCl_3$との接触が多くなり、そこでエピタキシャル層１１ｂが成長し、その凹部１１ａが徐々に埋まって行く。そして、最終的には、エピタキシャル成長速度とエッチング速度とが略同じであることから、活性層１１の表面の凹部１１ａと凸部１１ｃとの中間の高さ位置で、これらの２種類の異なる平坦化処理が終了する（図２（ｃ））。その結果、活性層１１の表面の平坦性を高めることができる。しかも、この平坦化に要する時間は、例えばエピタキシャル成長とエッチングとを所定の順序で施す場合より、短縮することができる。

【００３０】

ここで、混合ガスにより凸部１１ｃが選択的にエッチングされ、凹部１１ａに選択的にエ

ピタキシャル層１１ｂがエピタキシャル成長されるのは、ウェーハ表面の局所的な自由エネルギーによるもので、凹部に関しては、結合している原子を切ってエッチングするよりも、新たに原子が付着し結合した方がエネルギー的には安定であり、凸部に関しては、そこに新たに原子が付着し結合するよりも、既に存在する原子の結合を切って、平らになった方が安定になるという作用によるものと推察される。
また、この第１の実施例では、エピタキシャル層１１ｂのエピタキシャル成長速度と、凸部１１ｃのエッチング速度とを略等しくしている。その結果、エピタキシャル層１１ｂの成長の進行の度合いと、凸部１１ｃのエッチングの進行の度合いとが略等しくなり、平坦化処理される活性層１１の表面を、最も効率良く最短時間で平坦化処理することができる。
そして、活性層１１の表面には、平坦化処理の前に、例えば公知の研磨処理、半導体ウェーハの剥離面に酸化膜を形成した後に酸化膜をフッ酸濃度が０．０１～５０ｗｔ％のＨＦ溶液により除去する公知の犠牲酸化、および、半導体ウェーハを水素雰囲気中で高温加熱する水素アニールなどを施してもよい。
【００３１】
次に、図３を参照して、第２の実施例のスマートカットウェーハの平坦化処理方法について説明する。
まず、ＳＩＭＯＸウェーハ用のシリコンウェーハＷと同じウェーハ加工条件で活性層用ウェーハ２０を作製する（図３（ａ））。この活性層用ウェーハ２０に酸素ガス雰囲気で９００℃の熱酸化処理を施し、活性層用ウェーハ２０の露出面の全域に、シリコン酸化膜２０ａを形成する。この鏡面仕上げされた活性層用ウェーハ２０の表面から約０．６μｍの深さ位置に、中電流イオン注入装置を使用し、５０ｋｅＶの加速電圧で水素イオンを注入する。このときのドーズ量は、5×10^{16} ａｔｏｍｓ／cm^2 である。図３において、ｃは水素イオン注入領域を示す。
【００３２】
続いて、活性層用ウェーハ２０の表面と、あらかじめ準備された支持基板用ウェーハ（同一プロセスで作製されたシリコンウェーハ）３０の鏡面とを貼り合わせ面（重ね合わせ面）とし、例えば真空装置内で公知の治具を用いて両ウェーハ２０，３０を貼り合わせる（図３（ｂ））。このとき、活性層用ウェーハ２０と支持基板用ウェーハ３０との間のシリコン酸化膜２０ａが、埋め込みシリコン酸化膜２０ｂとなる。
それから、貼り合わせウェーハ４０を図示しない枚葉式の剥離熱処理装置に挿入し、５００℃の炉内温度、N_2 ガスの雰囲気で３０分間の剥離熱処理を施す。これにより、水素イオン注入領域ｃを介して、支持基板用ウェーハ３０側に活性層２１を残し、活性層用ウェーハ２０が剥離される（図３（ｃ））。
その後、得られた活性層２１の表面に対して、第１の実施例と同様に、エピタキシャル層１１ｂの成長、凸部１１ｃのガスエッチングとを同時に施す。
こうして、活性層２１と支持基板用ウェーハ３０との間に埋め込みシリコン酸化膜２０ｂが介在されたスマートカットウェーハＷＢが作製される。
その他の構成、作用および効果は、第１の実施例から推測可能な範囲であるので、説明を省略する。
【００３３】
次に、表１に基づき、この発明のＳＩＭＯＸウェーハとスマートカットウェーハ（試験例１～３）と、従来のＳＩＭＯＸウェーハとスマートカットウェーハ（比較例１～４）とについて、平坦化方法の違いによる活性層の表面ラフネスに関する試験結果を報告する。平坦化処理後の活性層の表面ラフネスは、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）により評価した（２×２μｍ視野）。
本試験例１～３では、膜形成室には、$SiHCl_3$ を０．３ｓｌｍで供給するとともに、ＨＣｌガスを０．３ｓｌｍで供給する。キャリアガスにはH_2 ガスを使用し、その供給量は６０ｓｌｍとした。膜形成室内の温度は１１５０℃、熱処理の時間は３分間とした。比較例１，３では、ＨＣｌガスを供給（ガスエッチング）しない点を除いては本試験例と同

