

明 細 書

発明の名称：スラリ及び研磨方法

技術分野

[0001] 本発明は、スラリ及び研磨方法に関する。

背景技術

[0002] 近年の半導体素子の製造工程では、高密度化及び微細化のための加工技術の重要性がますます高まっている。加工技術の一つであるCMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシング：化学機械研磨）技術は、半導体素子の製造工程において、シャロートレンチ分離（シャロー・トレンチ・アイソレーション。以下「STI」という。）の形成、プリメタル絶縁材料又は層間絶縁材料の平坦化、プラグ又は埋め込み金属配線の形成等に必須の技術となっている。

[0003] 最も多用されている研磨液としては、例えば、砥粒として、ヒュームドシリカ、コロイダルシリカ等のシリカ（酸化珪素）粒子を含むシリカ系研磨液が挙げられる。シリカ系研磨液は、汎用性が高いことが特徴であり、砥粒含有量、pH、添加剤等を適切に選択することで、絶縁材料及び導電材料を問わず幅広い種類の材料を研磨できる。

[0004] 一方で、主に酸化珪素等の絶縁材料を対象とした研磨液として、セリウム化合物粒子を砥粒として含む研磨液の需要も拡大している。例えば、セリウム酸化物（セリア）粒子を砥粒として含むセリウム酸化物系研磨液は、シリカ系研磨液よりも低い砥粒含有量でも高速に酸化珪素を研磨できる（例えば、下記特許文献1及び2参照）。

[0005] ところで、近年、半導体素子の製造工程では、更なる配線の微細化を達成することが求められており、研磨時に発生する研磨傷が問題となっている。すなわち、従来のセリウム酸化物系研磨液を用いて研磨を行った際に微小な研磨傷が発生しても、この研磨傷の大きさが従来の配線幅より小さいものであれば問題にならなかったが、更なる配線の微細化を達成しようとする場合

には、研磨傷が微小であっても問題となってしまう。

- [0006] この問題に対し、セリウム水酸化物の粒子を用いた研磨液が検討されている（例えば、下記特許文献3～5参照）。また、セリウム水酸化物の粒子の製造方法についても検討されている（例えば、下記特許文献6及び7参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開平10-106994号公報
特許文献2：特開平08-022970号公報
特許文献3：国際公開第2002/067309号
特許文献4：国際公開第2012/070541号
特許文献5：国際公開第2012/070542号
特許文献6：特開2006-249129号公報
特許文献7：国際公開第2012/070544号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] ところで、近年、デバイスのセル部を縦方向に積層させる3D-NANDデバイスが台頭してきている。本技術では、セル形成時の絶縁材料の段差が従来のプレーナ型と比べて数倍高くなっている。それに伴い、デバイス製造のスループットを維持するためには、前記のとおりの高い段差をCMP工程等において素早く解消する必要があり、絶縁材料の研磨速度を向上させる必要がある。

- [0009] 本発明は、前記課題を解決しようとするものであり、絶縁材料の研磨速度を向上させることが可能なスラリー、及び、当該スラリーを用いた研磨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

- [0010] 本発明に係るスラリーの一側面は、砥粒と、液状媒体と、を含有するスラリー

であって、前記砥粒が、第1の粒子と、当該第1の粒子に接触した第2の粒子と、を含み、前記第2の粒子の粒径が第1の粒子の粒径よりも小さく、前記第1の粒子がセリウム酸化物を含有し、前記第2の粒子がセリウム化合物を含有し、前記砥粒の含有量が0.1質量%である場合において遠心加速度 $5.8 \times 10^4 G$ で5分間前記スラリを遠心分離したときに得られる液相における波長380nmの光に対する吸光度が0を超える。

[0011] 本発明に係るスラリの一側面によれば、絶縁材料の研磨速度を向上させることが可能であり、絶縁材料を高い研磨速度で研磨できる。

[0012] 本発明に係る研磨方法の一側面は、前記スラリを用いて被研磨面を研磨する工程を備えていてもよい。このような研磨方法によれば、前記スラリを用いることにより、前記スラリと同様の前記効果を得ることができる。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、絶縁材料（例えば酸化珪素）の研磨速度を向上させることが可能なスラリを提供することができる。本発明によれば、前記スラリを用いた研磨方法を提供することができる。

[0014] 本発明によれば、酸化珪素を含む被研磨面の研磨へのスラリの使用を提供することができる。本発明によれば、半導体素子の製造技術である基体表面の平坦化工程へのスラリの使用を提供することができる。本発明によれば、STI絶縁材料、プリメタル絶縁材料又は層間絶縁材料の平坦化工程へのスラリの使用を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]添加剤を添加した際に砥粒が凝集する様子を示す模式図である。

[図2]添加剤を添加した際に砥粒が凝集する様子を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態に係るスラリ、及び、当該スラリを用いた研磨方法について詳細に説明する。

[0017] <定義>

本明細書において、「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に

記載される数値をそれぞれ最小値及び最大値として含む範囲を示す。本明細書に段階的に記載されている数値範囲において、ある段階の数値範囲の上限値又は下限値は、他の段階の数値範囲の上限値又は下限値に置き換えてもよい。本明細書に記載されている数値範囲において、その数値範囲の上限値又は下限値は、実施例に示されている値に置き換えてもよい。「A又はB」とは、A及びBのどちらか一方を含んでいればよく、両方とも含んでいてもよい。本明細書に例示する材料は、特に断らない限り、1種を単独で又は2種以上を組み合わせ用いることができる。本明細書において、組成物中の各成分の含有量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数の物質の合計量を意味する。

[0018] 後述するように、本実施形態に係るスラリは砥粒 (abrasive grain) を含有する。砥粒は、「研磨粒子」 (abrasive particle) ともいわれるが、本明細書では「砥粒」という。砥粒は、一般的には固体粒子であって、研磨時に、砥粒が有する機械的作用、及び、砥粒（主に砥粒の表面）の化学的作用によって、除去対象物が除去 (remove) され则认为られるが、これに限定されない。

[0019] 本明細書における重量平均分子量は、例えば、標準ポリスチレンの検量線を用いてゲルパーミエーションクロマトグラフィー法 (GPC) により下記の条件で測定することができる。

使用機器：日立 L-6000 型 [株式会社日立製作所製]

カラム：ゲルパック GL-R420 + ゲルパック GL-R430 + ゲルパック GL-R440 [日立化成株式会社製 商品名、計3本]

溶離液：テトラヒドロフラン

測定温度：40℃

流量：1.75 mL/min

検出器：L-3300RI [株式会社日立製作所製]

[0020] <スラリ>

本実施形態に係るスラリは、必須成分として砥粒と液状媒体とを含有する

。本実施形態に係るスラリは、例えば、研磨液（CMP研磨液）として用いることができる。本明細書において、「研磨液」（polishing liquid、abrasive）とは、研磨時に被研磨面に触れる組成物として定義される。「研磨液」という語句自体は、研磨液に含有される成分を何ら限定しない。

