

明 細 書

発明の名称：研磨パッド

技術分野

[0001] 本発明は、研磨パッドに関する。より詳しくは、本発明は、半導体、誘電／金属複合体および集積回路等において平坦面を形成するために好ましく使用される研磨パッドに関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスが高密度化するにつれ、多層配線と、これに伴う層間絶縁膜形成や、プラグ、ダマシンなどの電極形成等の技術が重要度を増している。これに伴い、これら層間絶縁膜や電極の金属膜の平坦化プロセスの重要度は増しており、この平坦化プロセスのための効率的な技術として、CMP（Chemical Mechanical Polishing）と呼ばれる研磨技術が普及している。

[0003] 一般にCMP装置は、被処理物である半導体ウェハーを保持する研磨ヘッド、被処理物の研磨処理を行うための研磨パッド、前記研磨パッドを保持する研磨定盤から構成されている。そして、半導体ウェハーの研磨処理はスラリーを用いて、半導体ウェハーと研磨パッドを相對運動させることにより、半導体ウェハー表面の層の突出した部分を除去し、ウェハー表面の層を平坦化するものである。パッド表面はダイヤモンドドレッサー等を用いたドレッシングにより更新され、目詰まり防止と目立てが行われる。

[0004] CMPの研磨特性については、ウェハーの局所平坦性、グローバル平坦性の確保、スクラッチの防止、高い研磨レートの確保、等に代表されるような様々な要求特性がある。そのため、これらの達成のために、研磨特性に影響を与える因子のうち、大きなものの一つである研磨パッドの溝の構成（溝のパターンおよび溝の断面形状等）には様々な工夫がなされている。

[0005] 例えば、研磨層表面に施された溝のパターンが同心円状をなし、前記溝の断面形状を略矩形とすることにより、ウェハーの平坦性や研磨レートの向上を図る技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0006] しかしながら、この技術では、溝の断面形状における角部や研磨前後や研磨中に行われるドレッシング等に起因して角部に形成されるバリ状物がスクラッチを発生させることがある。この問題を解消するため、研磨面と溝の境界部に傾斜面を設ける技術が開示されている（例えば、特許文献2、3参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2002-144219号公報

特許文献2：特開2004-186392号公報

特許文献3：特開2010-45306号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 溝の断面形状が略矩形である場合、上記のような問題以外にも、研磨レートが十分でないという問題や、特に研磨初期～中期において研磨レートが変動しやすいという問題があった。

[0009] ここで、本発明者らは、研磨面と溝の境界部に傾斜面を設けることで、スクラッチが低減するだけでなく、ウェハーと研磨パッドの間で吸引力やスラリ流れの改善が発現し、溝の断面形状が略矩形である場合と比べて研磨レートが高くなることを見出した。しかし、このような構造の溝は、ダイヤモンドドレッサーのドレッシングにより研磨層が削られると、溝幅が徐々に狭くなるため、溝体積が小さくなり、研磨後期において研磨レートが低下してしまうことも見出した。また、クッション層の特定の物性において研磨レートの変動が大きくなってしまうことも見出した。

[0010] 本発明は、かかる従来技術の課題に鑑み、研磨特性の中でも特に、高い研磨レートを保ちながら研磨レートの変動を抑制できる研磨パッド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

[0011] 本発明者らは、研磨面と溝の境界部の角度が研磨レートの変動を及ぼしていると考えた。また、クッション層の影響を受けて研磨面の吸引力やスラリ一流れにムラが発生し、研磨レートに変動を及ぼしていると考え、それを防ぐため、クッション層に剛直性を有するものを組みあわせることで解消できるのではないかと考えた。

そこで、本発明は、上記課題を解決するために、次のような手段を採用するものである。すなわち、少なくとも研磨層とクッション層を有する研磨パッドであって、前記研磨層は研磨面に側面と底面を有する溝を備え、前記側面の少なくとも一方は、前記研磨面と連続し、前記研磨面とのなす角度が α である第1の側面、および該第1の側面と連続し、前記研磨面と平行な面とのなす角度が β である第2の側面から構成され、前記研磨面とのなす角度 α は90度より大きく、前記研磨面と平行な面とのなす角度 β は85度以上であり、かつ、前記研磨面と平行な面とのなす角度 β が前記研磨面とのなす角度 α よりも小さいものであり、前記研磨面から前記第1の側面と前記第2の側面の屈曲点までの屈曲点深さが0.4mm以上、3.0mm以下であり、前記クッション層の歪定数が $7.3 \times 10^{-6} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以上、 $4.4 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以下であることを特徴とする研磨パッドである。

発明の効果

[0012] 本発明により、高い研磨レートを保ちながら研磨レートの変動を抑制できる研磨パッドを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、本発明の一実施の形態に係る研磨パッドの要部の構成を示す部分断面図である。

[図2]図2は、本発明の一実施の形態に係る研磨パッドの要部の構成（第2例）を示す部分断面図である。

[図3]図3は、本発明の一実施の形態に係る研磨パッドの要部の構成（第3例）を示す部分断面図である。

[図4]図4は、本発明の一実施の形態に係る研磨パッドの要部の構成（第4例

)を示す部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明を実施するための形態を説明する。

本発明者は、高い研磨レートを保ちながら研磨レートの変動を抑制できる研磨パッドについて、鋭意検討した。その結果、本発明者は、少なくとも研磨層とクッション層を有する研磨パッドであって、前記研磨層は研磨面に側面と底面を有する溝を備え、前記側面の少なくとも一方は、前記研磨面と連続し、前記研磨面とのなす角度が α である第1の側面、および該第1の側面と連続し、前記研磨面と平行な面とのなす角度が β である第2の側面から構成され、前記研磨面とのなす角度 α は90度より大きく、前記研磨面と平行な面とのなす角度 β は85度以上であり、かつ、前記研磨面と平行な面とのなす角度 β が前記研磨面とのなす角度 α よりも小さいものであり、前記研磨面から前記第1の側面と前記第2の側面の屈曲点までの屈曲点深さが0.4mm以上、3.0mm以下であり、前記クッション層の歪定数が $7.3 \times 10^{-6} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以上、 $4.4 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以下であることを特徴とする研磨パッドを構成することにより、課題を一挙に解決することができることを究明した。

