

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5707682号  
(P5707682)

(45) 発行日 平成27年4月30日(2015.4.30)

(24) 登録日 平成27年3月13日(2015.3.13)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/306 (2006.01)

H O 1 L 21/306 M

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 1 D

H O 1 L 21/205 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 2 C

H O 1 L 21/20 (2006.01)

H O 1 L 21/205

C 3 O B 25/20 (2006.01)

H O 1 L 21/20

請求項の数 4 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-192450 (P2009-192450)  
 (22) 出願日 平成21年8月21日(2009.8.21)  
 (65) 公開番号 特開2011-42536 (P2011-42536A)  
 (43) 公開日 平成23年3月3日(2011.3.3)  
 審査請求日 平成24年1月23日(2012.1.23)

前置審査

(73) 特許権者 302006854  
 株式会社 S U M C O  
 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 西村 弘徳  
 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社  
 S U M C O 内  
 (72) 発明者 緒方 晋一  
 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社  
 S U M C O 内  
 (72) 発明者 御厨 俊介  
 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社  
 S U M C O 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アルカリ性水溶液を主剤とする1次研磨液を用い、砥粒を介在させて、研磨レートを0.05~0.6  $\mu\text{m}$ /分として、シリコンウェーハの表面に形成された酸化膜を1次研磨により除去し、

その後、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された2次研磨液を用いて、研磨レートを0.1~0.6  $\mu\text{m}$ /分として、前記シリコンウェーハの表面を2次研磨することで鏡面化し、

該2次研磨後、前記シリコンウェーハの鏡面化された表面にエピタキシャル膜を気相成長させるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法であって、

前記2次研磨後、前記シリコンウェーハの表面の面粗さは、原子間力顕微鏡により1  $\mu\text{m}$   $\times$  1  $\mu\text{m}$ の測定面積域を測定した際、R M S表示で0.3 nm未満であり、かつ、原子間力顕微鏡により10  $\mu\text{m}$   $\times$  10  $\mu\text{m}$ の測定面積域を測定した際、R M S表示で0.3 nm以下であるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 2】

アルカリ性水溶液を主剤とする1次研磨液を用い、砥粒を介在させて、研磨レートを0.05~0.6  $\mu\text{m}$ /分として、シリコンウェーハの表面に形成された酸化膜を1次研磨により除去し、

その後、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された2次研磨液を用いて、研磨レートを0.1~0.6  $\mu\text{m}$ /分として、前記シリコンウェーハの表面を2次

10

20

研磨することで鏡面化し、

該２次研磨後、前記シリコンウェーハの鏡面化された表面にエピタキシャル膜を気相成長させるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法であって、

前記２次研磨後、前記シリコンウェーハの酸化膜耐圧特性評価においてＴＺＤＢ測定によるＣ＋ｍｏｄｅ占有率が９９％以上であるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

【請求項３】

前記アルカリ性水溶液に添加される前記水溶性高分子は、ヒドロキシエチルセルロースまたはポリエチレングリコールである請求項１または請求項２に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

10

【請求項４】

前記１次研磨液の主剤となるアルカリ性水溶液および前記２次研磨液の砥粒を含まないアルカリ性水溶液は、ｐＨ８～ｐＨ１４の範囲内に調整されたアルカリ性水溶液であって、ｐＨ調整剤として塩基性アンモニア塩、塩基性カリウム塩、塩基性ナトリウム塩の何れかが添加されたアルカリ性水溶液もしくは炭酸アルカリ性水溶液、あるいはヒドラジンもしくはアミンが添加されたアルカリ性水溶液である請求項１～請求項３のいずれか１項に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

20

この発明は、エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法、詳しくはシリコンウェーハの鏡面研磨された表面に、エピタキシャル膜が気相成長されたエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

例えば、バイポーラＩＣ用デバイスを作製する基板として、エピタキシャルシリコンウェーハが知られている。これは、ｐ型の低抵抗（０．０１～１００Ω・ｃｍ程度）のシリコンウェーハに、単結晶シリコンからなる厚さ数μｍのｎ型のエピタキシャル膜を気相成長させたものである。

【０００３】

30

表面が鏡面仕上げされたシリコンウェーハは、チョクラルスキー（ＣＺ）法により育成された単結晶シリコンインゴットをスライスし、得られたシリコンウェーハに面取り、ラッピング（研削加工）、エッチングを順次施し、その後、ウェーハ表面の研磨を行うことで製造される。

一般的な研磨方法によれば、シリコンウェーハの表面に１次研磨、２次研磨、仕上げ研磨および各研磨段階後の洗浄が順次施される。研磨はその段階が移行する毎に、例えば研磨砥粒が微細化し、研磨布が低硬度化してウェーハ表面の面粗さが低い値となるようにウェーハ表面に多段の研磨処理が施される。

ところが、このような多段階にわたる精密な研磨方法では、各段階で研磨と洗浄とが繰り返されることから、より高硬度化された低抵抗ウェーハになるほど、その研磨時間が長くなっていた。その結果、シリコンウェーハの表面の平坦度が低下し、ウェーハ表面にピットが生じるとともに、シリコンウェーハの外周部にダレや周期的な凹凸が発生していた。また、１次研磨、２次研磨、仕上げ研磨などシリコンウェーハに対する多段研磨処理にコストがかかる問題があった。

40

【０００４】

そこで、これを解消する従来技術として、例えば特許文献１が知られている。これは、エッチング後のシリコンウェーハの表面に１次鏡面研磨のみを施し、その研磨面にエピタキシャル膜を気相成長させる技術である。１次鏡面研磨工程では、例えば、コロイダルシリカなどの遊離砥粒を含む研磨液が使用される。１次鏡面研磨面の粗さは、原子間力顕微鏡を利用し、１μｍ×１μｍの測定面積域を測定したとき、ＲＭＳ（Ｒｏｏｔ Mean

50

Square)表示で0.3nm以上1.2nm以下であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第3120825号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の1次鏡面研磨で使用する研磨液には遊離砥粒が含まれている。そのため、原子間力顕微鏡による $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ の測定面積域を測定した際、RMS表示で0.3nm以上の表面粗さであった。この数値は、今日の急速なデバイスの高集積化に対応するものとしては、十分とは言えない。

10

しかも、遊離砥粒を含む研磨液を用いてシリコンウェーハの表面を1次鏡面研磨した場合、鏡面研磨中のメカニカル作用により、ウェーハ表層部に新たな加工ダメージが導入され、酸化膜耐圧特性が低下するという問題があった。また、研磨液中の遊離砥粒の凝集を原因として、シリコンウェーハの1次鏡面研磨面には、マイクロスクラッチなどの加工起因の欠陥なども発生する。そのため、1次鏡面研磨面に多数のLPD(Light Point Defects)が発生していた。具体的には、直径300nmのシリコンウェーハ1枚当たりで、130nmサイズ以上のLPDが1000個以上も現出していた。このようなシリコンウェーハの表面にエピタキシャル膜を成膜すれば、エピタキシャル膜の表面で観察されるLPD密度が増大してしまうという問題があった。

20

【0007】

そこで、発明者は鋭意研究の結果、まずアルカリ性水溶液を主剤とする1次研磨液を使用し、砥粒の存在下でウェーハ表面に形成された酸化膜を1次研磨により除去し、次に、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された2次研磨液を用いて、シリコンウェーハの表面を2次研磨することで鏡面化し、その後、ウェーハ表面にエピタキシャル膜を気相成長させれば、上述した問題は全て解消することを知見し、この発明を完成させた。

この発明は、仕上げ研磨を省略してエピタキシャルシリコンウェーハが製造可能となることで、研磨工程の簡略化により生産性が高まってコストダウンが可能となり、しかも遊離砥粒を含む1次研磨のみを施した場合に比べて、鏡面研磨されたウェーハ表面に発生する加工起因のLPDの密度を低減し、ウェーハ表面の表面粗さを小さくすることができるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法を提供することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1に記載の発明は、アルカリ性水溶液を主剤とする1次研磨液を用い、砥粒を介在させて、研磨レートを $0.05\sim 0.6\mu\text{m}/\text{分}$ として、シリコンウェーハの表面に形成された酸化膜を1次研磨により除去し、その後、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された2次研磨液を用いて、研磨レートを $0.1\sim 0.6\mu\text{m}/\text{分}$ として、前記シリコンウェーハの表面を2次研磨することで鏡面化し、該2次研磨後、前記シリコンウェーハの鏡面化された表面にエピタキシャル膜を気相成長させるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法であって、前記2次研磨後、前記シリコンウェーハの表面の面粗さは、原子間力顕微鏡により $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ の測定面積域を測定した際、RMS表示で0.3nm未満であり、かつ、原子間力顕微鏡により $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ の測定面積域を測定した際、RMS表示で0.3nm以下であるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法である。