[0021] 砥粒は、第1の粒子と、当該第1の粒子に接触した第2の粒子と、を含む複合粒子を含有する。第2の粒子の粒径は、第1の粒子の粒径よりも小さい。第1の粒子はセリウム酸化物を含有し、第2の粒子はセリウム化合物を含有する。砥粒の含有量が0.1質量%である場合において、本実施形態に係るスラリを遠心加速度 $5.8 \times 10^4 G$ で5分間遠心分離したときに得られる液相（上澄み液）における波長380nmの光に対する吸光度は0を超える。

[0022] 本実施形態に係るスラリを用いることにより絶縁材料（例えば酸化珪素）の研磨速度を向上させることができる。このように絶縁材料の研磨速度が向上する理由としては、例えば、下記の理由が挙げられる。但し、理由は下記に限定されない。

[0023] すなわち、セリウム酸化物を含有すると共に、第2の粒子よりも大きい粒径を有する第1の粒子は、第2の粒子と比較して、絶縁材料に対する物理的作用（メカニカル性）が強い。一方、セリウム化合物を含有すると共に、第1の粒子よりも小さい粒径を有する第2の粒子は、第1の粒子と比較して、絶縁材料に対する物理的作用は小さいものの、粒子全体における比表面積（単位質量当たりの表面積）が大きいため、絶縁材料に対する化学的作用（ケミカル性）が強い。このように、物理的作用が強い第1の粒子と、化学的作用が強い第2の粒子と、を併用することにより研磨速度向上の相乗効果が得られやすい。

さらに、本実施形態に係るスラリでは、スラリを遠心分離したときに得られる液相における波長380nmの光に対する吸光度が0を超える。このような遠心分離では、複合粒子が選択的に除去されやすく、遊離した粒子（以下、「遊離粒子」という。例えば、第1の粒子と接触していない第2の粒子

）を固形分として含有する液相を得ることが可能であり、吸光度が0を超え
る場合、砥粒は、スラリーにおいて複合粒子に加えて遊離粒子を含む。遊離粒
子は複合粒子と比較して粒径が小さいため、スラリー中における拡散速度が高
く、絶縁材料の表面に優先的に吸着して当該表面を被覆する。この場合、複
合粒子は、絶縁材料に直接的に作用するだけでなく、絶縁材料に吸着した遊
離粒子にも作用して間接的にも絶縁材料に作用することができる（例えば、
絶縁材料に吸着した遊離粒子を介して物理的作用を絶縁材料へ伝達すること
ができる）。

以上により、本実施形態に係るスラリーを用いることにより絶縁材料の研磨
速度を向上させることができると推察される。

[0024] 本実施形態に係るスラリーを遠心加速度 $5.8 \times 10^4 G$ で5分間遠心分離し
たときに得られる液相における波長 $380 nm$ の光に対する吸光度は、下記
の範囲が好ましい。前記吸光度は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点
から、0.001以上が好ましく、0.002以上がより好ましく、0.0
1以上が更に好ましく、0.03以上が特に好ましく、0.05以上が極め
て好ましく、0.08以上が非常に好ましく、0.09以上がより一層好ま
しく、0.1以上が更に好ましく、0.2以上が特に好ましい。スラリー中の
遊離粒子の含有量が多い場合には、絶縁材料に対する遊離粒子の吸着量が増
加することから、絶縁材料の研磨速度が更に向上すると推察される。前記吸
光度は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、0.5以下が好まし
く、0.4以下がより好ましく、0.3以下が更に好ましく、0.25以下
が特に好ましく、0.2以下が極めて好ましい。前記観点から、前記吸光度
は、0を超え0.5以下であることがより好ましい。砥粒における遊離粒子
の含有量を調整することにより前記吸光度を調整できる。例えば、第2の粒
子が接触する第1の粒子の表面積を増加させること、第1の粒子と第2の粒
子とを接触させる際に不十分な分散状態に調整すること（分散時間を減少さ
せること、第1の粒子及び第2の粒子を含む液の攪拌における回転数を減少
させること、粒子間に生じる静電反発力を弱める等）などによって前記吸光

度を減少させることができる。

[0025] (砥粒)

本実施形態に係るスラリの砥粒は、上述のとおり、第1の粒子と、当該第1の粒子に接触した第2の粒子と、を含む複合粒子に加えて遊離粒子（例えば、第1の粒子と接触していない第2の粒子）を含む。第2の粒子の粒径は、第1の粒子の粒径よりも小さい。第1の粒子及び第2の粒子の粒径の大小関係は、複合粒子のSEM画像等から判別することができる。

[0026] 第1の粒子の粒径は、下記の範囲が好ましい。第1の粒子の粒径の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、15nm以上が好ましく、25nm以上がより好ましく、35nm以上が更に好ましく、40nm以上が特に好ましく、50nm以上が極めて好ましく、80nm以上が非常に好ましく、100nm以上がより一層好ましい。第1の粒子の粒径の上限は、砥粒の分散性が向上する観点、及び、被研磨面に傷がつくことが抑制されやすい観点から、1000nm以下が好ましく、800nm以下がより好ましく、600nm以下が更に好ましく、400nm以下が特に好ましく、300nm以下が極めて好ましく、200nm以下が非常に好ましく、150nm以下がより一層好ましい。前記観点から、第1の粒子の粒径は、15～1000nmであることがより好ましい。第1の粒子の平均粒径（平均二次粒径）が上述の範囲であってもよい。

[0027] 第2の粒子の粒径は、下記の範囲が好ましい。第2の粒子の粒径の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、1nm以上が好ましく、2nm以上がより好ましく、3nm以上が更に好ましい。第2の粒子の粒径の上限は、砥粒の分散性が向上する観点、及び、被研磨面に傷がつくことが抑制されやすい観点から、50nm以下が好ましく、30nm以下がより好ましく、25nm以下が更に好ましく、20nm以下が特に好ましく、15nm以下が極めて好ましく、10nm以下が非常に好ましい。前記観点から、第2の粒子の粒径は、1～50nmであることがより好ましい。第2の粒子の平均粒径（平均二次粒径）が上述の範囲であってもよい。

[0028] スラリ中の砥粒（複合粒子及び遊離粒子を含む砥粒全体）の平均粒径（平均二次粒径）は、下記の範囲が好ましい。砥粒の平均粒径の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、16 nm以上が好ましく、20 nm以上がより好ましく、30 nm以上が更に好ましく、40 nm以上が特に好ましく、50 nm以上が極めて好ましく、100 nm以上が非常に好ましく、120 nm以上がより一層好ましく、140 nm以上が更に好ましい。砥粒の平均粒径の上限は、砥粒の分散性が向上する観点、及び、被研磨面に傷がつくことが抑制されやすい観点から、1050 nm以下が好ましく、1000 nm以下がより好ましく、800 nm以下が更に好ましく、600 nm以下が特に好ましく、500 nm以下が極めて好ましく、400 nm以下が非常に好ましく、300 nm以下がより一層好ましく、200 nm以下が更に好ましく、160 nm以下が特に好ましく、155 nm以下が極めて好ましい。前記観点から、砥粒の平均粒径は、16～1050 nmであることがより好ましい。