[0015] 本発明において、研磨パッドは、少なくとも研磨層とクッション層を有することが重要である。クッション層が無い場合、研磨層の吸水等による歪みを緩衝できないため、被研磨材の研磨レートや面内均一性が不安定に変動する。また、クッション層を有していても、歪定数が大きすぎると被研磨材の研磨レートや面内均一性が不安定に変動することから、歪定数は、 $7.3 \times 10^{-6} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以上、 $4.4 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以下の範囲である。クッション層の歪定数がこの範囲であることで、傾斜を有する溝による研磨レート向上効果を保ったまま、研磨レート変動を大幅に抑制することができる。被研磨材の研磨レート変動および局所平坦性の観点から上限としては $3.0 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以下がより好ましく、 $1.5 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以下がさらに好ましい。また、下限としては $1.0 \times 10^{-5} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以上がより好まし

く、 $1.2 \times 10^{-5} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以上がさらに好ましい。研磨レート変動が大きい場合、被研磨材の研磨量が変動し、結果として被研磨材の残膜厚が変動し半導体デバイスの性能に悪影響を及ぼす。したがって研磨レート変動率は15%以下が好ましく、10%以下がより好ましい。

[0016] なお、本発明における歪定数は、先端の直径が5mmの圧子を用いて、ダイヤルゲージで27kPaの圧力を60秒間加えたときの厚みを(T1) μm とし、続いて177kPaでの圧力を60秒間加えたときの厚みを(T2) μm として、以下の式に従って算出する値である。

$$\text{歪定数} (\mu\text{m}/\text{Pa}) = (T1 - T2) / (177 - 27) / 1000。$$

[0017] この様なクッション層としては、天然ゴム、ニトリルゴム、“ネオプレン（登録商標）”ゴム、ポリブタジエンゴム、熱硬化性ポリウレタンゴム、熱可塑性ポリウレタンゴム、シリコンゴム、“ハイトレル（登録商標）”などの無発泡のエラストマー、“トーレペフ（登録商標、東レ（株）製ペフ）”などのポリオレフィン発砲体、ニッタ・ハース（株）製“suba400”などの不織布を挙げることができるが、これらに限定されるわけではない。

[0018] クッション層の歪定数は、その材質に応じた調整が可能である。例えば、クッション層が発泡体である場合は、発泡の程度を大きくすると柔らかくなる傾向にあるため、歪定数が大きくなる傾向にある。また、クッション層が無発泡である場合は、クッション層内の架橋の程度を調整することにより、硬さの調節が可能である。

[0019] クッション層の厚みは、0.1～2mmの範囲が好ましい。半導体基板全面の面内均一性の観点からは、0.25mm以上が好ましく、0.3mm以上がより好ましい。また、局所平坦性の観点からは2mm以下が好ましく、1mm以下がより好ましい。

[0020] 本発明における研磨パッドの研磨層表面は溝を有している。研磨層表面から見た溝の形状としては、格子状、放射状、同心円状、螺旋状等が挙げられるが、これらに限られない。溝は、円周方向に延びる開放系のほうがより効

率的にスラリーを更新できることから、格子状が最も好ましい。

[0021] 本発明における溝は側面と底面を有し、前記側面の少なくとも一方は、研磨面から連続し、研磨面とのなす角度が α である第1の側面、および該第1の側面から連続し、研磨面と平行な面とのなす角度が β である第2の側面から構成される。第1の側面、第2の側面および底面は、それぞれ平面（溝の断面形状において直線状）であっても曲面（溝の断面形状において曲線状）であってもよい。

[0022] そして、本発明においては、角度 α は90度より大きく、角度 β は85度以上であり、かつ、角度 β が角度 α よりも小さい。このことにより、高い研磨レートを保ちながら研磨レートの変動を抑制できる。これは以下のように説明される。一般に、研磨レートの変動は研磨初期～中期におけるものが大きい。研磨面と溝の境界部に90度より大きい傾斜面を設けることで研磨レートが高くなるだけでなく、そのような初期～中期における研磨レートの変動も効果的に抑えることができる。

[0023] 一方、そのような構造の溝は、ダイヤモンドドレッサーのドレッシングに伴って研磨層が削られると、溝幅が徐々に狭くなり、溝体積は小さくなる。溝体積の減少速度は一般的な矩形形状である場合に比べて速い。したがって、研磨が進めば進むほど、スラリーの排出能力が低下し、被研磨材上の欠陥が増え、研磨後期における研磨レートが遅くなっていくことが懸念される。このため、溝はある一定の深さ以降は溝体積の減少速度が小さくなるような構造であることが好ましい。角度 α および角度 β を上記のように調整することで、そのような目的を達成できる。角度 α と角度 β の差が10度以上、65度以下であることがより好ましく、20度以上、60度以下であることがさらに好ましい。

[0024] スラリーの保持性と流動性の観点から、角度 α は、下限としては105度以上であることが好ましく、115度以上であることがより好ましい。また、角度 α は、上限としては150度以下であることが好ましく、140度以下であることがより好ましい。溝を形成する向かい合う両側面が同じような