条件であり、比較例２，４では、ＳｉＨＣｌ$_3$ を供給（エピタキシャル成長）しない点を除いては本試験例と同条件とした。

【００３４】

【表１】

	ｳｪｰﾊの種類	ｳｪﾊｰ表面の平坦化法	平坦化処理前ﾗﾌﾈｽ(P-V)nm	平坦化処理後ﾗﾌﾈｽ(P-V)nm
比較例1	ＳＩＭＯＸ	EPのみ	2	1.2
比較例2	ＳＩＭＯＸ	ETのみ	3	1.4
比較例3	ＳＣ	EPのみ	53	13
比較例4	ＳＣ	ETのみ	47	6
試験例1	ＳＩＭＯＸ	EP×ET	2	0.9
試験例2	ＳＣ	EP×ET	46	0.7
試験例3	ＳＣ	EP×ET	51	0.8

(凡例) ＳＩＭＯＸ；ＳＩＭＯＸウェーハ、ＳＣ；スマートカットウェーハ、EP；エピタキシャル成長、ET；塩酸でのガスエッチング、EP×ET；エピタキシャル成長とガスエッチングとの同時平坦化処理である。
Ｐ－Ｖ；視野内におけるｐｅａｋ値とｖａｌｌｅｙ値との差

【００３５】

表１から明らかなように、エピタキシャル成長とエッチングとを同時処理する試験例１～３は、いずれも平坦化処理後の表面ラフネスが１ｎｍを下回り、良好な結果が得られた。特に、試験例２，３では平坦化処理前の表面ラフネスが５０ｎｍ前後にも拘らず、平坦化処理後は０．７ｎｍ前後であった。これに対して、比較例１，３のエピタキシャル成長による平坦化処理と、比較例２，４の塩酸を利用したガスエッチングによる平坦化処理では、平坦化処理後の表面ラフネスは最大１３ｎｍ、最小でも１．２ｎｍであった。

【００３６】

次に、表２に基づき、この発明のスマートカットウェーハ（試験例４～７）について、エピタキシャル成長速度とエッチング速度とに関する試験結果を報告する。ウェーハの平坦化処理条件および表面ラフネスの評価は、前記試験例１～３と同様とする。また、平坦化処理前のラフネスは、Ｐ－Ｖ値で４０～５０ｎｍとする。

【００３７】

【表２】

	ｴﾋﾟﾀｷｼｬﾙ 成長ﾚｰﾄ (μm/min)	ｴｯﾁﾝｸﾞﾚｰﾄ (μm/min)	平坦化処理後ﾗﾌﾈｽ (P-V)nm
試験例4	0.1	0.1	0.8
試験例5	0.1	0.11	0.9
試験例6	0.1	0.15	2.1
試験例7	0.1	1.0	4.5

【００３８】

表２から明らかなように、エピタキシャル成長レートとエッチングレートが１０％以上異なる試験例７では、処理時間３ｍｉｎでは、表面ラフネスの改善は十分ではなかった。

【００３９】
次に、表３に基づき、この発明のスマートカットウェーハについて、エピタキシャル成長とエッチングとの同時平坦化処理の前に、研磨（試験例８，比較例５）、犠牲酸化（試験例９，比較例６）、水素アニール（試験例１０，比較例７）を施すか否かによる活性層の表面ラフネスに関する試験結果を報告する。ウェーハの平坦化処理条件および表面ラフネスの評価は、前記試験例１～３と同様とする。ただし、平坦化処理時間は１分間に変更する。
【００４０】
【表３】

	前処理の有無	平坦化処理前ラフネス (P-V)nm	平坦化処理後ラフネス (P-V)nm
試験例8	研磨処理あり	1.1	0.9
比較例5	研磨処理なし	53	6.9
試験例9	犠牲酸化処理あり	32	2.4
比較例6	犠牲酸化処理なし	52	7.8
試験例10	水素アニール処理あり	17	1.1
比較例7	水素アニール処理なし	48	7.7

(凡例) 研磨処理；研磨量０．５μmの研磨、犠牲酸化処理；０．２μmの酸化、水素アニール；１２００℃、1時間のアニール

【００４１】
表３から明らかなように、エピタキシャル成長とエッチングとを同時処理する前に、研磨、犠牲酸化、水素アニールなどの前処理を施すと、短時間で所望の表面ラフネスを有するスマートカットウェーハが得られることが分かった。
【００４２】
【発明の効果】
この発明によれば、半導体ウェーハの平坦化処理される面に、エピタキシャル成長およびエッチングを同時に施すので、エピタキシャル成長により平坦化処理される面の凹部がエピタキシャル層により埋められるとともに、平坦化処理される面の凸部がエッチングにより溶解される。これにより、短時間のうち、ウェーハ表面の平坦性を改善することができる。
【００４３】
特に、請求項３に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法によれば、エピタキシャル層のエピタキシャル成長速度と、凸部のエッチング速度とを略等しくしたので、平坦化処理される面を、最も効率良く最短時間で平坦化処理することができる。
【００４４】
また、請求項７に記載の半導体ウェーハの平坦化処理方法によれば、平坦化処理の前処理として、平坦化処理される面に研磨、犠牲酸化、水素アニールの少なくとも１つが施されるので、ウェーハ表面の平坦性をさらに高めることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】この発明の第１の実施例に係るＳＩＭＯＸウェーハの平坦化処理方法を示すフローシートである。
【図２】この発明の第１の実施例に係るウェーハ表面の平坦化処理の進行状態を示すフローシートである。
【図３】この発明の一実施例に係るスマートカットウェーハの平坦化処理方法を示すフロ