[0029] 平均粒径は、例えば、光回折散乱式粒度分布計（例えば、ベックマン・コールター株式会社製、商品名：N5、又は、マイクロトラック・ベル株式会社製、商品名：マイクロトラックMT3300EXII）を用いて測定することができる。

[0030] 第1の粒子はセリウム酸化物を含有し、第2の粒子はセリウム化合物を含有する。第2の粒子のセリウム化合物としては、セリウム水酸化物、セリウム酸化物等が挙げられる。第2の粒子のセリウム化合物としては、セリウム酸化物とは異なる化合物を用いることができる。セリウム化合物は、セリウム水酸化物を含むことが好ましい。セリウム水酸化物を含む砥粒は、シリカ、セリウム酸化物等からなる粒子と比較して、水酸基の作用によって絶縁材料（例えば酸化珪素）との反応性（化学的作用）が高く、絶縁材料を更に高い研磨速度で研磨することができる。セリウム水酸化物は、例えば、4価セリウム（ Ce^{4+} ）と、少なくとも1つの水酸化物イオン（ OH^- ）とを含む化合物である。セリウム水酸化物は、水酸化物イオン以外の陰イオン（例えば

、硝酸イオン NO_3^- 及び硫酸イオン SO_4^{2-})を含んでいてもよい。例えば、セリウム水酸化物は、4価セリウムに結合した陰イオン(例えば、硝酸イオン NO_3^- 及び硫酸イオン SO_4^{2-})を含んでいてもよい。砥粒は、シリカ、アルミナ、ジルコニア、イットリア等からなる粒子を更に含んでいてもよい。

[0031] セリウム水酸化物は、セリウム塩と、アルカリ源(塩基)とを反応させることにより作製できる。セリウム水酸化物は、セリウム塩とアルカリ液(例えばアルカリ水溶液)とを混合することにより作製されることが好ましい。これにより、粒径が極めて細かい粒子を得ることができ、研磨傷の低減効果に優れたスラリを得やすい。このような手法は、例えば、特許文献6及び7に開示されている。セリウム水酸化物は、セリウム塩溶液(例えばセリウム塩水溶液)とアルカリ液とを混合することにより得ることができる。セリウム塩としては、従来公知のものを特に制限なく使用でき、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_4$ 、 $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 、 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 、 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_4(\text{SO}_4)_4$ 等が挙げられる。

[0032] 第1の粒子及び第2の粒子を含む複合粒子は、ホモジナイザー、ナノマイザー、ボールミル、ビーズミル、超音波処理機等を用いて第1の粒子と第2の粒子とを接触させること、互いに相反する電荷を有する第1の粒子と第2の粒子とを接触させること、粒子の含有量が少ない状態で第1の粒子と第2の粒子とを接触させることなどにより得ることができる。

[0033] 第1の粒子におけるセリウム酸化物の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、第1の粒子の全体(スラリに含まれる第1の粒子の全体。以下同様)を基準として、50質量%以上が好ましく、70質量%以上がより好ましく、90質量%以上が更に好ましく、95質量%以上が特に好ましい。第1の粒子は、実質的にセリウム酸化物からなる態様(実質的に第1の粒子の100質量%がセリウム酸化物である態様)であってもよい。

[0034] 第2の粒子におけるセリウム化合物の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、第2の粒子の全体(スラリに含まれる第2の粒

子の全体。以下同様）を基準として、50質量%以上が好ましく、70質量%以上がより好ましく、90質量%以上が更に好ましく、95質量%以上が特に好ましい。第2の粒子は、実質的にセリウム化合物からなる態様（実質的に第2の粒子の100質量%がセリウム化合物である態様）であってもよい。

- [0035] スラリに特定の波長の光を透過させた際に分光光度計によって得られる下記式の吸光度の値により第2の粒子の含有量を推定することができる。すなわち、粒子が特定の波長の光を吸収する場合、当該粒子を含む領域の光透過率が減少する。光透過率は、粒子による吸収だけでなく、散乱によっても減少するが、第2の粒子では、散乱の影響が小さい。そのため、本実施形態では、下記式によって算出される吸光度の値により第2の粒子の含有量を推定することができる。

$$\text{吸光度} = -\text{LOG}_{10} (\text{光透過率} [\%] / 100)$$

- [0036] 砥粒における第1の粒子の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体（スラリに含まれる砥粒全体。以下同様）を基準として、50質量%以上が好ましく、50質量%を超えることがより好ましく、60質量%以上が更に好ましく、70質量%以上が特に好ましく、75質量%以上が極めて好ましく、80質量%以上が非常に好ましい。砥粒における第1の粒子の含有量の上限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体を基準として、95質量%以下が好ましく、93質量%以下がより好ましく、90質量%以下が更に好ましく、88質量%以下が特に好ましく、86質量%以下が極めて好ましく、85質量%以下が非常に好ましく、82質量%以下がより一層好ましい。前記観点から、砥粒における第1の粒子の含有量は、砥粒全体を基準として50～95質量%であることがより好ましい。

- [0037] 砥粒における第2の粒子の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体（スラリに含まれる砥粒全体）を基準として、5質量%以上が好ましく、7質量%以上がより好ましく、10質量%以上が更

に好ましく、12質量%以上が特に好ましく、14質量%以上が極めて好ましく、15質量%以上が非常に好ましく、18質量%以上がより一層好ましい。砥粒における第2の粒子の含有量の上限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体を基準として、50質量%以下が好ましく、50質量%未満がより好ましく、40質量%以下が更に好ましく、30質量%以下が特に好ましく、25質量%以下が極めて好ましく、20質量%以下が非常に好ましい。前記観点から、砥粒における第2の粒子の含有量は、砥粒全体を基準として5～50質量%であることがより好ましい。

[0038] 砥粒におけるセリウム酸化物の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体（スラリに含まれる砥粒全体）を基準として、50質量%以上が好ましく、50質量%を超えることがより好ましく、60質量%以上が更に好ましく、70質量%以上が特に好ましく、75質量%以上が極めて好ましく、80質量%以上が非常に好ましい。砥粒におけるセリウム酸化物の含有量の上限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体を基準として、95質量%以下が好ましく、93質量%以下がより好ましく、90質量%以下が更に好ましく、88質量%以下が特に好ましく、86質量%以下が極めて好ましく、85質量%以下が非常に好ましく、82質量%以下がより一層好ましい。前記観点から、砥粒におけるセリウム酸化物の含有量は、砥粒全体を基準として50～95質量%であることがより好ましい。

[0039] 砥粒におけるセリウム水酸化物の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体（スラリに含まれる砥粒全体）を基準として、5質量%以上が好ましく、7質量%以上がより好ましく、10質量%以上が更に好ましく、12質量%以上が特に好ましく、14質量%以上が極めて好ましく、15質量%以上が非常に好ましく、18質量%以上がより一層好ましい。砥粒におけるセリウム水酸化物の含有量の上限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、砥粒全体を基準として、50質量%以下が好ましく、50質量%未満がより好ましく、40質量%以下が更に好ましく

、30質量%以下が特に好ましく、25質量%以下が極めて好ましく、20質量%以下が非常に好ましい。前記観点から、砥粒におけるセリウム水酸化物の含有量は、砥粒全体を基準として5～50質量%であることがより好ましい。