形状であってもよいが、遠心力によりスラリーが流動することから、溝を形成する向かい合う側面のうち、少なくとも円周側にある側面に傾斜があるほうがより効果的である。

[0025] また、研磨レートの変動を特に安定させるためには、第2の側面と底面とで構成される形状が略矩形（C字型）であることが好ましい。そうすることで、研磨後期においても研磨レートが変動しないばかりか、逆により長期間研磨レートを安定化させることができるからである。従来技術のように溝が単純な略矩形である場合には高い研磨レートを保つことができないことを考慮すると、これは予想外の効果である。その理由は明らかではないが、研磨後期においては、溝幅がほぼ一定に保たれ、溝体積の減少速度が特に小さいことによる研磨の安定化効果がより大きくなるためであると考えられる。

[0026] ここでいう略矩形とは、完全な正方形または長方形であることに限らず、溝の側面が若干の傾斜を有していたり、溝の側面や底部の少なくとも一部が曲面であったりしてもよいことをいう。研磨面と平行な面と第2の側面のなす角度 β は85度以上、95度以下であることが好ましく、溝加工の簡便さから、88度以上、92度以下がより好ましく、90度が最も好ましい。

[0027] 矩形部の溝底の幅は、スラリー排出能力の観点から0.1mm以上が好ましく、排出能力が高過ぎて研磨面のスラリーが不足しないように4.0mm以下が好ましい。より好ましくは、0.3mm以上、2mm以下、更に好ましくは、0.5mm以上、1.5mm以下である。また、溝加工の簡便さから、研磨面上の溝開口幅よりも小さいほうが好ましい。

[0028] 被研磨材の研磨に伴って研磨層が削られ、研磨面が第1の側面と第2の側面の境界である屈曲点を通過するときに研磨レートの変動が見られることから、研磨パッドの寿命を容易に認知できる。研磨面から屈曲点までの深さは、研磨面側の傾斜している溝部分の効果を低減しない程度の深さ以上で、かつ矩形形状にする効果を維持できる程度の深さ以下が好ましく、研磨パッドの寿命が長いことが好ましいことから、具体的には溝全体の深さの50%以上、95%以下が好ましく、より好ましくは66%以上、90%以下である。

[0029] さらに、ダイヤモンドブレッサーのドレッシングに伴って研磨層が削られ

、最浅部の溝側面が第1の側面から第2の側面に変わるとき、研磨レートの変動が見られるとともに、スラリー排出能力も変化する。研磨後期の研磨レート変動を安定させることが課題であることから、研磨面から第1の側面と第2の側面の屈曲点までの屈曲点深さが0.4mm以上、3.0mm以下の範囲である。屈曲点深さが深い場合は、スラリー排出能力が不足する。屈曲点深さが浅い場合は、安定した研磨レートが得られる屈曲点までの距離が短いため、研磨パットの寿命が短くなる。屈曲点深さの上限としては、2.5mm以下が好ましく、2.0mm以下がより好ましく、1.8mm以下がさらに好ましい。下限としては、0.5mm以上が好ましく、0.65mm以上がより好ましく、1.0mm以上がさらに好ましい。

[0030] 以上のような本発明における溝の具体的な形状について、図面により説明する。図1は、本発明の一実施の形態に係る研磨パットの要部の構成を示す部分断面図である。同図に示す研磨パット1は、研磨層10と、研磨層10の研磨面11と反対側の面に積層されるクッション層30とを有する。研磨層10の研磨面11には、溝12が形成されている。溝12は、研磨面11と連続し、研磨面11に対して角度 α をなして傾斜する第1の側面13、該第1の側面13と連続し、第1の側面13に対して屈曲点14を介して屈曲する第2の側面15、および溝最深部16を有する。第2の側面の研磨面11と平行な面に対する角度 β は、第1の側面13の研磨面11に対する角度 α よりも小さい。

[0031] なお、溝の第2の側面15と最深部16とで構成される形状は、図1に示す形状に限られるわけではない。例えば、図2に示す研磨パット2の溝17のように、最深部18が研磨面11と略平行な底面を有していてもよい。また、図3に示す研磨パット3の溝19のように、第2の側面15と最深部20との境界部分が曲面をなしていてもよい。また、図4に示す研磨パット4の溝21のように、第2の側面15と最深部22との断面形状がU字状（略

矩形の一部)をなしていてもよい。

[0032] 図1～4に示されるように、本実施の形態に係る溝の断面形状を具体化すると、略Y字型で表すことができる。なお、これらの形状は例示であり、本発明における略矩形の形状はこれらに限られない。

[0033] 研磨パッドを構成する研磨層としては、独立気泡を有する構造のものが、半導体、誘電／金属複合体および集積回路等において平坦面を形成するので好ましい。また、研磨層の硬度は、アスカード硬度計にて、45～65度であることが好ましい。アスカード硬度が45度未満の場合には、被研磨材の平坦化特性（プラナリティ）が低下し、また、65度より大きい場合は、平坦化特性（プラナリティ）は良好であるが、被研磨材の研磨レートのウェハー面内における均一性（ユニフォーミティ）の低下に伴って、ウェハー面内で平坦化特性（プラナリティ）の均一性（ユニフォーミティ）が低下する傾向にある。

[0034] 特に限定されないが、かかる構造体を形成する材料としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリウレタン、ポリウレア、ポリアミド、ポリ塩化ビニル、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリテトラフルオロエチレン、エポキシ樹脂、ABS樹脂、AS樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、“ネオプレン（登録商標）”ゴム、ブタジエンゴム、スチレンブタジエンゴム、エチレンプロピレンゴム、シリコンゴム、フッ素ゴムおよびこれらを主成分とした樹脂等が挙げられる。これらを2種以上用いてもよい。このような樹脂においても、独立気泡径が比較的容易にコントロールできる点でポリウレタンを主成分とする素材がより好ましい。