40

請求項2に記載の発明は、アルカリ性水溶液を主剤とする1次研磨液を用い、砥粒を介在させて、研磨レートを $0.05\sim 0.6\mu\text{m}/\text{分}$ として、シリコンウェーハの表面に形成された酸化膜を1次研磨により除去し、その後、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された2次研磨液を用いて、研磨レートを $0.1\sim 0.6\mu\text{m}/\text{分}$ と

50

して、前記シリコンウェーハの表面を2次研磨することで鏡面化し、該2次研磨後、前記シリコンウェーハの鏡面化された表面にエピタキシャル膜を気相成長させるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法であって、前記2次研磨後、前記シリコンウェーハの酸化膜耐圧特性評価においてT Z D B測定によるC + m o d e占有率が99%以上であるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法である。

【0009】

本発明によれば、1次研磨および2次研磨のみを実施し、仕上げ研磨を省略してエピタキシャルシリコンウェーハを製造することができるので、研磨工程が簡略化してエピタキシャルシリコンウェーハの生産性が高まり、コストダウンが可能となる。しかも、遊離砥粒を含む1次研磨のみを施した場合に比べて、鏡面研磨されたウェーハ表面に発生する加工起因のLPDの密度を低減し、ウェーハ表面の表面粗さを小さくすることができる。

10

さらに、2次研磨の前処理である1次研磨時に、砥粒を介在して酸化膜をメカニカル作用により短時間で除去するので、2次研磨時において、アルカリ性水溶液を使用したアルカリエッチングのケミカル作用による鏡面研磨を、高い研磨レートで行うことができる。すなわち、1次研磨前のシリコンウェーハの表面には一般的に自然酸化膜が存在し、この自然酸化膜をアルカリ性水溶液のみを使用する2次研磨のケミカルな研磨だけで除去することは困難である。そこで、2次研磨の前に砥粒を使用する1次研磨を施すことで、自然酸化膜を短時間で除去することができる。

【0010】

また、2次研磨時のウェーハ表面はケミカル作用により鏡面研磨されるので、砥粒を用いた鏡面研磨のようなメカニカル作用による加工ダメージの発生を回避することができ、酸化膜耐圧特性が非常に優れたウェーハとすることができる。しかも、砥粒を使用しない研磨であるため、砥粒凝集に起因したマイクロスクラッチなどの加工起因の欠陥発生などを大幅に低減可能で、その後に形成されるエピタキシャル膜の表面に発生するLPD密度も低減することができる。

20

【0011】

また、2次研磨液を、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加されたものとしたので、研磨中の研磨荷重の一部を水溶性高分子が受け、摩擦係数を小さくすることができる。その結果、原子間力顕微鏡を用いて $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ という小さい測定面積域でのRMS値だけでなく、 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ という大きい測定面積域でのRMS値も低減させることができ、表面粗さ品質に優れたエピタキシャル膜を有するエピタキシャルシリコンウェーハを製造することができる。

30

【0012】

また、2次研磨時、アルカリ性水溶液に水溶性高分子を添加したことで、キャリアプレートの弾性変形が抑制され、キャリアプレートから発生する騒音を低減させることができる。さらに、2次研磨では砥粒を使用しないので、シリコンウェーハの外周部に研磨液中の砥粒が密集する現象が発生せず、その結果、ウェーハ外周部の研磨が過度に進行し、外周ダレが発生することがない。

【0013】

シリコンウェーハとしては、例えば単結晶シリコンウェーハ、多結晶シリコンウェーハなどを採用することができる。

40

シリコンウェーハの直径としては、例えば100mm、125mm、150mm、200mm、300mm、450mmなどが挙げられる。

酸化膜としては、自然酸化膜( $\text{SiO}_2$ )、熱酸化膜などを採用することができる。酸化膜の厚さは、自然酸化膜の場合で5~20である。

【0014】

1次研磨時において、「砥粒を介在させて、シリコンウェーハの表面に形成された酸化膜を1次研磨により除去する」とは、(1)砥粒(遊離砥粒)を含む1次研磨液を使用し、かつ砥粒を含まない研磨布を用いて研磨するか、(2)砥粒を含まない1次研磨液を使用し、かつ砥粒(固定砥粒)が固定された研磨布を用いて研磨するか、(3)砥粒を含む

50

1 次研磨液を使用し、かつ砥粒を含む研磨布を用いて研磨することをいう。

砥粒（遊離砥粒および固定砥粒）の素材としては、例えばダイヤモンド、シリカ（コロイダルシリカ）、S i Cなどを採用することができる。

砥粒（遊離砥粒および固定砥粒）の粒径（平均粒径）は、5 ~ 2 0 0 n mである。5 n m未満では、研磨レートが低く、酸化膜の除去に長時間を要する。また、2 0 0 n mを超えれば、酸化膜が除去されたシリコンウェーハの研磨面にキズが発生し易い。砥粒の好ましい粒径は、1 0 ~ 1 0 0 n mである。この範囲であれば、酸化膜が除去されたシリコンウェーハの研磨面にキズが発生し難く、しかも高い研磨レートを維持することができる。

#### 【 0 0 1 5 】

前記 1 次研磨液の主剤となるアルカリ性水溶液および前記 2 次研磨液の砥粒を含まないアルカリ性水溶液は、p H 8 ~ p H 1 4 の範囲内に調整されたアルカリ性水溶液であって、p H 調整剤として塩基性アンモニア塩、塩基性カリウム塩、塩基性ナトリウム塩の何れかが添加されたアルカリ性水溶液もしくは炭酸アルカリ性水溶液、あるいはヒドラジンもしくはアミンが添加されたアルカリ性水溶液であることが望ましい。アルカリ性水溶液が p H 8 未満では、エッチング作用が低くなりすぎてしまい、シリコンウェーハの表面にスクラッチ、キズなどの加工起因の欠陥が発生し易くなる。また、強塩基水溶液のように p H 1 4 を超えれば、研磨液の取り扱いが困難になる。p H 調整剤としては、アンモニア水溶液、水酸化カリウムや水酸化ナトリウムの水酸化アルカリ性の水溶液、炭酸アルカリ性の水溶液を採用することができる。その他、ヒドラジンやアミン類の水溶液を採用することができる。研磨レートを高める観点から、特にアミンを用いることが望ましい。

#### 【 0 0 1 6 】

前記アルカリ性水溶液に添加する水溶性高分子としては、ヒドロキシエチルセルロース、ポリエチレングリコールを使用することが望ましい。特に、ヒドロキシエチルセルロースは、高純度のものを比較的容易に入手でき、分子量が大きいため、研磨パッドとキャリアプレートとの間でベアリング的な機能を果たし、摩擦係数をより効率良く低下させることができる。

また、前記アルカリ性水溶液に添加される水溶性高分子の濃度は、0 . 0 1 p p m ~ 1 0 0 0 p p m の範囲に調整することが望ましい。水溶性高分子の濃度が 0 . 0 1 p p m 未満では、研磨時の摩擦が大きくなり過ぎてしまい、鏡面研磨したウェーハ表面に加工起因の欠陥を生じてしまうおそれがある。また、1 0 0 0 p p m を超えれば、研磨レートが極端に低下し、鏡面研磨処理に多大な時間を要することになる。

#### 【 0 0 1 7 】

また、研磨液に含まれる金属イオンを除去する観点から、研磨液中にキレート ( c h e l a t e ) 剤を添加することが望ましい。キレート剤の添加により、金属イオンが捕獲、錯体化され、その後、これを廃棄することで、研磨後のシリコンウェーハの金属汚染の度合いを低減することができる。キレート剤としては、金属イオンに対するキレート能力を有する物質であれば任意である。キレートとは、複数の配位座を有する配位子による金属イオンへの結合（配位）をいう。

#### 【 0 0 1 8 】

キレート剤の種類としては、例えばホスホン酸系キレート剤、アミノカルボン酸系キレート剤などを採用することができる。ただし、アルカリ性水溶液への溶解性を考慮した場合には、アミノカルボン酸系キレート剤が好ましい。さらに、重金属イオンのキレート能力を考慮した場合には、エチレンジアミン四酢酸 E D T A ( E t h y l e n e D i a m i n e T e t r a a c e t i c A c i d ) またはジエチレントリアミン五酢酸 D T P A ( D i e t h y l e n e T r i a m i n e P e n t a a c e t i c A c i d ) などのアミノカルボン酸塩がより好ましい。その他、ニトリロ三酢酸 ( N T A ) でもよい。キレート剤は 0 . 1 p p m ~ 1 0 0 0 p p m の濃度範囲で添加することがよく、これにより、C u 、Z n 、F e 、C r 、N i 、A l などの金属イオンなどを捕獲することができる。