[0040] 第1の粒子の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、第1の粒子及び第2の粒子の合計量を基準として、50質量%以上が好ましく、50質量%を超えることがより好ましく、60質量%以上が更に好ましく、70質量%以上が特に好ましく、75質量%以上が極めて好ましく、80質量%以上が非常に好ましい。第1の粒子の含有量の上限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、第1の粒子及び第2の粒子の合計量を基準として、95質量%以下が好ましく、93質量%以下がより好ましく、90質量%以下が更に好ましく、88質量%以下が特に好ましく、86質量%以下が極めて好ましく、85質量%以下が非常に好ましく、82質量%以下がより一層好ましい。前記観点から、第1の粒子の含有量は、第1の粒子及び第2の粒子の合計量を基準として50～95質量%であることがより好ましい。

[0041] 第2の粒子の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、第1の粒子及び第2の粒子の合計量を基準として、5質量%以上が好ましく、7質量%以上がより好ましく、10質量%以上が更に好ましく、12質量%以上が特に好ましく、14質量%以上が極めて好ましく、15質量%以上が非常に好ましく、18質量%以上がより一層好ましい。第2の粒子の含有量の上限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、第1の粒子及び第2の粒子の合計量を基準として、50質量%以下が好ましく、50質量%未満がより好ましく、40質量%以下が更に好ましく、30質量%以下が特に好ましく、25質量%以下が極めて好ましく、20質量%以下が非常に好ましい。前記観点から、第2の粒子の含有量は、第1の粒子及び第2の粒子の合計量を基準として5～50質量%であることがより好ましい。

[0042] スラリにおける第1の粒子の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に

向上する観点から、スラリの全質量を基準として、0.005質量%以上が好ましく、0.008質量%以上がより好ましく、0.01質量%以上が更に好ましく、0.05質量%以上が特に好ましく、0.08質量%以上が極めて好ましく、0.1質量%以上が非常に好ましい。スラリーにおける第1の粒子の含有量の上限は、スラリの保存安定性を高くする観点から、スラリの全質量を基準として、5質量%以下が好ましく、3質量%以下がより好ましく、1質量%以下が更に好ましく、0.5質量%以下が特に好ましく、0.3質量%以下が極めて好ましい。前記観点から、スラリーにおける第1の粒子の含有量は、スラリの全質量を基準として0.005～5質量%であることがより好ましい。

[0043] スラリーにおける第2の粒子の含有量の下限は、砥粒と被研磨面との化学的な相互作用が更に向上して絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、スラリの全質量を基準として、0.005質量%以上が好ましく、0.008質量%以上がより好ましく、0.01質量%以上が更に好ましく、0.012質量%以上が特に好ましく、0.015質量%以上が極めて好ましく、0.018質量%以上が非常に好ましく、0.02質量%以上がより一層好ましく、0.0225質量%以上が更に好ましく、0.025質量%以上が特に好ましい。スラリーにおける第2の粒子の含有量の上限は、砥粒の凝集を避けることが容易になると共に、砥粒と被研磨面との化学的な相互作用が更に良好となり、砥粒の特性を有効に活用しやすい観点から、スラリの全質量を基準として、5質量%以下が好ましく、3質量%以下がより好ましく、1質量%以下が更に好ましく、0.5質量%以下が特に好ましく、0.1質量%以下が極めて好ましく、0.05質量%以下が非常に好ましく、0.04質量%以下がより一層好ましく、0.035質量%以下が更に好ましく、0.03質量%以下が更に好ましい。前記観点から、スラリーにおける第2の粒子の含有量は、スラリの全質量を基準として0.005～5質量%であることがより好ましい。

[0044] スラリーにおけるセリウム酸化物の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が

更に向上する観点から、スラリの全質量を基準として、0.005質量%以上が好ましく、0.008質量%以上がより好ましく、0.01質量%以上が更に好ましく、0.05質量%以上が特に好ましく、0.08質量%以上が極めて好ましく、0.1質量%以上が非常に好ましい。スラリーにおけるセリウム酸化物の含有量の上限は、スラリの保存安定性を高くする観点から、スラリの全質量を基準として、5質量%以下が好ましく、3質量%以下がより好ましく、1質量%以下が更に好ましく、0.5質量%以下が特に好ましく、0.3質量%以下が極めて好ましい。前記観点から、スラリーにおけるセリウム酸化物の含有量は、スラリの全質量を基準として0.005～5質量%であることがより好ましい。

[0045] スラリーにおけるセリウム水酸化物の含有量の下限は、砥粒と被研磨面との化学的な相互作用が更に向上して絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、スラリの全質量を基準として、0.005質量%以上が好ましく、0.008質量%以上がより好ましく、0.01質量%以上が更に好ましく、0.012質量%以上が特に好ましく、0.015質量%以上が極めて好ましく、0.018質量%以上が非常に好ましく、0.02質量%以上がより一層好ましく、0.0225質量%以上が更に好ましく、0.025質量%以上が特に好ましい。スラリーにおけるセリウム水酸化物の含有量の上限は、砥粒の凝集を避けることが容易になると共に、砥粒と被研磨面との化学的な相互作用が更に良好となり、砥粒の特性を有効に活用しやすい観点から、スラリの全質量を基準として、5質量%以下が好ましく、3質量%以下がより好ましく、1質量%以下が更に好ましく、0.5質量%以下が特に好ましく、0.1質量%以下が極めて好ましく、0.05質量%以下が非常に好ましく、0.04質量%以下がより一層好ましく、0.035質量%以下が更に好ましく、0.03質量%以下が更に好ましい。前記観点から、スラリーにおけるセリウム水酸化物の含有量は、スラリの全質量を基準として、0.005～5質量%であることがより好ましい。

[0046] スラリーにおける砥粒の含有量の下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上す

る観点から、スラリの全質量を基準として、0.01質量%以上が好ましく、0.05質量%以上がより好ましく、0.1質量%以上が更に好ましく、0.11質量%以上が特に好ましく、0.113質量%以上が極めて好ましく、0.115質量%以上が非常に好ましく、0.118質量%以上がより一層好ましく、0.12質量%以上が更に好ましく、0.125質量%以上が特に好ましい。スラリーにおける砥粒の含有量の上限は、スラリの保存安定性を高くする観点から、スラリの全質量を基準として、10質量%以下が好ましく、5質量%以下がより好ましく、1質量%以下が更に好ましく、0.5質量%以下が特に好ましく、0.1質量%以下が極めて好ましく、0.2質量%以下が非常に好ましく、0.15質量%以下がより一層好ましく、0.135質量%以下が更に好ましく、0.13質量%以下が特に好ましい。前記観点から、スラリーにおける砥粒の含有量は、スラリの全質量を基準として0.01～10質量%であることがより好ましい。