[0035] ポリウレタンとは、ポリイソシアネートの重付加反応または重合反応により合成される高分子である。ポリイソシアネートの対称として用いられる化合物は、含活性水素化合物、すなわち、二つ以上のポリヒドロキシ基、あるいはアミノ基含有化合物である。ポリイソシアネートとして、トリレンジイソシアネート、ジフェニルメタンジイソシアネート、ナフタレンジイソシア

ネート、ヘキサメチレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネートなど挙げることができるがこれに限定されるものではない。これらを2種以上用いてもよい。

[0036] ポリヒドロキシ基含有化合物としてはポリオールが代表的であり、ポリエーテルポリオール、ポリテトラメチレンエーテルグリコール、エポキシ樹脂変性ポリオール、ポリエステルポリオール、アクリルポリオール、ポリブタジエンポリオール、シリコンポリオール等が挙げられる。これらを2種以上用いてもよい。硬度、気泡径および発泡倍率によって、ポリイソシアネートとポリオール、および触媒、発泡剤、整泡剤の組み合わせや最適量を定めることが好ましい。

[0037] これらのポリウレタン中への独立気泡の形成方法としては、ポリウレタン製造時における樹脂中への各種発泡剤の配合による化学発泡法が一般的であるが、機械的な攪拌により樹脂を発泡させたのち硬化させる方法も好ましく使用することができる。また、ポリウレタン製造時に内部に空隙を有する中空粒子ポリマーを混練することもできる。

[0038] 独立気泡の平均気泡径は、スクラッチを低減する観点から30 μm 以上が好ましい。一方、被研磨材の局所的凹凸の平坦性の観点から、平均気泡径は、150 μm 以下が好ましく、140 μm 以下がより好ましく、130 μm 以下がさらに好ましい。なお、平均気泡径は、サンプル断面をキーエンス製VK-8500の超深度顕微鏡にて倍率400倍で観察したときに一視野内に観察される気泡のうち、視野端部に欠損した円状に観察される気泡を除く円状気泡を画像処理装置にて断面面積から円相当径を測定し、数平均値を算出することにより求められる。

本発明における研磨パッドの一実施態様として好ましいものは、ビニル化合物の重合体およびポリウレタンを含有し、独立気泡を有するパッドである。ビニル化合物からの重合体だけでは韌性と硬度を高めることはできるが、独立気泡を有する均質な研磨パッドを得ることが困難である。また、ポリウレタンは、硬度を高くすると脆くなる。ポリウレタン中にビニル化合物を含

浸させることにより、独立気泡を含み、靱性と硬度の高い研磨パッドとすることができる。

[0039] ビニル化合物は、重合性の炭素－炭素二重結合を有する化合物である。具体的にはメチルアクリレート、メチルメタクリレート、エチルアクリレート、エチルメタクリレート、*n*－ブチルアクリレート、*n*－ブチルメタクリレート、2－エチルヘキシルメタクリレート、イソデシルメタクリレート、*n*－ラウリルメタクリレート、2－ヒドロキシエチルメタクリレート、2－ヒドロキシプロピルメタクリレート、2－ヒドロキシブチルメタクリレート、ジメチルアミノエチルメタクリレート、ジエチルアミノエチルメタクリレート、グリシジルメタクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、アクリル酸、メタクリル酸、フマル酸、フマル酸ジメチル、フマル酸ジエチル、フマル酸ジプロピル、マレイン酸、マレイン酸ジメチル、マレイン酸ジエチル、マレイン酸ジプロピル、フェニルマレイミド、シクロヘキシルマレイミド、イソプロピルマレイミド、アクリロニトリル、アクリルアミド、塩化ビニル、塩化ビニリデン、スチレン、 α －メチルスチレン、ジビニルベンゼン、エチレングリコールジメタクリレート、ジエチレングリコールジメタクリレート等が挙げられる。これらを2種以上用いてもよい。

[0040] 上述したビニル化合物の中で、 $\text{CH}_2=\text{CR}^1\text{COOR}^2$ (R^1 : メチル基またはエチル基、 R^2 : メチル基、エチル基、プロピル基またはブチル基) が好ましい。中でもメチルメタクリレート、エチルメタクリレート、*n*－ブチルメタクリレート、イソブチルメタクリレートは、ポリウレタンへの独立気泡の形成が容易な点、モノマーの含浸性が良好な点、重合硬化が容易な点、重合硬化されたビニル化合物の重合体とポリウレタンを含有している発泡構造体の硬度が高く平坦化特性が良好な点で好ましい。

[0041] これらのビニル化合物の重合体を得るために好ましく用いられる重合開始剤としては、アゾビスイソブチロニトリル、アゾビス(2, 4－ジメチルバレロニトリル)、アゾビスシクロヘキサンカルボニトリル、ベンゾイルパーオキシド、ラウロイルパーオキシド、イソプロピルパーオキシジカーボ

ネート等のラジカル開始剤を挙げることができる。これらを2種以上用いてもよい。また、酸化還元系の重合開始剤、例えばパーオキサイドとアミン類の組合せを使用することもできる。

[0042] ビニル化合物のポリウレタン中への含浸方法としては、ビニル化合物が入った容器中にポリウレタンを浸漬する方法が挙げられる。なお、その際、含浸速度を速める目的で、加熱、加圧、減圧、攪拌、振盪、超音波振動等の処理を施すことも好ましい。