#### 【 0 0 1 9 】

また、請求項 1 に記載の発明において、前記 2 次研磨後、前記シリコンウェーハの表面の面粗さは、原子間力顕微鏡による  $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$  の測定面積域を測定した際、RMS 表示で  $0.3\ \text{nm}$  以下とする。さらに、2 次研磨後、ウェーハ表面の面粗さは、原子間力顕微鏡による  $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$  の測定面積域を測定した際、RMS 表示で  $0.3\ \text{nm}$  未満とする。これにより、その後に形成されるエピタキシャル表面粗さ品質を高めることができる。

このとき、2 次研磨時に、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された 2 次研磨液を使用し、シリコンウェーハの表面を鏡面研磨することにより、 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$  角および  $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$  角の測定面積域を測定した場合、どちらも RMS 表示で  $0.3\ \text{nm}$  以下にすることができ、その後に形成されるエピタキシャル表面粗さ品質を高めることができる。

【0020】

その一方、請求項 2 に記載の発明においては、2 次研磨後、前記シリコンウェーハの酸化膜耐圧特性評価において、TZDB 測定による C + mode 占有率を 99 % 以上とする。

一般的に、シリコンウェーハの表面の加工ダメージの有無を評価する手法として、TZDB 測定による C モード評価により、ウェーハの良品、不良品の判定が行われる。しかしながら、例えば、C モード評価で 99 % 以上と判定されたシリコンウェーハであっても、より厳しい C + mode 占有率で評価した場合には、その占有率が大きく低下し、酸化膜耐圧特性が低いことが明らかとなった。このため、C + mode 占有率を 99 % 以上、さらに 100 % であるような優れた酸化膜耐圧特性を有することは極めて重要である。

【0021】

2 次研磨時に、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された研磨液を使用することで、砥粒凝集などのメカニカルな要因で発生する傷などの加工ダメージを効果的に低減することができ、マイクロスクラッチなどの加工起因の欠陥発生も低減させることができる。そのため、TZDB による C + mode 占有率は 99 % 以上となり、ほぼ占有率 100 % のものとすることができる。これにより、エピタキシャル膜の表面での LPD 密度を大幅に低減させることができる。

なお、酸化膜耐圧 (GOI ; Gate Oxide Integrity) 特性とは、シリコンウェーハの表面に酸化膜 (ゲート酸化膜) と電極を形成して MOS (Metal Oxide Semiconductor) 構造を作製した後、電極に電圧を印加して酸化膜を破壊させ、ブレイクダウン電圧や電流を測定するものである。

【0022】

TZDB (Time Zero Dielectric Breakdown) 評価による C + mode 占有率とは、以下の測定条件により算出されたものである。

< 測定条件 >

ウェーハ表面にゲート酸化膜厚  $25\ \text{nm}$  の酸化膜を形成し、この酸化膜の表面にゲート電極面積  $10\ \text{mm}^2$  のポリシリコン電極を形成して、各電極にステップ電圧印加法 (SV 法) により電圧を印加する。 $0.5\ \text{MV/cm}$  ステップ (各ステップの電圧印加時間 :  $200\ \text{ms}$ ) 刻みで電圧を増大させ、 $8\ \text{MV/cm}$  以上の電圧を印加したとき、酸化膜を通して流れる電流密度が  $10\ \mu\text{A/cm}^2$  以下で、かつ、その後、印加する電圧を一旦、 $0\ \text{MV/cm}$  に降下させた後、再び  $2\ \text{MV/cm}$  の電圧を印加したとき、酸化膜を通して流れる電流密度が  $1\ \mu\text{A/cm}^2$  以下のセルを C + mode と呼び、この C + mode 個数の割合が C + mode 占有率である。

【0023】

1 次研磨および 2 次研磨用の研磨布の素材としては、例えばポリウレタンが望ましく、特に、シリコンウェーハ表面の鏡面化精度に優れる発泡性ポリウレタンを用いることが望ましい。その他、スエードタイプのポリウレタンやポリエステル製の不織布なども採用することができる。また、硬度が  $75 \sim 85$ 、圧縮率が  $2 \sim 3\%$  の研磨布とすることが望ましい。

10

20

30

40

50

シリコンウェーハの1次研磨レートは、 $0.05 \sim 0.6 \mu\text{m}/\text{分}$ である。

また、シリコンウェーハの2次研磨レートは、 $0.1 \sim 0.6 \mu\text{m}/\text{分}$ である。 $0.1 \mu\text{m}/\text{分}$ 未満では、研磨レートが低く、研磨に長時間を要する。

【0024】

1次研磨時のシリコンウェーハの研磨量は、 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ である。 $0.05 \mu\text{m}$ 未満では、酸化膜除去が不十分で部分的な酸化膜の残渣が懸念される。また、 $2 \mu\text{m}$ を超えれば、シリコンウェーハの表面に、砥粒によるメカニカルダメージの発生が懸念される。

1次研磨および2次研磨でのシリコンウェーハに対する面圧は、 $50 \sim 500 \text{g}/\text{cm}^2$ である。 $50 \text{g}/\text{cm}^2$ 未満では、研磨レートが低く、研磨に長時間を要する。また、 $500 \text{g}/\text{cm}^2$ を超えれば、シリコンウェーハの研磨面にキズが発生し易い。

10

【0025】

シリコンウェーハの1次研磨および2次研磨は、枚葉式の研磨装置を使用しても、複数枚のシリコンウェーハを同時に研磨するバッチ式の研磨装置を使用してもよい。

また、1次研磨および2次研磨は、表面のみの片面研磨でも、ウェーハ表裏面を同時に研磨する両面研磨でもよい。両面研磨装置としては、サンギヤ（遊星歯車）方式のもの、または、キャリアプレートに自転をともしない円運動をさせてシリコンウェーハの表裏両面を同時に研磨する無サンギヤ方式ものを採用することができる。特に、両面研磨装置を用いれば、一度の研磨処理でウェーハ表面だけでなく、ウェーハ裏面の高平坦化までを達成することができ、低コストで高平坦度なエピタキシャルウェーハの提供に有効となる。

20

【0026】

さらに、2次研磨では、同一の2次研磨（鏡面研磨）処理条件でウェーハ表面を最後まで鏡面研磨してもよい。また、2次研磨において、同一の研磨装置内で、薬液組成や研磨条件を変更した2次研磨を複数回実施してもよい。多段の2次研磨を実施する場合には、例えば、2次研磨の初期は、スライス、研削加工などで導入されたウェーハ表層部の加工ダメージを素早く除去するように、アルカリ性水溶液や水溶性高分子などの薬液の濃度や研磨定盤の回転数を制御して研磨レートが高い条件で研磨する。その後、各2次研磨条件を変更して、2次研磨時にウェーハ表層部に新たな加工ダメージの導入がないように、研磨レートが低い条件により研磨してもよい。

【0027】

30

2次研磨されたシリコンウェーハは、シリコンウェーハの表面に付着した薬液やパーティクルを除去するため、エピタキシャル成長処理前に洗浄処理が施される。この洗浄処理としては、公知の繰り返しSC1洗浄、オゾンとフッ酸との混合溶液による洗浄あるいはオゾン水洗浄とフッ酸溶液洗浄とを交互に行う繰り返し洗浄などを採用することができる。その際に用いる各洗浄液の液種、濃度、処理時間などは、成長させるエピタキシャル膜に汚染を生じず、パーティクルの除去ができるように、シリコンウェーハ表面を $0.2 \sim 10 \text{nm}$ 程度除去できる洗浄条件であればよい。

【0028】

エピタキシャル膜の素材としては、例えば単結晶シリコン、多結晶シリコンなどを採用することができる。

40

エピタキシャル膜の気相エピタキシャル成膜方法としては、例えば常圧気相エピタキシャル法、減圧気相エピタキシャル法、有機金属気相エピタキシャル法などを採用することができる。気相エピタキシャル法では、例えばエピタキシャルシリコンウェーハを横置き状態（表裏面が水平な状態）でウェーハ収納部に収納する、平面視して円形で、ウェーハが1枚または複数枚載置可能なサセプタが使用される。気相エピタキシャル法は、ウェーハと同じ素材をエピタキシャル成長させるホモエピタキシでも、ウェーハと異なる素材をエピタキシャル成長させるヘテロエピタキシでもよい。なお、エピタキシャル膜の性状はウェーハ表面性状の影響を大きく受けるので、ある程度の厚み以上の膜厚が必要である。例えば、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 厚みのエピタキシャル膜を形成することが望ましい。