[0047] 第1の粒子は、負のゼータ電位を有することができる。第2の粒子は、正のゼータ電位を有することができる。ゼータ電位とは、粒子の表面電位を表す。ゼータ電位は、例えば、動的光散乱式ゼータ電位測定装置（例えば、ベックマン・コールター株式会社製、商品名：DelsaNano C）を用いて測定することができる。粒子のゼータ電位は、添加剤を用いて調整できる。例えば、セリウム酸化物を含有する粒子に、カルボキシル基を有する材料（ポリアクリル酸等）を接触させることにより、負のゼータ電位を有する粒子を得ることができる。

[0048] 第2の粒子は、セリウム水酸化物を含有し、且つ、下記条件（a）及び（b）の少なくとも一方の条件を満たすことが好ましい。なお、第2の粒子の含有量を所定量に調整した「水分散液」とは、所定量の第2の粒子と水とを含む液を意味する。

（a）第2の粒子が、当該第2の粒子の含有量を1.0質量%に調整した水分散液において波長400nmの光に対して吸光度1.00以上を与える。

(b) 第2の粒子が、当該第2の粒子の含有量を0.0065質量%に調整した水分散液において波長290nmの光に対して吸光度1.000以上を与える。

[0049] 前記条件(a)に関して、第2の粒子の含有量を1.0質量%に調整した水分散液において波長400nmの光に対する吸光度1.00以上を与える粒子を用いることにより、研磨速度を更に向上させることができる。この理由は必ずしも明かではないが、本発明者は次のように考えている。すなわち、セリウム水酸化物の製造条件等に応じて、4価セリウム(Ce^{4+})、1～3個の水酸化物イオン(OH^-)及び1～3個の陰イオン(X^{c-})からなる $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ (式中、 $a + b \times c = 4$ である)を含む粒子が生成するものと考えられる(なお、このような粒子もセリウム水酸化物である)。 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ では、電子吸引性の陰イオン(X^{c-})が作用して水酸化物イオンの反応性が向上しており、 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ の存在量が増加するに伴い研磨速度が向上するものと考えられる。そして、 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ を含む粒子が波長400nmの光を吸光するため、 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ の存在量が増加して波長400nmの光に対する吸光度が高くなるに伴い、研磨速度が向上するものと考えられる。

[0050] セリウム水酸化物を含む粒子は、 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ だけでなく、 $\text{Ce}(\text{OH})_4$ 、 CeO_2 等も含み得ると考えられる。陰イオン(X^{c-})としては、例えば、 NO_3^- 及び SO_4^{2-} が挙げられる。

[0051] なお、セリウム水酸化物を含む粒子が $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ を含むことは、粒子を純水でよく洗浄した後に、FT-IR ATR法(Fourier transform Infra Red Spectrometer Attenuated Total Reflection法、フーリエ変換赤外分光光度計全反射測定法)で、陰イオン(X^{c-})に該当するピークを検出する方法により確認できる。XPS法(X-ray Photoelectron Spectroscopy、X線光電子分光法)により、陰イオン(X^{c-})の存在を確認することもできる。

[0052] ここで、 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ (例えば $\text{Ce}(\text{OH})_3\text{X}$)の波長400nmの

吸収ピークは、後述する波長290nmの吸収ピークよりもはるかに小さいことが確認されている。これに対し、本発明者は、粒子の含有量が比較的多く、吸光度が大きく検出されやすい含有量1.0質量%の水分散液を用いて吸光度の大きさを検討した結果、当該水分分散液において波長400nmの光に対する吸光度1.00以上を与える粒子を用いる場合に、研磨速度の向上効果に優れることを見出した。

[0053] 波長400nmの光に対する吸光度の下限は、更に優れた研磨速度で絶縁材料を研磨しやすくなる観点から、1.50以上が好ましく、1.55以上がより好ましく、1.60以上が更に好ましい。

[0054] 前記条件(b)に関して、第2の粒子の含有量を0.0065質量%に調整した水分分散液において波長290nmの光に対する吸光度1.000以上を与える第2の粒子を用いることにより、研磨速度を更に向上させることができる。この理由は必ずしも明らかではないが、本発明者は次のように考えている。すなわち、セリウム水酸化物の製造条件等に応じて生成する $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ (例えば $\text{Ce}(\text{OH})_3\text{X}$)を含む粒子は、計算上、波長290nm付近に吸収のピークを有し、例えば $\text{Ce}^{4+}(\text{OH}^-)_3\text{NO}_3^-$ からなる粒子は波長290nmに吸収のピークを有する。そのため、 $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ の存在量が増加して波長290nmの光に対する吸光度が高くなるに伴い、研磨速度が向上するものと考えられる。

[0055] ここで、波長290nm付近の光に対する吸光度は、測定限界を超えるほど大きく検出される傾向がある。これに対し、本発明者は、粒子の含有量が比較的小なく、吸光度が小さく検出されやすい含有量0.0065質量%の水分散液を用いて吸光度の大きさを検討した結果、当該水分分散液において波長290nmの光に対する吸光度1.000以上を与える粒子を用いる場合に、研磨速度の向上効果に優れることを見出した。

[0056] 波長290nmの光に対する吸光度の下限は、更に優れた研磨速度で絶縁材料を研磨する観点から、1.050以上がより好ましく、1.100以上が更に好ましく、1.130以上が特に好ましく、1.150以上が極めて

好ましい。波長290nmの光に対する吸光度の上限は、特に制限はないが、例えば10.00以下が好ましい。

[0057] 波長400nmの光に対する吸光度1.00以上を与える第2の粒子が、第2の粒子の含有量を0.0065質量%に調整した水分散液において波長290nmの光に対して吸光度1.000以上を与える場合には、更に優れた研磨速度で絶縁材料を研磨することができる。

[0058] また、セリウム水酸化物（例えば $\text{Ce}(\text{OH})_a\text{X}_b$ ）は、波長450nm以上（特に波長450～600nm）の光を吸光しない傾向がある。したがって、不純物を含むことにより研磨に対して悪影響が生じることを抑制して更に優れた研磨速度で絶縁材料を研磨する観点から、第2の粒子は、当該第2の粒子の含有量を0.0065質量%（65ppm）に調整した水分散液において波長450～600nmの光に対して吸光度0.010以下を与えるものであることが好ましい。すなわち、第2の粒子の含有量を0.0065質量%に調整した水分散液において波長450～600nmの範囲における全ての光に対する吸光度が0.010を超えないことが好ましい。波長450～600nmの光に対する吸光度の上限は、0.010未満がより好ましい。波長450～600nmの光に対する吸光度の下限は、0が好ましい。

[0059] 水分散液における吸光度は、例えば、株式会社日立製作所製の分光光度計（装置名：U3310）を用いて測定できる。具体的には例えば、第2の粒子の含有量を1.0質量%又は0.0065質量%に調整した水分散液を測定サンプルとして調製する。この測定サンプルを1cm角のセルに約4mL入れ、装置内にセルを設置する。次に、波長200～600nmの範囲で吸光度測定を行い、得られたチャートから吸光度を判断する。

[0060] 本実施形態に係るスラリに含まれる第2の粒子は、当該第2の粒子の含有量を1.0質量%に調整した水分散液において波長500nmの光に対して光透過率50%/cm以上を与えるものであることが好ましい。これにより、添加剤の添加に起因する研磨速度の低下を更に抑制することができるため