ビニル化合物のポリウレタン中への含浸量は、使用するビニル化合物およびポリウレタンの種類や、製造される研磨パッドの特性により定められるべきものであり、一概にはいえないが、例えば、重合硬化した発泡構造体中のビニル化合物から得られる重合体とポリウレタンの含有比率が重量比で30/70～80/20であることが好ましい。ビニル化合物から得られる重合体の含有比率が重量比で30/70以上であれば、研磨パッドの硬度を十分高くすることができる。また、含有比率が80/20以下であれば、研磨層の弾力性を十分高くすることができる。

[0043] なお、ポリウレタン中の重合硬化したビニル化合物から得られる重合体およびポリウレタンの含有率は、熱分解ガスクロマトグラフィ／質量分析手法により測定することができる。本手法で使用する装置としては、熱分解装置としてダブルショットパイロライザー“PY-2010D”（フロンティア・ラボ（株）製）を、ガスクロマトグラフ・質量分析装置として、“TRIO-1”（VG社製）を挙げることができる。

[0044] 本発明において、半導体基板の局所的凹凸の平坦性の観点から、ビニル化合物から得られる重合体の相とポリウレタンの相とが分離されずに含有されていることが好ましい。定量的に表現すると、研磨パッドをスポットの大きさが50μmの顕微赤外分光装置で観察した赤外スペクトルがビニル化合物から重合される重合体の赤外吸収ピークとポリウレタンの赤外吸収ピークを有しており、色々な箇所の赤外スペクトルがほぼ同一であることが好ましい。ここで使用される顕微赤外分光装置として、SPECTRA-TEC社製

の $IR\mu s$ を上げることができる。

[0045] 研磨パッドは、特性改良を目的として、研磨剤、帯電防止剤、潤滑剤、安定剤、染料等の各種添加剤を含有してもよい。

[0046] 本発明において、研磨層の密度は、局所的な平坦性不良やグローバル段差を低減する観点から、 0.3 g/cm^3 以上が好ましく、 0.6 g/cm^3 以上がより好ましく、 0.65 g/cm^3 以上がさらに好ましい。一方、スクラッチを低減する観点から、 1.1 g/cm^3 以下が好ましく、 0.9 g/cm^3 以下がより好ましく、 0.85 g/cm^3 以下がさらに好ましい。なお、本発明における研磨層の密度は、ハーバード型ピクノメーター（JIS R-3503 基準）を用い、水を媒体に測定した値である。

[0047] 本発明において研磨される被研磨材としては、例えば半導体ウェハーの上に形成された絶縁層または金属配線の表面が挙げられる。絶縁層としては、金属配線の層間絶縁膜や金属配線の下層絶縁膜や素子分離に使用されるシャロートレンチアイソレーションを上げることができる。金属配線としては、アルミニウム、タングステン、銅、およびそれらの合金等を上げることができる。銅を金属配線とした場合には、窒化珪素等のバリアメタルも研磨対象となる。絶縁膜は、現在酸化シリコンが主流であるが、低誘電率絶縁膜も用いられる。半導体ウェハー以外に磁気ヘッド、ハードディスク、サファイヤ、SiC、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）等の研磨に用いることもできる。

[0048] 本発明の研磨方法は、ガラス、半導体、誘電／金属複合体および集積回路等に平坦面を形成するために好適に使用される。

実施例

[0049] 以下、実施例によって、さらに本発明の詳細を説明する。しかし、本実施例により本発明が限定して解釈される訳ではない。なお、測定は以下のとおりに行った。

[0050] <気泡径測定>

サンプル断面をキーエンス製VK-8500の超深度顕微鏡にて倍率400倍で観察したときに一視野内に観察される気泡のうち、視野端部に欠損した円状に観察される気泡を除く円状気泡を画像処理装置にて断面面積から円相当径を測定し、算出した数平均値を平均気泡径とした。

[0051] <硬度測定>

JIS K6253-1997に準拠して行った。作製したポリウレタン樹脂を2cm×2cm（厚み：任意）の大きさに切り出したものを硬度測定用試料とし、温度23℃±2℃、湿度50%±5%の環境で16時間静置した。測定時には、試料を重ね合わせ、厚み6mm以上とした。硬度計（高分子計器（株）製、アスカード型硬度計）を用い、硬度を測定した。

[0052] <マイクロゴムA硬度測定>

クッション層を3cm×3cmの大きさに切り出したものを硬度測定用試料とし、温度23℃±2℃、湿度50%±5%の環境で16時間静置した。高分子計器（株）製マイクロゴム硬度計MD-1を用いて、試料1枚の中で異なる3点を測定し、算出した平均値をマイクロゴムA硬度とした。

[0053] <傾斜角度測定>

研磨層表面に溝を形成したパッドを、剃刀刃が溝方向に対して垂直となるように配置して溝深さ方向にスライスし、溝の断面をキーエンス製VK-8500の超深度顕微鏡にて観察して、研磨面と前記溝の研磨面と連続する側面の成す角度（角度 α ）を測定した。パッドの中心から半径の1/3の位置と2/3の位置において、最も近い溝を測定し、各1箇所合計2点の平均を傾斜角度とした。角度 β も同様に測定した。

[0054] <屈曲点深さ測定>

研磨層表面に溝を形成したパッドを、剃刀刃が溝方向に対して垂直となるように配置して溝深さ方向にスライスし、溝の断面をキーエンス製VK-8500の超深度顕微鏡にて観察して、研磨面から、第1の側面と第2の側面からなる向かい合う2つの屈曲点の中点までの垂直距離を測定した。パッドの中心から半径の1/3の位置と2/3の位置において、最も近い溝を測定