ーシートである。

【符号の説明】

１０　活性層用ウェーハ（半導体ウェーハ）、

１１，２１　活性層、

１１ａ　凹部、

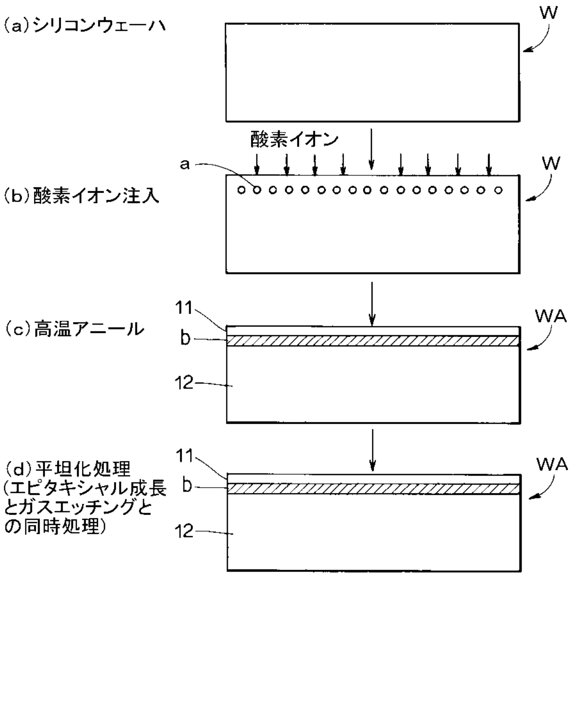
１１ｃ　凸部、

Ｗ　シリコンウェーハ（半導体ウェーハ）、

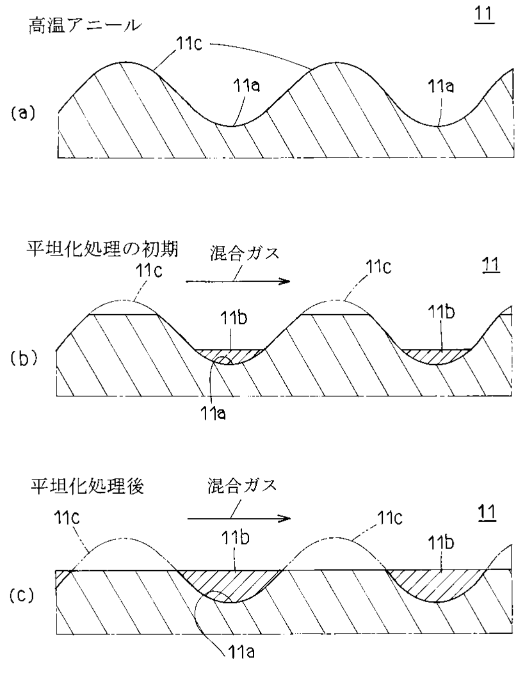
ＷＡ　ＳＩＭＯＸウェーハ、

ＷＢ　スマートカットウェーハ。

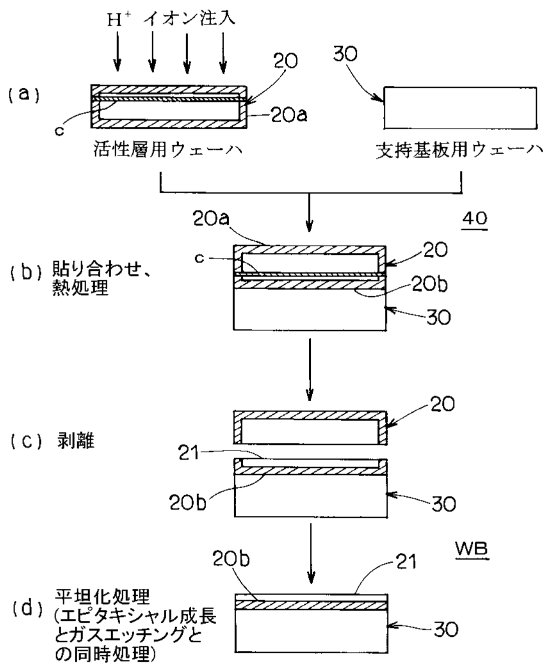
【図１】



【図２】



【図３】


H+ イオン注入
20
30
(a)
c
20a
活性層用ウェーハ
支持基板用ウェーハ
20a
40
(b) 貼り合わせ、
熱処理
c
20
20b
30
(c) 剥離
20
21
20b
30
WB
20b
21
(d) 平坦化処理
(エピタキシャル成長
とガスエッチングと
の同時処理)
30