【発明の効果】

50

## 【 0 0 2 9 】

本発明によれば、1次研磨および2次研磨のみを実施し、仕上げ研磨を省略してエピタキシャルシリコンウェーハを製造することができるので、研磨工程が簡略化してエピタキシャルシリコンウェーハの生産性が高まり、コストダウンが可能となる。しかも、遊離砥粒を含む1次研磨のみを施した場合に比べて、2次研磨（鏡面研磨）されたウェーハ表面に発生する加工起因のLPDの密度を低減し、ウェーハ表面の表面粗さを小さくすることができる。さらに、2次研磨の前処理として、砥粒による酸化膜の1次研磨を行うので、2次研磨時、アルカリ性水溶液を使用したアルカリエッチングのケミカル作用による鏡面研磨を、高い研磨レートで行うことができる。

## 【 0 0 3 0 】

また、2次研磨液には水溶性高分子が添加されているので、研磨中の研磨荷重の一部を水溶性高分子が受け、摩擦係数を小さくすることができる。その結果、酸化膜耐圧特性が優れ、かつマイクロスクラッチなどの加工起因の欠陥発生などを大幅に低減させることができる。これにより、TZDBによるC + mode占有率を99%以上とすることができるとともに、その後に形成されるエピタキシャル膜の表面のLPDの密度を低減させることができる。

また、2次研磨では、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された研磨液を用いてシリコンウェーハの表面を鏡面研磨することで、 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 角および $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 角の測定面積域を測定した場合でも、どちらもRMS表示で $0.3\text{nm}$ 以下にすることができ、その後に形成されるエピタキシャル膜の表面粗さの品質を高めることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 3 1 】

【図1】この発明に係る実施例1のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法のフローシートである。

【図2】この発明に係る実施例1のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法に用いられる無サンギヤ方式の両面研磨装置の斜視図である。

【図3】この発明に係る実施例1のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法に用いられる無サンギヤ方式の両面研磨装置の要部縦断面図である。

【図4】この発明に係る実施例1のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法において、砥粒を含む研磨液と砥粒を含まない研磨液とを使用し、シリコンウェーハの表面を研磨した際の加工圧力と研磨レートとの関係を示すグラフである。

【図5】この発明に係る実施例1のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法に用いられる気相エピタキシャル成長装置の要部拡大縦断面図である。

【図6】本発明法の実施例1の条件で砥粒を含まない研磨液を使用してウェーハ研磨した場合と、2つの従来法の砥粒を含む研磨液を使用してウェーハ研磨した場合について、鏡面研磨後のシリコンウェーハ（PW）の酸化膜耐圧特性を評価したときの評価結果を示すグラフである。

【図7】砥粒を含まない研磨液を用いて鏡面研磨を施した本発明のシリコンウェーハの表面と、このウェーハ表面にエピタキシャル膜を形成したエピタキシャルシリコンウェーハの表面とのLPD分布図である。

【図8】砥粒を含む研磨液を用いて鏡面研磨を施した従来のシリコンウェーハの表面と、このウェーハ表面にエピタキシャル膜を形成したエピタキシャルシリコンウェーハの表面とのLPD分布図である。

【図9】砥粒を含まない研磨液を用いて鏡面研磨を施した本発明のシリコンウェーハ（PW）の表面と、このウェーハ表面にエピタキシャル膜を形成したエピタキシャルシリコンウェーハ（EW）の表面とについて、原子間力顕微鏡により $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ の測定面積域を観察したときの面粗さを示す3次元グラフである。

【図10】砥粒を含む研磨液を用いて鏡面研磨を施した従来のシリコンウェーハの表面と、このウェーハ表面にエピタキシャル膜を形成したエピタキシャルシリコンウェーハの表

10

20

30

40

50



面とについて、原子間力顕微鏡により  $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$  の測定面積域を観察したときの面粗さを示す 3 次元グラフである。

【図 1 1】砥粒を含まない研磨液を用いて鏡面研磨を施した本発明のシリコンウェーハの表面と、このウェーハ表面にエピタキシャル膜を形成したエピタキシャルシリコンウェーハの表面とについて、原子間力顕微鏡により  $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$  の測定面積域を観察したときの面粗さを示す 3 次元グラフである。

【図 1 2】砥粒を含む研磨液を用いて鏡面研磨を施した従来のシリコンウェーハの表面と、このウェーハ表面にエピタキシャル膜を形成したエピタキシャルシリコンウェーハの表面とについて、原子間力顕微鏡により  $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$  の測定面積域を観察したときの面粗さを示す 3 次元グラフである。

10

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、この発明の実施例を具体的に説明する。ここでは、バイポーラ IC 用デバイスを作製するエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法について説明する。

【実施例】

【0033】

図 1 のフローシートを参照して、この発明の実施例 1 に係るエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法を説明する。

すなわち、実施例 1 のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法は、結晶引き上げ工程、結晶加工工程、スライス工程、面取り工程、ラッピング工程、エッチング工程、1 次研磨工程、洗浄工程、2 次研磨工程、洗浄工程、エピタキシャル成長工程、最終洗浄工程を備えている。

20

【0034】

以下、前記各工程を具体的に説明する。

結晶引き上げ工程では、坩堝内でボロンが所定量ドーピングされたシリコンの熔融液から、チョクラルスキー法により直径  $306\ \text{mm}$ 、直胴部の長さが  $2500\ \text{mm}$ 、比抵抗が  $0.01\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、初期酸素濃度  $1.0 \times 10^{18}\ \text{atoms/cm}^3$  の単結晶シリコンインゴットが引き上げられる。

【0035】

次に、結晶加工工程では、1 本の単結晶シリコンインゴットが、複数の結晶ブロックに切断された後、各結晶ブロックの外周研削が行われる。具体的には、 $200$  の砥粒 (SiC) を含むレジノイド研削砥石を有した外周研削装置により、結晶ブロックの外周部が  $6\ \text{mm}$  だけ外周研削される。これにより、各結晶ブロックが円柱状に成形される。

30

スライス工程では、三角配置された 3 本のグループローラにワイヤが巻掛けられたワイヤソーが用いられる。ワイヤソーによりシリコン単結晶から、直径  $300\ \text{mm}$ 、厚さ  $775\ \mu\text{m}$  の多数枚のシリコンウェーハがスライスされる。

【0036】

次の面取り工程では、回転中の面取り用砥石をシリコンウェーハの外周部に押し付けて面取りする。

ラッピング工程では、両面ラッピング装置によりシリコンウェーハの両面を同時にラッピングする。すなわち、シリコンウェーハの両面を所定速度で回転中の上下のラップ定盤間でラッピングする。

40

エッチング工程では、エッチング槽内の酸性エッチング液に、ラッピング後のシリコンウェーハを浸漬してエッチングし、面取りおよびラッピングによるダメージを除去する。

【0037】

次いで、1 次研磨工程では、無サンギヤ方式の両面研磨装置を用い、平均粒径  $70\ \text{nm}$  のコロイダルシリカ粒子 (遊離砥粒) を含むアミン水溶液 (アルカリ性水溶液) からなる 1 次研磨液を使用してシリコンウェーハの表裏面を同時に 1 次研磨する。これにより、シリコンウェーハの表裏面に形成された自然酸化膜を、砥粒のメカニカル作用によって除去する。

50

## 【 0 0 3 8 】

以下、図 2 および図 3 を参照して、無サンギヤ方式の両面研磨装置を具体的に説明する。

図 2 および図 3 に示すように、両面研磨装置の上定盤 1 2 0 は、上方に延びた回転軸 1 2 a を介して、上側回転モータ 1 6 により水平面内で回転駆動される。また、上定盤 1 2 0 は軸線方向へ進退させる昇降装置 1 8 により垂直方向に昇降させられる。昇降装置 1 8 は、シリコンウェーハ 1 1 をキャリアプレート 1 1 0 に給排する際等に使用される。なお、上定盤 1 2 0 および下定盤 1 3 0 のシリコンウェーハ 1 1 の表裏両面に対する押圧は、上定盤 1 2 0 および下定盤 1 3 0 に組み込まれた図示しないエアバック方式等の加圧手段により行われる。下定盤 1 3 0 は、その出力軸 1 7 a を介して、下側回転モータ 1 7 により水平面内で回転させられる。キャリアプレート 1 1 0 は、そのプレート 1 1 0 自体が自転しないように、キャリア円運動機構 1 9 によって、そのプレート 1 1 0 の表面と平行な面（水平面）内で円運動する。

10

## 【 0 0 3 9 】

キャリア円運動機構 1 9 は、キャリアプレート 1 1 0 を外方から保持する環状のキャリアホルダ 2 0 を有している。キャリア円運動機構 1 9 とキャリアホルダ 2 0 とは、連結構造を介して連結されている。