し、各 1 箇所合計 2 点の平均を屈曲点深さとした。

[0055] <歪定数算出>

先端の直径が 5 mm の圧子を用いて、ダイヤルゲージで 27 kPa の圧力を 60 秒間加えたときの厚みを (T1) μm とし、続いて 177 kPa での圧力を 60 秒間加えたときの厚みを (T2) μm として、以下の式に従って歪定数を算出した。

$$\text{歪定数 } (\mu\text{m}/\text{Pa}) = (T1 - T2) / (177 - 27) / 1000。$$

[0056] <平均研磨レート算出>

アプライドマテリアルズ（株）社製の 300 mm ウェハ用研磨機 “Reflexion” を用いて、所定の研磨条件で終点検出を行いながら研磨を行った。研磨特性は、12 インチウェハの最外周 16 mm 未満を除外して、測定した。

ウェハ中心 1 点、ウェハ中心から直径方向に半径 5 mm の位置を 2 点、5 mm より大きく 125 mm 以下を 20.0 mm 毎に 12 点、125 mm より大きく、130 mm 以下の面内を 5.0 mm 毎に 4 点、134 mm の 2 点を測定して平均研磨レート (nm/分) を算出した。

[0057] <研磨レートの面内均一性算出>

200 枚目に研磨したウェハの研磨特性を前記と同様に測定し、以下の式に従って算出した。

$$\text{研磨レートの面内均一性 (\%)} = \{ (\text{面内の最大研磨レート}) - (\text{面内の最小研磨レート}) \} / (\text{平均研磨レート}) \times 100。$$

[0058] <研磨レート変動率算出>

(200 枚を研磨した場合)

ウェハを 200 枚研磨して、ウェハ毎の平均研磨レートを測定した後、以下の式に従って 1 枚目から 200 枚目までの研磨レート変動率 (200 枚研磨後の研磨レート変動率) 算出した。

$$\text{研磨レート変動率 (\%)} = \{ (\text{最大ウェハ平均研磨レート}) - (\text{最小ウェハ平均研磨レート}) \} / (200 \text{ 枚目ウェハ平均研磨レート})。$$

(追加500枚を研磨した場合)

ウェハーを追加で500枚研磨して、ウェハー毎の平均研磨レートを測定した後、以下の式に従って1枚目から700枚目までの研磨レート変動率(700枚研磨後の研磨レート変動率)算出した。

研磨レート変動率(%) = { (最大ウェハー平均研磨レート) - (最小ウェハー平均研磨レート) } / (700枚目ウェハー平均研磨レート)。

[0059] 研磨レートの変動が大きい場合、研磨不足や研磨過多によりデバイスの不具合を引き起こすことがあるため、研磨レート変動率は小さいほうがよく、30%以下が好ましく、20%以下がより好ましい。

[0060] 以下、実施例1～16、比較例1～5を説明する。

[0061] (実施例1)

ポリプロピレングリコール30重量部とジフェニルメタンジイソシアネート40重量部と水0.5重量部とトリエチルアミン0.3重量部とシリコーン整泡剤1.7重量部とオクチル酸スズ0.09重量部をRIM成型機で混合して、金型に吐出して加圧成型を行い、独立気泡の発泡ポリウレタンシートを作製した。

[0062] 前記発泡ポリウレタンシートを、アゾビスイソブチロニトリル0.2重量部を添加したメチルメタクリレートに60分間浸漬した。次に前記発泡ポリウレタンシートを、ポリビニルアルコール“CP”(重合度:約500、ナカライテスク(株)製)15重量部、エチルアルコール(試薬特級、片山化学(株)製)35重量部、水50重量部からなる溶液中に浸漬後乾燥することにより、前記発泡ポリウレタンシート表層をポリビニルアルコールで被覆した。

[0063] 次に前記発泡ポリウレタンシートを、塩化ビニル製ガスを介して2枚のガラス板間に挟み込んで、65℃で6時間、120℃で3時間加熱することにより重合硬化させた。ガラス板間から離型し水洗した後、50℃で真空乾燥を行った。このようにして得られた硬質発泡シートを厚み約2mmにスライス加工することにより研磨層を作製した。研磨層中のメチルメタクリ

レート含有率は66重量%であった。また研磨層のD硬度は54度、密度は 0.81 g/cm^3 、独立気泡の平均気泡径は $45\text{ }\mu\text{m}$ であった。

[0064] 得られた硬質発泡シートを両面研削して、厚みが2mmの研磨層を作製した。

[0065] 上記方法により得られた研磨層に、クッション層として歪定数 $1.5 \times 10^{-5}\text{ }\mu\text{m/Pa}$ （マイクロゴムA硬度89）の日本マタイ（株）製の熱可塑性ポリウレタン（クッション層厚み：0.3mm、クッション層Aとする）を、ロールコーターを用いて三井化学ポリウレタン（株）製MA-6203接着層を介して積層し、さらに裏面に裏面テープとして積水化学工業（株）製両面テープ5604TDMを貼り合わせた。この積層体を775mmの直径の円に打ち抜いて、研磨層表面に溝ピッチ15mm、角度 α が135度、角度 β が90度、最深部の溝深さ1.5mm、屈曲点深さが1mm、溝底部形状が矩形で溝幅が1mmで、溝をXY格子状に形成して、研磨パッドとした。