、研磨速度を維持しつつ他の特性を得ることが容易になる。この観点から、前記光透過率の下限は、60%/cm以上がより好ましく、70%/cm以上が更に好ましく、80%/cm以上が特に好ましく、90%/cm以上が極めて好ましく、92%/cm以上が非常に好ましい。光透過率の上限は100%/cmである。

[0061] このように第2の粒子の光透過率を調整することで研磨速度の低下を抑制することが可能な理由は詳しくはわかっていないが、本発明者は以下のように考えている。セリウム水酸化物を含む粒子では、機械的作用よりも化学的作用の方が支配的になると考えられる。そのため、粒子の大きさよりも粒子の数の方が、より研磨速度に寄与すると考えられる。

[0062] 粒子の含有量が1.0質量%である水分散液において光透過率が低い場合、その水分散液に存在する粒子は、粒子の大きい粒子（以下「粗大粒子」という。）が相対的に多く存在すると考えられる。このような粒子を含むスラリに添加剤（例えばポリビニルアルコール（PVA））を添加すると、図1に示すように、粗大粒子を核として他の粒子が凝集する。その結果として、単位面積当たりの被研磨面に作用する粒子数（有効粒子数）が減少し、被研磨面に接する粒子の比表面積が減少するため、研磨速度の低下が引き起こされることが考えられる。

[0063] 一方、粒子の含有量が1.0質量%である水分散液において光透過率が高い場合、その水分散液に存在する粒子は、「粗大粒子」が少ない状態であると考えられる。このように粗大粒子の存在量が少ない場合は、図2に示すように、スラリに添加剤（例えばポリビニルアルコール）を添加しても、凝集の核になるような粗大粒子が少ないため、粒子同士の凝集が抑えられるか、又は、凝集粒子の大きさが図1に示す凝集粒子と比べて小さくなる。その結果として、単位面積当たりの被研磨面に作用する粒子数（有効粒子数）が維持され、被研磨面に接する粒子の比表面積が維持されるため、研磨速度の低下が生じ難くなると考えられる。

[0064] 本発明者の検討では、一般的な粒径測定装置において測定される粒径が同

じスラリであっても、目視で透明である（光透過率の高い）もの、及び、目視で濁っている（光透過率の低い）ものがありえることがわかっている。このことから、前記のような作用を起こしうる粗大粒子は、一般的な粒径測定装置で検知できないほどのごくわずかの量でも、研磨速度の低下に寄与すると考えられる。

[0065] また、粗大粒子を減らすためにろ過を複数回繰り返しても、添加剤により研磨速度が低下する現象はさほど改善せず、吸光度に起因する研磨速度の前記向上効果が充分に発揮されない場合があることがわかっている。そこで、本発明者は、粒子の製造方法を工夫する等して、水分散液において光透過率の高い粒子を使用することによって前記問題を解決できることを見出した。

[0066] 前記光透過率は、分光光度計で測定することができる。具体的には例えば、株式会社日立製作所製の分光光度計U3310で測定することができる。

[0067] より具体的な測定方法としては、第2の粒子の含有量を1.0質量％に調整した水分散液を測定サンプルとして調製する。この測定サンプルを1cm角のセルに約4mL入れ、装置内にセルをセットした後に測定を行う。

[0068] スラリに含まれる第2の粒子が水分散液において与える吸光度及び光透過率は、第2の粒子以外の固体成分、及び、水以外の液体成分を除去した後、所定の含有量の水分散液を調製し、当該水分散液を用いて測定することができる。スラリに含まれる成分によっても異なるが、固体成分又は液体成分の除去には、例えば、数千G以下の重力加速度をかけられる遠心機を用いた遠心分離、数万G以上の重力加速度をかけられる超遠心機を用いた超遠心分離等の遠心分離法；分配クロマトグラフィー、吸着クロマトグラフィー、ゲル浸透クロマトグラフィー、イオン交換クロマトグラフィー等のクロマトグラフィー法；自然ろ過、減圧ろ過、加圧ろ過、限外ろ過等のろ過法；減圧蒸留、常圧蒸留等の蒸留法を用いることができ、これらを適宜組み合わせてもよい。

[0069] 例えば、重量平均分子量が数万以上（例えば5万以上）の化合物を含む場合、第2の粒子の分離方法としては、クロマトグラフィー法、ろ過法等が挙

げられ、中でも、ゲル浸透クロマトグラフィー及び限外ろ過からなる群より選択される少なくとも一種が好ましい。ろ過法を用いる場合、スラリに含まれる粒子は、適切な条件の設定により、フィルタを通過させることができる。重量平均分子量が数万以下（例えば5万未満）の化合物を含む場合、第2の粒子の分離方法としては、クロマトグラフィー法、ろ過法、蒸留法等が挙げられ、ゲル浸透クロマトグラフィー、限外ろ過及び減圧蒸留からなる群より選択される少なくとも一種が好ましい。複数種類の粒子が含まれる場合、第2の粒子の分離方法としては、ろ過法、遠心分離法等が挙げられ、ろ過の場合はろ液に、遠心分離の場合は液相に、セリウム水酸化物を含む粒子がより多く含まれる。

[0070] 第2の粒子以外の固体成分を分離する方法としては、例えば、下記遠心分離条件によって分離することができる。

遠心分離機：Optima MAX-TL（ベックマン・コールター株式会社製）

遠心加速度： $5.8 \times 10^4 G$

処理時間：5分

処理温度：25℃

[0071] クロマトグラフィー法で第2の粒子を分離する方法として、例えば、下記条件によって、第2の粒子を分取する、及び／又は、他成分を分取することができる。

試料溶液：スラリ100 μL

検出器：株式会社日立製作所製、UV-VISディテクター、商品名「L-4200」

波長：400 nm

インテグレータ：株式会社日立製作所製、GPCインテグレータ、商品名「D-2500」

ポンプ：株式会社日立製作所製、商品名「L-7100」

カラム：日立化成株式会社製、水系HPLC用充填カラム、商品名「GL

－W550S」

溶離液：脱イオン水

測定温度：23℃

流速：1 mL/min（圧力は40～50 kg/cm²程度）

測定時間：60分

[0072] スラリに含まれる成分によっては、前記条件でも第2の粒子を分取できない可能性があるが、その場合、試料溶液量、カラム種類、溶離液種類、測定温度、流速等を最適化することで分離することができる。また、スラリのpHを調整することで、スラリに含まれる成分の留出時間を調整し、第2の粒子と分離できる可能性がある。スラリに不溶成分がある場合、必要に応じ、ろ過、遠心分離等で不溶成分を除去することが好ましい。

[0073]（液状媒体）

液状媒体としては、特に制限はないが、脱イオン水、超純水等の水が好ましい。液状媒体の含有量は、他の構成成分の含有量を除いたスラリの残部をよく、特に限定されない。

[0074]（任意成分）

本実施形態に係るスラリは、研磨特性を調整する等の目的で、任意の添加剤を更に含有していてもよい。任意の添加剤としては、カルボキシル基を有する材料（ポリオキシアルキレン化合物又は水溶性高分子に該当する化合物を除く）、ポリオキシアルキレン化合物、水溶性高分子、酸化剤（例えば過酸化水素）、分散剤（例えばリン酸系無機塩）等が挙げられる。添加剤のそれぞれは、一種を単独で又は二種以上を組み合わせ使用することができる。