キャリアホルダ 2 0 の外周部には、90°ごとに外方へ突出した4個の軸受部 2 0 b が配設されている。各軸受部 2 0 b には、小径円板形状の偏心アーム 2 4 の上面の偏心位置に突設された偏心軸 2 4 a の先部が回転自在に挿入されている。また、これらの4個の偏心アーム 2 4 の各下面の中心部には、回転軸 2 4 b が垂設されている。各回転軸 2 4 b は、環状の装置基体 2 5 に90°ごとに合計4個配設された軸受部 2 5 a に、それぞれ先端部を下方へ突出させた状態で回転自在に挿入されている。各回転軸 2 4 b の下方に突出した先端部には、それぞれスプロケット 2 6 が固着されている。各スプロケット 2 6 には、一連にタイミングチェーン 2 7 が水平状態で架け渡されている。これらの4個のスプロケット 2 6 とタイミングチェーン 2 7 とは、4個の偏心アーム 2 4 が同期して円運動を行うように、4本の回転軸 2 4 b を同時に回転させる。

20

## 【 0 0 4 0 】

4本の回転軸 2 4 b のうち、1本の回転軸 2 4 b はさらに長尺に形成されており、その先端部がスプロケット 2 6 より下方に突出されている。この部分に動力伝達用のギヤ 2 8 が固着されている。ギヤ 2 8 は、円運動用モータ 2 9 の上方へ延びる出力軸に固着された大径な駆動用のギヤ 3 0 に噛合されている。

30

したがって、円運動用モータ 2 9 を起動すれば、その回転力は、ギヤ 3 0 , 2 8 および長尺な回転軸 2 4 b に固着されたスプロケット 2 6 を介してタイミングチェーン 2 7 に伝達される。このタイミングチェーン 2 7 が周転することで、他の3個のスプロケット 2 6 を介して、4個の偏心アーム 2 4 が同期して回転軸 2 4 b を中心に水平面内で回転する。これにより、各偏心軸 2 4 a に一括して連結されたキャリアホルダ 2 0、ひいてはこのホルダ 2 0 に保持されたキャリアプレート 1 1 0 が、このプレート 1 1 0 に平行な水平面内で、自転をとまなわない円運動を行う。

## 【 0 0 4 1 】

40

すなわち、キャリアプレート 1 1 0 は上定盤 1 2 0 および下定盤 1 3 0 の軸線 e から距離 L だけ偏心した状態を保って旋回する。両定盤 1 2 0 , 1 3 0 の各対向面には、硬度が 8 0、圧縮率が 2 . 5 % のウレタン型の研磨布 1 5 が貼張されている。

前記距離 L は、偏心軸 2 4 a と回転軸 2 4 b との距離と同じである。この自転を伴わない円運動により、キャリアプレート 1 1 0 上の全ての点は、同じ大きさ（半径 r）の小円の軌跡を描く。これにより、キャリアプレート 1 1 0 に形成されたウェーハ収納部 1 1 a に収納されたシリコンウェーハ 1 1 が、両研磨定盤 1 2 0 , 1 3 0 の回転方向を反対とし、研磨定盤 1 2 0 , 1 3 0 の回転速度、研磨圧、研磨時間などを調整して、研磨量が片面 0 . 5  $\mu\text{m}$ （両面 1  $\mu\text{m}$ ）となるように、両面同時 1 次研磨を行う。この両面 1 次研磨時、両研磨布 1 5 には、pH が 1 0 . 5 % のアミン水溶液に、平均粒径が 7 0 nm のコロイ

50

ダルシリカ粒子が3重量%添加された1次研磨液が供給される。

【0042】

このように、1次研磨用の研磨液として、砥粒を含むアミン水溶液が添加されたものを採用したので、砥粒を介在させない2次研磨の前処理として、シリコンウェーハ11の表裏面に存在する各10程度の自然酸化膜を砥粒のメカニカル作用によって短時間で除去することができる。これにより、2次研磨において、アルカリ性水溶液を使用したアルカリエッチングのケミカル作用による鏡面研磨を、高い研磨レートで行うことができる。

すなわち、エッチング後、所定時間が経過した後に行われる1次研磨では、一般的にウェーハ表面に自然酸化膜が存在する。砥粒が存在しないケミカルな2次研磨だけで自然酸化膜を除去することは困難である。これは、アルカリ性水溶液のみの研磨液による研磨を行った場合、仮に加工圧力(研磨圧力)を高めても研磨レートはほとんど0に等しいことから明らかである(図4)。そこで、実施例1では、2次研磨の前に砥粒を用いた1次研磨を行うようにした。これにより、自然酸化膜の除去時間を短縮し、エピタキシャルシリコンウェーハの生産性の低下を防ぐことができる。

【0043】

次に、2次研磨工程では、1次研磨で使用された無サンギヤ方式の両面研磨装置を用い、砥粒を含まないアミン水溶液(アルカリ性水溶液)にヒドロキシエチルセルロース(水溶性高分子)が添加された2次研磨液を使用し、シリコンウェーハ11の表裏面を2次研磨(鏡面研磨)する。すなわち、キャリアプレート110のウェーハ収納部11aに収納されたシリコンウェーハ11が、両研磨定盤120, 130の回転方向を反対とし、研磨定盤120, 130の回転速度、研磨圧、研磨時間などを調整して、研磨量が片面6 $\mu$ m(両面12 $\mu$ m)となるように、両面同時の2次研磨を行う。この2次研磨時、両研磨布15には、pHが10.5%のアミン水溶液に、ヒドロキシエチルセルロースが100ppm添加された2次研磨液が供給される。

【0044】

このように、2次研磨用の研磨液として、砥粒を含まないアミン水溶液にヒドロキシエチルセルロースが添加されたものを採用したので、研磨中の研磨荷重の一部をヒドロキシエチルセルロースが受け、摩擦係数を小さくすることができる。その結果、酸化膜耐圧特性が優れ、かつマイクロスクラッチなどの加工起因の欠陥発生などを大幅に低減させることができる。これにより、TZDBによるC+mode占有率を99%以上とすることが可能となるとともに、シリコンウェーハ11の表面の表面粗さが小さくなり、その後に形成されるエピタキシャル膜の表面粗さ品質を高めることができる。

【0045】

また、アミン水溶液にヒドロキシエチルセルロースを添加したことで、キャリアプレート110の弾性変形が抑制され、キャリアプレート110から発生する騒音も低減することができる。さらには、シリコンウェーハ11の外周部に研磨液中の砥粒が密集し易いことに起因して、シリコンウェーハ11の外周部の研磨が過度に進行し、外周ダレが発生するおそれも低減することができる。

さらに、この研磨液に、アルカリ性水溶液に対してジエチレントリアミン五酢酸(DTPA;キレート剤)を添加してもよい。キレート剤の添加により、研磨液に含まれる銅イオンなどの金属イオンをキレート剤が捕獲、錯体化して、研磨後のシリコンウェーハ11の金属汚染の度合いを低減することができる。

2次研磨されたシリコンウェーハ11には、洗浄が施される。ここでは、各シリコンウェーハ11に対して、アルカリ溶液と酸溶液とを使用したSC1洗浄が行われる。

【0046】

次に、図5を参照して、枚葉式の気相エピタキシャル成長装置を用いたエピタキシャル成長工程を具体的に説明する。

図5に示すように、気相エピタキシャル成長装置60は、上下にヒータが配設されたチャンバの中央部に、平面視して円形で、シリコンウェーハ11が1枚載置できるサセプタ61が水平配置されたものである。サセプタ61は、カーボン製の基材をSiCによりコ

10

20

30

40

50

ーティングしたものである。

サセプタ 6 1 の上面の内周部には、シリコンウェーハ 1 1 を横置き状態（表裏面が水平な状態）で収納する凹形状のザグリ（ウェーハ収納部）6 2 が形成されている。ザグリ 6 2 は、周壁 6 2 a と、幅 6 mm の平面視して環状の段差 6 2 b と、底板（ザグリの底壁面）6 2 c とからなる。

チャンバの一側部には、チャンバの上部空間に所定のキャリアガス（ $H_2$  ガス）と所定のソースガス（ $SiHCl_3$  ガス）とを、ウェーハ表面に対して平行に流すガス供給口が配設されている。また、チャンバの他側部には、ガスの排気口が形成されている。

#### 【0047】

エピタキシャル成長時には、シリコンウェーハ 1 1 をザグリ 6 2 に、ウェーハ表裏面を水平にして横置きする。次に、シリコンウェーハ 1 1 の表面の自然酸化膜やパーティクルの除去を目的として、チャンバ内に水素ガスを供給し、1150 の温度で60秒間の水素ベークを行う。その後、水素ガスに代えてキャリアガス（ $H_2$  ガス）とソースガス（ $SiHCl_3$  ガス）とをチャンバ内に供給し、シリコンウェーハ 1 1 の表面にエピタキシャル膜 1 2 を成長させる。すなわち、キャリアガスとソースガスとを、対応するガス供給口を通して反応室へ導入する。炉内圧力を  $100 \pm 20$  kPa とし、1000 ~ 1150