[0066] 上記方法により得られた研磨パッドを、研磨機（アプライドマテリアルズ（株）製“Reflexion”）の定盤に貼り付けた。酸化膜の12インチウェハーをリテナーリング圧力 $=67\text{ kPa}$ （9.7psi）、ゾーン1圧力 $=48\text{ kPa}$ （7psi）、ゾーン2圧力 $=28\text{ kPa}$ （4psi）、ゾーン3圧力 $=28\text{ kPa}$ （4psi）、プラテン回転数 $=59\text{ rpm}$ 、研磨ヘッド回転数 $=60\text{ rpm}$ 、スラリー（キャボット社製、SS-25）を300mL/分の流量で流し、セソール社製ドレッサーで荷重17.6N（4lbf）、研磨時間1分の条件で200枚を研磨した。200枚目の酸化膜の平均研磨レートは 307.7 nm/分 、研磨レートの面内均一性は6.2%であった。200枚研磨後の研磨レート変動率は7.2%であった。少なくともウェハー700枚を研磨できるパッド寿命が必要であることから、さらにウェハーを500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は11.3%であり、良好な結果であった。

[0067] （実施例2）

研磨層表面の溝の角度 α を145度に、溝底部の溝幅を0.7mm、屈曲点深さを1.15mmに変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは326.4nm/分、研磨レートの面内均一性は8.3%、200枚研磨後の研磨レート変動率は8.5%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は13.2%であり、良好な結果であった。

[0068] (実施例3)

研磨層表面の溝の角度 α を113度に、溝底部の溝幅を0.7mm、屈曲点深さを1.15mmに変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは279.6nm/分、研磨レートの面内均一性は8.3%、200枚研磨後の研磨レート変動率は8.2%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は14.6%であり、良好な結果であった。

[0069] (実施例4)

研磨層表面の溝の角度 α を120度に、溝底部の溝幅を0.7mm、屈曲点深さを1.15mmに変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは288.6nm/分、研磨レートの面内均一性は7.6%、200枚研磨後の研磨レート変動率は7.8%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は12.7%であり、良好な結果であった。

[0070] (実施例5)

研磨層表面の溝の角度 α を100度に、溝底部の溝幅を0.7mm、屈曲点深さを1.15mmに変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは267.1nm/分、研磨レートの面内均一性は12.1%、200枚研磨後の研磨レート変動率は11.8%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は13.8%であり、良好な結果であった。

[0071] (実施例6)

研磨層表面の溝の角度 α を155度に、溝底部の溝幅を0.7mm、屈曲点深さを1.15mmに変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは327.8nm/分、研磨レートの面内均一性は9.5%、200枚研磨後の研磨レート変動率は10.9%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は19.9%であり、良好な結果であった。

[0072] (実施例7)

歪定数が $2.6 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ (マイクロゴムA硬度65度)のポリオレフィン発泡体 (東レ (株) 製ペフ、発泡倍率3倍、クッション層厚み: 1.0mm) のクッション層 (クッション層Bとする) に変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは275.8nm/分、研磨レートの面内均一性は6.3%、200枚研磨後の研磨レート変動率は15.4%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は14.8%であり、良好な結果であった。

[0073] (実施例8)

研磨層表面の溝ピッチを11.5mm、屈曲点深さを1.15mm、溝底部の溝幅を0.7mmに変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは307.2nm/分、研磨レートの面内均一性は4.4%、200枚研磨後の研磨レート変動率は3.9%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は6.6%であり、良好な結果であった。

[0074] (実施例9)

研磨層厚みを2.7mm、屈曲点深さを1.8mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは300.4nm/分、研磨レートの面内均一性は4.6%、200枚研磨後の研磨レート変動率は4.4%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は9.3%であり、良好な結果であった。

[0075] (実施例10)

研磨層厚みを3.1 mm、屈曲点深さを2.2 mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは298.0 nm/分、研磨レートの面内均一性は4.8%、200枚研磨後の研磨レート変動率は4.7%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は9.4%であり、良好な結果であった。

[0076] (実施例11)

研磨層厚みを3.6 mm、屈曲点深さを2.7 mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは297.7 nm/分、研磨レートの面内均一性は5.2%、200枚研磨後の研磨レート変動率は5.1%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は9.9%であり、良好な結果であった。

[0077] (実施例12)

屈曲点深さを0.8 mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは287.8 nm/分、研磨レートの面内均一性は6.1%、200枚研磨後の研磨レート変動率は8.1%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は16.6%であり、良好な結果であった。

[0078] (実施例13)

屈曲点深さを0.45 mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは287.2 nm/分、研磨レートの面内均一性は6.5%、200枚研磨後の研磨レート変動率は8.8%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は19.1%であり、良好な結果であった。

[0079] (実施例14)

研磨層表面の溝を挟んで向かい合う2つの角度 α を135度と130度とし向かい合う二つの角度を異なるように変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは306.7 nm/分、研磨レートの面内均一性は4.6%、200枚研磨後の研磨レート変動率は4.1%であった。さ

らに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は6.9%であり、良好な結果であった。

[0080] (実施例15)

研磨層裏面に接着剤を介して厚さ188 μ mのポリエステルフィルムを貼り合わせて、ポリエステルフィルム面にクッション層を貼り合わせた以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは312.6nm/分、研磨レートの面内均一性は4.1%、200枚研磨後の研磨レート変動率は4.2%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は6.5%であり、良好な結果であった。

[0081] (実施例16)

歪定数が $3.8 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ (マイクロゴムA硬度57度)のポリオレフィン発泡体 (東レ (株) 製ペフ、発泡倍率4倍、クッション層厚み: 1.0mm) のクッション層 (クッション層Cとする) に変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは279.8nm/分、研磨レートの面内均一性は11.3%、200枚研磨後の研磨レート変動率は18.3%であった。さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は17.3%であり、良好な結果であった。

[0082] (比較例1)

研磨層表面の溝の角度 α を90度に変更し、溝を単純なC字型の形状とした以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは255.3nm/分、研磨レートの面内均一性は14.2%、200枚研磨後の研磨レート変動率は42.3%であった。研磨レートが小さく、研磨レートの面内均一性が悪く、研磨レート変動率が大きかった。すなわち、ウェハー200枚までで好ましく研磨をすることができなくなり、200枚目以降 (例えば700枚) の研磨に供することができなかった。