[0075] 任意の添加剤（水溶性高分子等）は、スラリにおける砥粒の分散安定性を高めることができ、絶縁材料（例えば酸化珪素）を更に高速に研磨できる効果がある。また、絶縁材料（例えば酸化珪素）を高速に研磨することにより、段差解消性が向上し、高い平坦性を得ることもできる。これは、凸部の研磨速度が凹部と比較して大幅に向上するためであると考えられる。

- [0076] カルボキシル基を有する材料としては、酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸等のモノカルボン酸；乳酸、リンゴ酸、クエン酸等のヒドロキシ酸；マロン酸、コハク酸、フマル酸、マレイン酸等のジカルボン酸；ポリアクリル酸、ポリマレイン酸等のポリカルボン酸；アルギニン、ヒスチジン、リシン等のアミノ酸などが挙げられる。
- [0077] ポリオキシアルキレン化合物としては、ポリアルキレングリコール、ポリオキシアルキレン誘導体等が挙げられる。
- [0078] ポリアルキレングリコールとしては、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ポリブチレングリコール等が挙げられる。ポリアルキレングリコールとしては、ポリエチレングリコール及びポリプロピレングリコールからなる群より選択される少なくとも一種が好ましく、ポリエチレングリコールがより好ましい。
- [0079] ポリオキシアルキレン誘導体は、例えば、ポリアルキレングリコールに官能基若しくは置換基を導入した化合物、又は、有機化合物にポリアルキレンオキシドを付加した化合物である。前記官能基又は置換基としては、例えば、アルキルエーテル基、アルキルフェニルエーテル基、フェニルエーテル基、スチレン化フェニルエーテル基、グリセリルエーテル基、アルキルアミン基、脂肪酸エステル基、及び、グリコールエステル基が挙げられる。ポリオキシアルキレン誘導体としては、例えば、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンビスフェノールエーテル（例えば、日本乳化剤株式会社製、B A グリコールシリーズ）、ポリオキシエチレンスチレン化フェニルエーテル（例えば、花王株式会社製、エマルゲンシリーズ）、ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル（例えば、第一工業製薬株式会社製、ノイゲン E A シリーズ）、ポリオキシアルキレンポリグリセリルエーテル（例えば、阪本薬品工業株式会社製、S C - E シリーズ及び S C - P シリーズ）、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル（例えば、第一工業製薬株式会社製、ソルゲン T W シリーズ）、ポリオキシエチレン脂肪酸エステル（例えば、花王株式会社製、エマノーンシリーズ）、ポリオキシエチレンア

ルキルアミン（例えば、第一工業製薬株式会社製、アミラジンD）、並びに、ポリアルキレンオキシドを付加したその他の化合物（例えば、日信化学工業株式会社製、サーフィノール465、及び、日本乳化剤株式会社製、TMPシリーズ）が挙げられる。

[0080] 水溶性高分子は、砥粒の分散安定性、平坦性、面内均一性、窒化珪素に対する酸化珪素の研磨選択性（酸化珪素の研磨速度／窒化珪素の研磨速度）、ポリシリコンに対する酸化珪素の研磨選択性（酸化珪素の研磨速度／ポリシリコンの研磨速度）等の研磨特性を調整する効果がある。ここで、「水溶性高分子」とは、水100gに対して0.1g以上溶解する高分子として定義する。なお、前記ポリオキシアルキレン化合物に該当する高分子は「水溶性高分子」に含まれないものとする。

[0081] 水溶性高分子としては、特に制限はなく、ポリアクリルアミド、ポリジメチルアクリルアミド等のアクリル系ポリマ；カルボキシメチルセルロース、寒天、カードラン、デキストリン、シクロデキストリン、プルラン等の多糖類；ポリビニルアルコール、ポリビニルピロリドン、ポリアクロレイン等のビニル系ポリマ；ポリグリセリン、ポリグリセリン誘導体等のグリセリン系ポリマ；ポリエチレングリコールなどが挙げられる。

[0082] 水溶性高分子を使用する場合、水溶性高分子の含有量の下限は、砥粒の沈降を抑制しつつ水溶性高分子の添加効果が得られる観点から、スラリの全質量を基準として、0.001質量%以上が好ましく、0.01質量%以上がより好ましく、0.1質量%以上が更に好ましく、0.3質量%以上が特に好ましく、0.5質量%以上が極めて好ましい。水溶性高分子の含有量の上限は、砥粒の沈降を抑制しつつ水溶性高分子の添加効果が得られる観点から、スラリの全質量を基準として、10質量%以下が好ましく、8質量%以下がより好ましく、6質量%以下が更に好ましく、5質量%以下が特に好ましく、3質量%以下が極めて好ましく、1質量%以下が非常に好ましい。

[0083] （スラリの特性）

本実施形態に係るスラリを遠心加速度 $5.8 \times 10^4 G$ で5分間遠心分離し

たときに得られる液相における波長500nmの光に対する光透過率は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、50%/cm以上が好ましく、60%/cm以上がより好ましく、70%/cm以上が更に好ましく、80%/cm以上が特に好ましく、90%/cm以上が極めて好ましく、92%/cm以上が非常に好ましい。光透過率の上限は100%/cmである。

[0084] 本実施形態に係るスラリのpHの下限は、絶縁材料の研磨速度が更に向上する観点から、2.0以上が好ましく、2.5以上がより好ましく、2.8以上が更に好ましく、3.0以上が特に好ましく、3.2以上が極めて好ましく、3.5以上が非常に好ましく、4.0以上がより一層好ましく、4.2以上が更に好ましく、4.3以上が特に好ましい。pHの上限は、スラリの保存安定性が更に向上する観点から、7.0以下が好ましく、6.5以下がより好ましく、6.0以下が更に好ましく、5.0以下が特に好ましく、4.8以下が極めて好ましく、4.7以下が非常に好ましく、4.6以下がより一層好ましく、4.5以下が更に好ましく、4.4以下が特に好ましい。前記観点から、pHは、2.0～7.0であることがより好ましい。スラリのpHは、液温25℃におけるpHと定義する。

[0085] スラリのpHは、無機酸、有機酸等の酸成分；アンモニア、水酸化ナトリウム、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）、イミダゾール、アルカノールアミン等のアルカリ成分などによって調整できる。また、pHを安定化させるため、緩衝剤を添加してもよい。また、緩衝液（緩衝剤を含む液）として緩衝剤を添加してもよい。このような緩衝液としては、酢酸塩緩衝液、フタル酸塩緩衝液等が挙げられる。

[0086] 本実施形態に係るスラリのpHは、pHメータ（例えば、東亜ディーケーケー株式会社製の型番PHL-40）で測定することができる。具体的には例えば、フタル酸塩pH緩衝液（pH：4.01）及び中性リン酸塩pH緩衝液（pH：6.86）を標準緩衝液として用いてpHメータを2点校正した後、pHメータの電極をスラリーに入れて、2分以上経過して安定した後の値を測定する。標準緩衝液及びスラリーの液温は、共に25℃とする。