の高温に熱せられたシリコンウェーハ 1 1 の表面（上面）に、ソースガスの熱分解または還元によって生成されたシリコンを、反応速度  $3.5 \sim 4.5 \mu m / 分$  で析出させる。これにより、シリコンウェーハ 1 1 の表面にシリコン単結晶の厚さ  $10 \mu m$  程度のエピタキシャル膜 1 2 が成長される。こうして、エピタキシャルシリコンウェーハ 1 0 が作製される。

その後の最終洗浄工程では、外観検査直後の各エピタキシャルシリコンウェーハ 1 0 が最終洗浄される。具体的には、各エピタキシャルシリコンウェーハ 1 0 に対して、アルカリ溶液と酸溶液とを使用した洗浄が行われる。

#### 【0048】

このように、1次研磨および2次研磨のみを実施し、仕上げ研磨を省略してエピタキシャルシリコンウェーハ 1 0 を製造できるように構成したので、研磨工程が簡略化してエピタキシャルシリコンウェーハ 1 0 の生産性が高まり、コストダウンが可能となる。しかも、従来の遊離砥粒を含む1次研磨のみを施した場合に比べて、2次研磨されたウェーハ表面に発生する加工起因のLPDの密度を低減し、ウェーハ表面の表面粗さを小さくすることができる。

#### 【0049】

次に、図6を参照して、本発明法の実施例1の条件に則って、砥粒を含む1次研磨後に砥粒を含まない2次研磨を行った場合と、一般的な1次研磨、2次研磨および3次研磨を順次実施した場合（従来法1）と、砥粒（コロイダルシリカ）を含む1次研磨のみを行った場合（従来法2）とについて、鏡面研磨後のシリコンウェーハ（PW）の酸化膜耐圧特性（TZDB測定によるC+mode占有率）を評価した結果を報告する。ここでの結果は、いずれもSC1洗浄後の評価結果である。洗浄条件は、 $NH_4OH : H_2O_2 : H_2O = 1 : 2 : 7$  の容量比で混合して調製したSC1洗浄液を用い、各ウェーハ表面を4nm除去する洗浄である。

図6のグラフから明らかなように、砥粒を含む研磨液を使用した従来法2では、C+mode占有率は30%未満であった。これに対して、砥粒を含む1次研磨によりウェーハ表面の自然酸化膜を除去後、砥粒を含まないアルカリ性水溶液に水溶性高分子が添加された研磨液を使用する本発明法では、そのC+mode占有率は、1~3次研磨を施す一般的な従来法1とほぼ同程度の99.7%であった。

#### 【0050】

次に、図7および図8のLPD分布図を参照して、本発明法（図7）と従来法（図8）とに則り、シリコンウェーハ（PW）の表面を鏡面研磨した際のウェーハ1枚当たりのLPDの個数、または、各鏡面研磨面に成膜されたエピタキシャル膜の表面に存在するウェーハ1枚当たりのLPDの個数（何れも130nm以上をカウント）を、パーティクルカ

ウンタにより測定した結果を報告する。ここで、本発明法とは、実施例1の条件で、シリコンウェーハの表面に対する1次研磨時に砥粒を含む研磨液を使用し、かつ2次研磨時に砥粒を含まない研磨液を使用して2段階研磨する方法である。また、従来法とは、砥粒を含むアルカリ性水溶液の研磨液を使用した1次研磨のみを施す方法である。

各図とも、左側がシリコンウェーハ(PW)の結果を示し、右側がエピタキシャルシリコンウェーハ(EW)の結果を示す。ここでの結果は、何れもウェーハ表面をSC1洗浄した後の評価結果である。このときの洗浄条件は、 $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=1:2:7$ の容量比で混合して調製したSC1洗浄液を用い、各表面を4nm除去する条件である。

#### 【0051】

LPDの測定装置には、KLA Tencor社製のSurfscan SP2の「SP2XP」を採用した。このパーティクルカウンタは、試料ウェーハの表面に対して20°の斜方から照射されたレーザ光の散乱光のフォトンコレクタにより集光し、得られたフォトン光電子倍增管により増幅して電気信号に変換する。その後、電気信号を散乱強度に変換し、閾値以上の散乱光をキャリブレーションカーブに従って所定サイズに変換するものである。ここでの測定値は、ウェーハ5枚の平均値とした。

#### 【0052】

測定の結果、本発明法の砥粒を介在させた1次研磨後、砥粒を介在させない2次研磨が行われたシリコンウェーハの表面において、LPDの検出数は142.60個/wf(図7のPW)で、エピタキシャルシリコンウェーハの表面のLPDの検出数は2.7500個/wfであった(図7のEW)。一方、従来法の砥粒を含む研磨液を使用して鏡面研磨されたシリコンウェーハの表面のLPDの検出数は1851.00個/wf(図8のPW)で、エピタキシャルシリコンウェーハの表面のLPDの検出数は10.5000個/wfであった(図8のEW)。

#### 【0053】

図7および図8のLPD分布図から明らかなように、砥粒を介在させた1次研磨後、砥粒を介在させない2次研磨を行う本発明法の方が、砥粒を含む研磨液を使用した1次研磨のみの従来法に比べて、シリコンウェーハの鏡面研磨面のLPDの発生数およびこの鏡面研磨面に成膜されたエピタキシャル膜の表面のLPDの発生数は減少した。なお、図7の本発明法のシリコンウェーハ(PW)のLPD評価結果において、僅かながらもLPDが観察されたが、先の実験結果で示したように、このシリコンウェーハ(PW)の酸化膜耐圧特性(TZDB測定によるC+mode占有率)はほぼ100%(図6)であることから、図7で観察されたLPDは加工ダメージなどの加工起因のLPDではなく、パーティクルであると考えられる。仮に加工起因のLPDであったとしても、C+mode占有率に影響を与えない非常にサイズの小さな加工ダメージであると特定することができ、エピタキシャル膜の表面品質に影響を与えるおそれは少ない。

#### 【0054】

次に、図9～図12を参照して、本発明法(図9および図11)と従来法(図10および図12)とに則り、シリコンウェーハ(PW)の表面と、エピタキシャル成長後のエピタキシャルシリコンウェーハ(EW)の表面とについて、原子間力顕微鏡により $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ の測定面積域(図9および図10)、または、 $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ の測定面積域(図11および図12)を観察したときの各面粗さを報告する。なお、ここで示す結果は、シリコンウェーハ(PW)およびエピタキシャルシリコンウェーハ(EW)の何れも、その表面をSC1洗浄した後の評価結果である。このときの洗浄条件は、 $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=1:2:7$ の容量比で混合して調製したSC1(Standard Cleaning 1)洗浄液を用い、各表面を4nm除去する洗浄である。

#### 【0055】

面粗さ(ラフネス)の観察には、Veeco社製の原子間力顕微鏡である「マルチモードAFM」を採用した。この装置は、カチレバーを共振周波数近傍(振幅20～100nm)で加振させ、試料ウェーハの表面にカチレバーを断続的に接触させながらウェーハ表

10

20

30

40

50

面の凹凸を観察するタッピングAFMである。その力検出モードはダイナミック、分解能は1nm、試料ウェーハに作用する力は大気中で0.1~1nN、測定ポイントはpoint/wf(Center)で、粗さ指標(高さ方向の振幅平均パラメータ)は、二乗平均平方根粗さ(旧RMS)である。

【0056】

観察の結果、本発明法の1次、2次の2段研磨に則って鏡面研磨されたシリコンウェーハの表面において、10 $\mu$ m $\times$ 10 $\mu$ mの測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.277nm(図9のPW)であった。また、エピタキシャルシリコンウェーハの表面の同一測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.100nmであった(図9のEW)。

一方、従来法の砥粒を含む研磨液を使用して1次鏡面研磨されたシリコンウェーハの表面において、10 $\mu$ m $\times$ 10 $\mu$ mの測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.458nm(図10のPW)であった。また、エピタキシャルシリコンウェーハの表面の同一測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.132nmであった(図10のEW)。

図9および図10から明らかなように、前記2段研磨を施す本発明法の方が、遊離砥粒を含む研磨液を使用した1次研磨のみの従来法に比べて、シリコンウェーハの鏡面研磨面およびこの鏡面研磨面に成膜されたエピタキシャル膜の表面の面粗さが改善(低減)されることが判明した。