[0083] (比較例2)

歪定数が $6.5 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ の不織布 (クッション層厚み: 1.3mm) をクッション層 (クッション層Dとする) に変更した以外は実施例1と

同様にして研磨した。平均研磨レートは275.8nm/分、研磨レートの面内均一性は8.9%、200枚研磨後の研磨レート変動率は78.8%であり、研磨レート変動率が大きかった。すなわち、ウェハー200枚までで好ましく研磨をすることができなくなり、200枚目以降（例えば700枚）の研磨に供することができなかった。

[0084]（比較例3）

屈曲点深さを0.2mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは286.9nm/分、研磨レートの面内均一性は10.4%、200枚研磨後の研磨レート変動率は11.4%であったが、700枚研磨後の研磨レート変動率は35.5%であり、研磨レート変動率が大きかった。

[0085]（比較例4）

屈曲点深さを0.3mmに変更した以外は実施例8と同様にして研磨した。平均研磨レートは285.5nm/分、研磨レートの面内均一性は9.8%、200枚研磨後の研磨レート変動率は10.9%であったが、さらに500枚を研磨したときの700枚研磨後の研磨レート変動率は32.7%であり、研磨レート変動率が大きかった。

[0086]（比較例5）

クッション層を歪定数が $5.2 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ （マイクロゴムA硬度59度）の日本発条（株）製ニッパロンEXT（クッション層厚み：0.8mm、クッション層Eとする）に変更した以外は実施例1と同様にして研磨した。平均研磨レートは280.6nm/分、研磨レートの面内均一性は12.8%、200枚研磨後の研磨レート変動率は74.8%であり、研磨レート変動率が大きかった。すなわち、ウェハー200枚までで好ましく研磨をすることができなくなり、200枚目以降（例えば700枚）の研磨に供することができなかった。

[0087] 以上説明した実施例1～16、比較例1～5で得られた結果を表1に示す。

[0088] [表1]

(表1)

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15	実施例 16	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5
α (度)	135	145	113	120	100	155	135	135	135	135	135	135	135	135,130	135	135	90	135	135	135	135
β (度)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
研磨層厚み (mm)	2	2	2	2	2	2	2	2	2.7	3.1	3.6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
溝ピッチ(mm)	15	15	15	15	15	15	15	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	15	15	15	11.5	11.5	15
溝深さ(mm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
溝底部の溝幅 (mm)	1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1	1	1	0.7	0.7	1
屈曲点深さ(mm)	1	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1	1.15	1.8	2.2	2.7	0.8	0.45	1.15	1.15	1	1	1	0.2	0.3	1
平均研磨レート (nm/分)	307.7	326.4	279.6	288.6	267.1	327.8	275.8	307.2	300.4	298.0	297.7	287.8	287.2	306.7	312.6	279.8	255.3	275.8	286.9	285.5	280.6
研磨レートの内均一性 (%)	6.2	8.3	8.3	7.6	12.1	9.5	6.3	4.4	4.6	4.8	5.2	6.1	6.5	4.6	4.1	11.3	14.2	8.9	10.4	9.8	12.8
200枚研磨後の 研磨レート 変動率(%)	7.2	8.5	8.2	7.8	11.8	10.9	15.4	3.9	4.4	4.7	5.1	8.1	8.8	4.1	4.2	18.3	42.3	78.8	11.4	10.9	74.8
700枚研磨後の 研磨レート 変動率(%)	11.3	13.2	14.6	12.7	13.8	19.9	14.8	6.6	9.3	9.4	9.9	16.6	19.1	6.9	6.5	17.3	-	-	35.5	32.7	-
クッション層	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	A	E

* 実施例15…研磨層裏面に厚さ188 μ mのポリエチレンフィルム貼付+ポリエステルフィルム面にクッション層貼付

* 比較例1…溝部がC字型

符号の説明

- [0089] 1、2、3、4 研磨パッド
- 10 研磨層
 - 11 研磨面
 - 12、17、19、21 溝
 - 13 第1の側面
 - 14 屈曲点
 - 15 第2の側面
 - 16、18、20、22 最深部
 - 30 クッション層

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも研磨層とクッション層を有する研磨パッドであって、
前記研磨層は研磨面に側面と底面を有する溝を備え、
前記側面の少なくとも一方は、前記研磨面と連続し、前記研磨面とのなす角度が α である第1の側面、および該第1の側面と連続し、前記研磨面と平行な面とのなす角度が β である第2の側面から構成され、
前記研磨面とのなす角度 α は90度より大きく、前記研磨面と平行な面とのなす角度 β は85度以上であり、かつ、前記研磨面と平行な面とのなす角度 β が前記研磨面とのなす角度 α よりも小さいものであり、
前記研磨面から前記第1の側面と前記第2の側面の屈曲点までの屈曲点深さが0.4mm以上、3.0mm以下であり、
前記クッション層の歪定数が $7.3 \times 10^{-6} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以上、 $4.4 \times 10^{-4} \mu\text{m}/\text{Pa}$ 以下であることを特徴とする研磨パッド。
- [請求項2] 前記研磨面とのなす角度 α と前記研磨面と平行な面とのなす角度 β の差が10度以上、65度以下であることを特徴とする請求項1に記載の研磨パッド。
- [請求項3] 前記研磨面とのなす角度 α が105度以上、150度以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨パッド。
- [請求項4] 前記研磨面と平行な面とのなす角度 β が85度以上、95度以下であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の研磨パッド。
- [請求項5] 前記研磨面の溝のパターンが格子状であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の研磨パッド。