【0057】

また、本発明法の2段研磨が施されたシリコンウェーハの表面において、1 $\mu$ m $\times$ 1 $\mu$ mの測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.223nm(図11のPW)であった。また、エピタキシャルシリコンウェーハの表面の1 $\mu$ m $\times$ 1 $\mu$ mの測定面積域の面粗さはRMS表示で、0.097nmであった(図11のEW)。

一方、従来法の砥粒を含む研磨液を使用して1次鏡面研磨されたシリコンウェーハの表面において、1 $\mu$ m $\times$ 1 $\mu$ mの測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.311nm(図12のPW)であった。また、エピタキシャルシリコンウェーハの表面の同一測定面積域の面粗さは、RMS表示で0.103nmであった(図12のEW)。

図11および図12から明らかなように、本発明法の方が従来法に比べて、シリコンウェーハの鏡面研磨面およびエピタキシャル膜の表面の面粗さを低減することができた。

【産業上の利用可能性】

【0058】

この発明は、バイポーラIC、MOS、ディスクリートなどのデバイスを作製する基板となるエピタキシャルシリコンウェーハとして有用である。

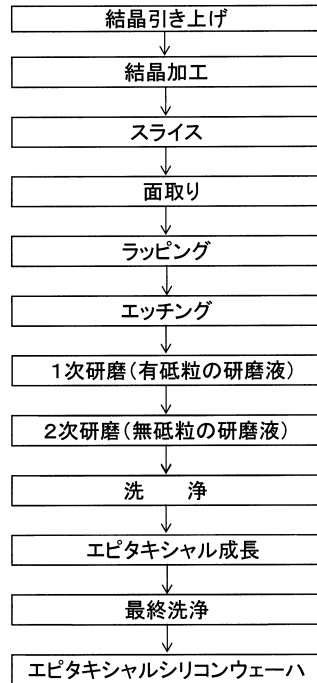
【符号の説明】

【0059】

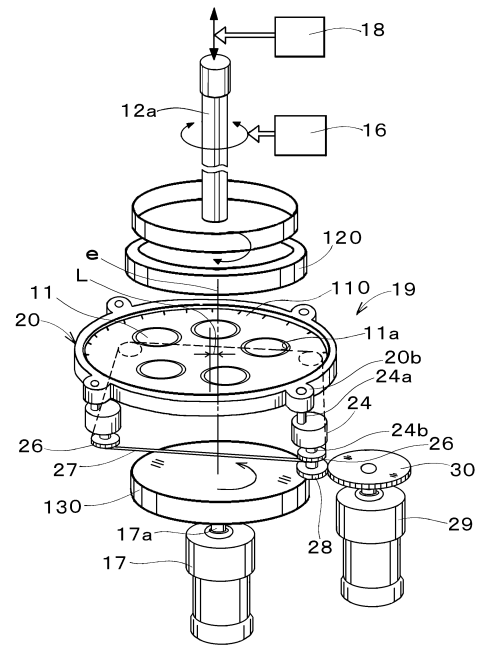
10 エピタキシャルシリコンウェーハ、

11 シリコンウェーハ。

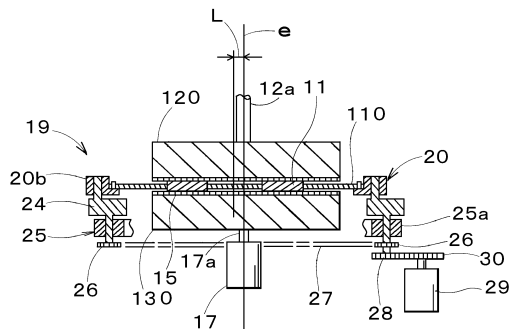
【図 1】



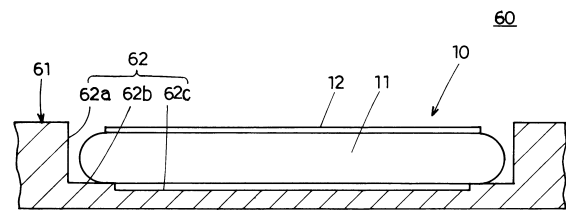
【図 2】



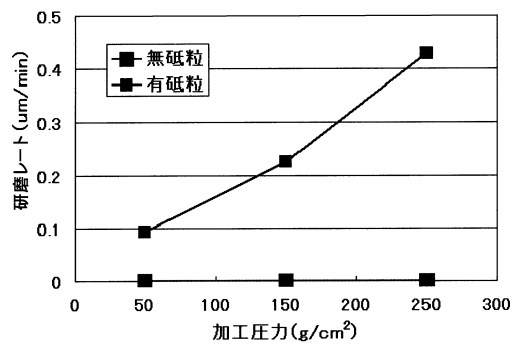
【図 3】



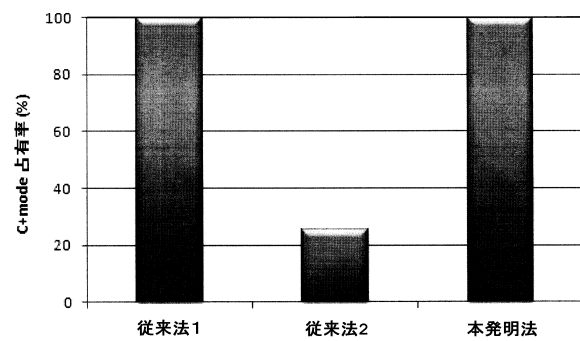
【図 5】



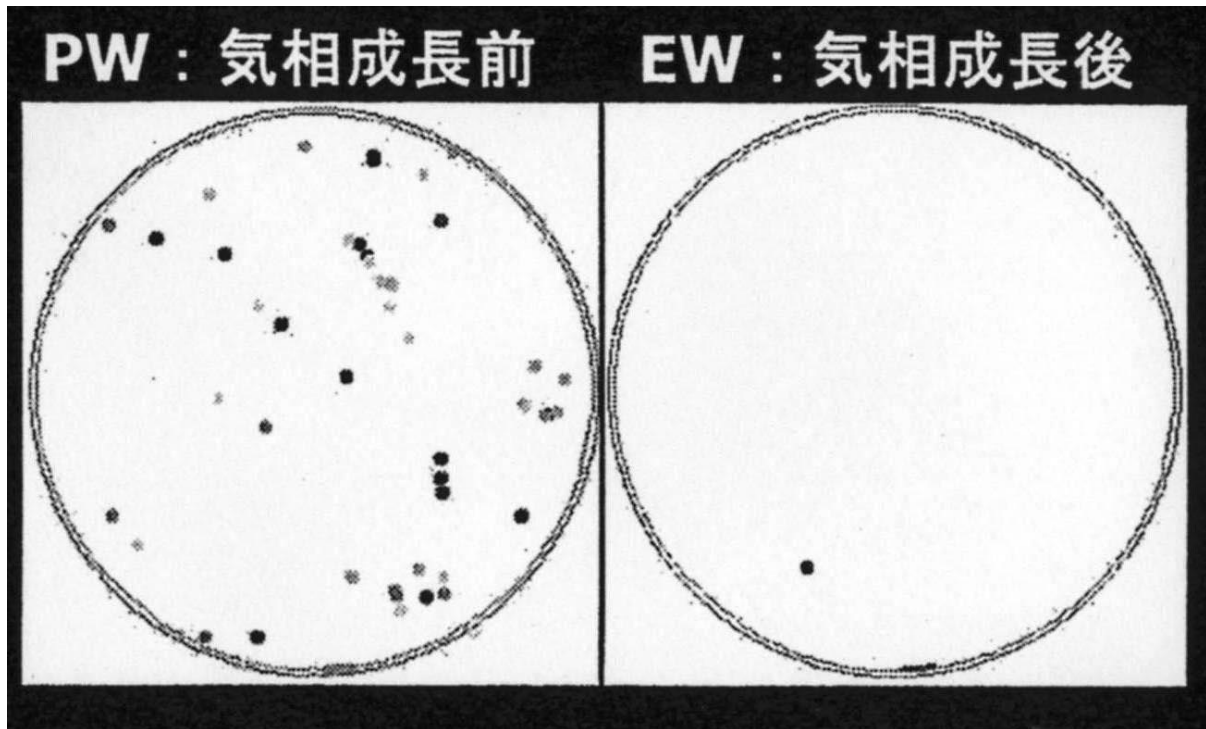
【図 4】



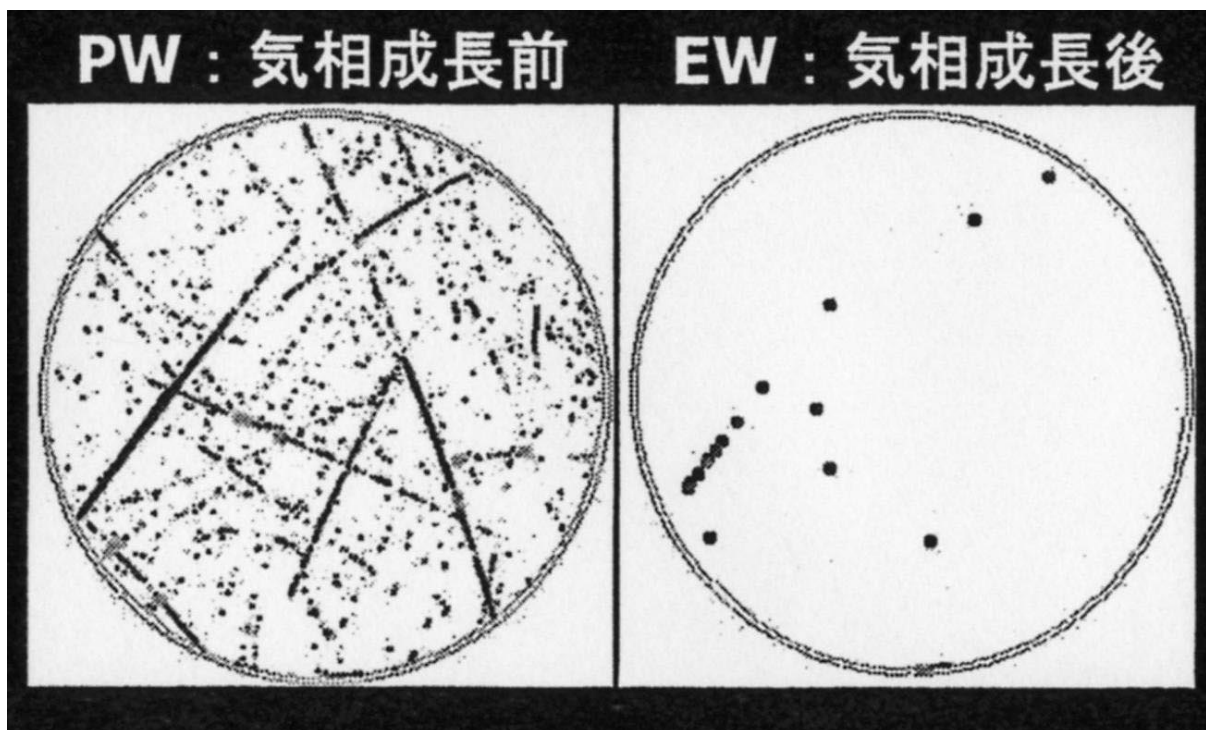
【図 6】



【図 7】

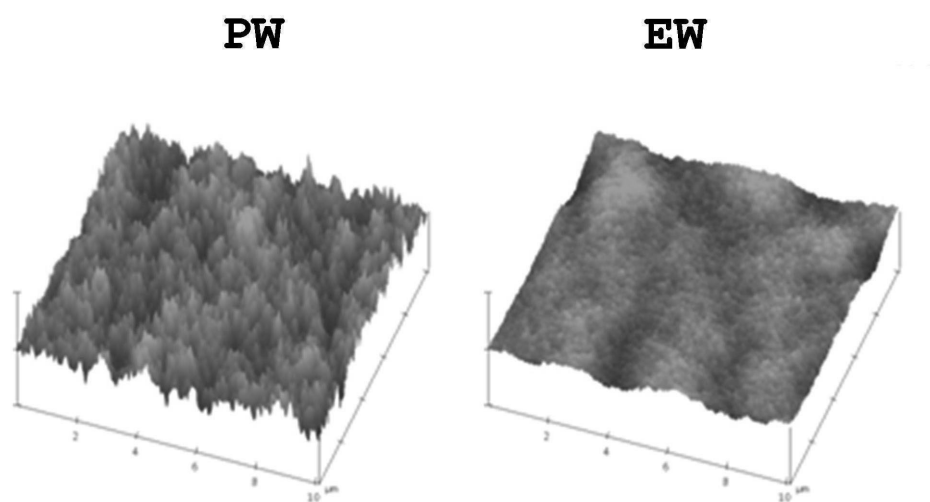


【図 8】

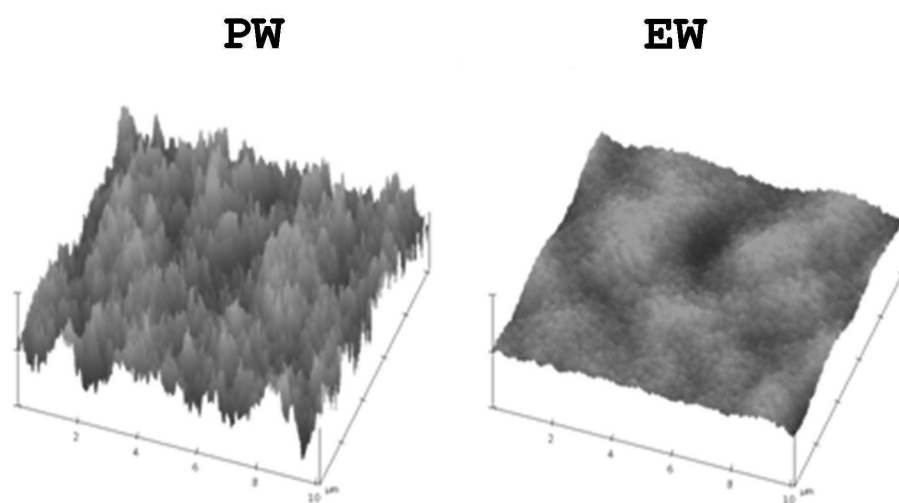




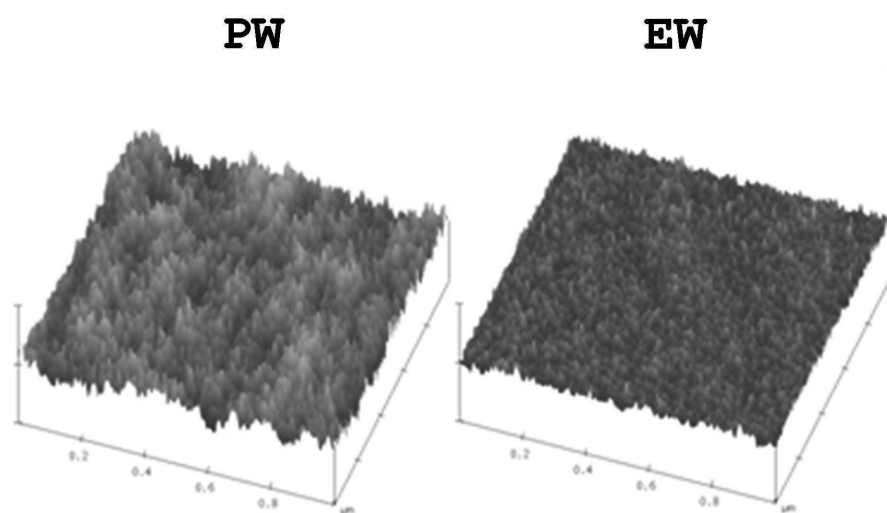
【図 9】



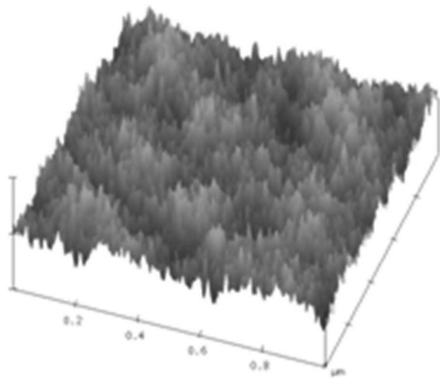
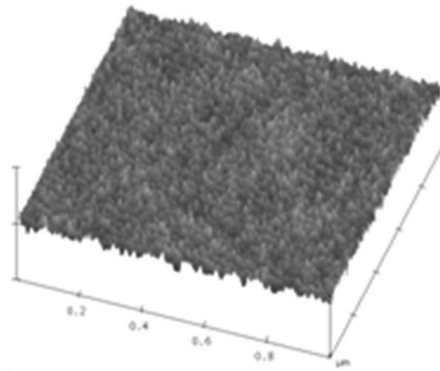
【図 10】



【図 11】



【図 12】

**PW****EW**

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 3 0 B 29/06 (2006.01) C 3 0 B 25/20  
C 3 0 B 29/06 5 0 4 F

(72)発明者 高石 和成  
東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内  
(72)発明者 中吉 雄一  
東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内

審査官 山本 雄一

(56)参考文献 特開2001-007063(JP,A)  
特開平09-306881(JP,A)  
特開2001-127016(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
H 0 1 L 2 1 / 3 0 4  
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6  
H 0 1 L 2 1 / 2 0 5