[0087] 本実施形態に係るスラリをCMP研磨液として用いる場合、研磨液の構成成分を一液式研磨液として保存してもよく、砥粒及び液状媒体を含むスラリ（第1の液）と、添加剤及び液状媒体を含む添加液（第2の液）とを混合して前記研磨液となるように前記研磨液の構成成分をスラリと添加液とに分けた複数液式（例えば二液式）の研磨液セットとして保存してもよい。添加液は、例えば酸化剤を含んでいてもよい。前記研磨液の構成成分は、三液以上に分けた研磨液セットとして保存してもよい。

[0088] 前記研磨液セットにおいては、研磨直前又は研磨時に、スラリ及び添加液が混合されて研磨液が作製される。また、一液式研磨液は、液状媒体の含有量を減じた研磨液用貯蔵液として保存されると共に、研磨時に液状媒体で希釈して用いられてもよい。複数液式の研磨液セットは、液状媒体の含有量を減じたスラリ用貯蔵液及び添加液用貯蔵液として保存されると共に、研磨時に液状媒体で希釈して用いられてもよい。

[0089] <研磨方法>

本実施形態に係る研磨方法（基体の研磨方法等）は、前記スラリを用いて被研磨面（基体の被研磨面等）を研磨する研磨工程を備えている。研磨工程におけるスラリは、前記研磨液セットにおけるスラリと添加液とを混合して得られる研磨液であってもよい。

[0090] 研磨工程では、例えば、被研磨材料を有する基体の当該被研磨材料を研磨定盤の研磨パッド（研磨布）に押圧した状態で、前記スラリを被研磨材料と研磨パッドとの間に供給し、基体と研磨定盤とを相対的に動かして被研磨材料の被研磨面を研磨する。研磨工程では、例えば、被研磨材料の少なくとも一部を研磨により除去する。

[0091] 研磨対象である基体としては、被研磨基板等が挙げられる。被研磨基板としては、例えば、半導体素子製造に係る基板（例えば、STIパターン、ゲートパターン、配線パターン等が形成された半導体基板）上に被研磨材料が形成された基体が挙げられる。被研磨材料としては、酸化珪素等の絶縁材料などが挙げられる。被研磨材料は、単一の材料であってもよく、複数の材料

であってもよい。複数の材料が被研磨面に露出している場合、それらを被研磨材料と見なすことができる。被研磨材料は、膜状（被研磨膜）であってもよく、酸化珪素膜等の絶縁膜などであってもよい。

[0092] このような基板上に形成された被研磨材料（例えば、酸化珪素等の絶縁材料）を前記スラリで研磨し、余分な部分を除去することによって、被研磨材料の表面の凹凸を解消し、被研磨材料の表面全体にわたって平滑な面を得ることができる。

[0093] 本実施形態に係る研磨方法において、研磨装置としては、被研磨面を有する基体を保持可能なホルダーと、研磨パッドを貼り付け可能な研磨定盤とを有する一般的な研磨装置を使用できる。ホルダー及び研磨定盤のそれぞれには、回転数が変更可能なモータ等が取り付けられている。研磨装置としては、例えば、株式会社荏原製作所製の研磨装置：F-R EX 300、又は、APPLE L I E D M A T E R I A L S社製の研磨装置：M I R R Aを使用できる。

[0094] 研磨パッドとしては、一般的な不織布、発泡体、非発泡体等が使用できる。研磨パッドの材質としては、ポリウレタン、アクリル樹脂、ポリエステル、アクリル-エステル共重合体、ポリテトラフルオロエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリ4-メチルペンテン、セルロース、セルロースエステル、ポリアミド（例えば、ナイロン（商標名）及びアラミド）、ポリイミド、ポリイミドアミド、ポリシロキサン共重合体、オキシラン化合物、フェノール樹脂、ポリスチレン、ポリカーボネート、エポキシ樹脂等の樹脂が使用できる。研磨パッドの材質としては、特に、研磨速度及び平坦性に更に優れる観点から、発泡ポリウレタン及び非発泡ポリウレタンからなる群より選択される少なくとも一種が好ましい。研磨パッドには、スラリがたまるような溝加工が施されていることが好ましい。

[0095] 研磨条件に制限はないが、研磨定盤の回転速度の上限は、基体が飛び出さないように 200 min^{-1} ($\text{min}^{-1} = \text{rpm}$) 以下が好ましく、基体にかける研磨圧力（加工荷重）の上限は、研磨傷が発生することを抑制しやすい観点から、 100 kPa 以下が好ましい。研磨している間、ポンプ等で連続

的にスラリを研磨パッドに供給することが好ましい。この供給量に制限はないが、研磨パッドの表面が常にスラリで覆われていることが好ましい。

[0096] 本実施形態に係るスラリ及び研磨方法は、酸化珪素を含む被研磨面を研磨するために使用されることが好ましい。本実施形態に係るスラリ及び研磨方法は、STIの形成及び層間絶縁材料の高速研磨に好適に使用できる。絶縁材料（例えば酸化珪素）の研磨速度の下限は、 350 nm/min 以上が好ましく、 400 nm/min 以上がより好ましく、 450 nm/min 以上が更に好ましく、 500 nm/min 以上が特に好ましい。

[0097] 本実施形態に係るスラリ及び研磨方法は、プリメタル絶縁材料の研磨にも使用できる。プリメタル絶縁材料としては、酸化珪素、リンーシリケートガラス、ボロンーリンーシリケートガラス、シリコンオキシフロリド、フッ化アモルファスカーボン等が挙げられる。

[0098] 本実施形態に係るスラリ及び研磨方法は、酸化珪素等の絶縁材料以外の材料にも適用できる。このような材料としては、Hf系、Ti系、Ta系酸化物等の高誘電率材料；シリコン、アモルファスシリコン、SiC、SiGe、Ge、GaN、GaP、GaAs、有機半導体等の半導体材料；GeSbTe等の相変化材料；ITO等の無機導電材料；ポリイミド系、ポリベンゾオキサゾール系、アクリル系、エポキシ系、フェノール系等のポリマ樹脂材料などが挙げられる。

[0099] 本実施形態に係るスラリ及び研磨方法は、膜状の研磨対象だけでなく、ガラス、シリコン、SiC、SiGe、Ge、GaN、GaP、GaAs、サファイヤ、プラスチック等から構成される各種基板にも適用できる。

[0100] 本実施形態に係るスラリ及び研磨方法は、半導体素子の製造だけでなく、TFT、有機EL等の画像表示装置；フォトマスク、レンズ、プリズム、光ファイバー、単結晶シンチレータ等の光学部品；光スイッチング素子、光導波路等の光学素子；固体レーザ、青色レーザLED等の発光素子；磁気ディスク、磁気ヘッド等の磁気記憶装置などの製造に用いることができる。

[0101] 本実施形態によれば、セリウム酸化物を含有する第1の粒子と、セリウム

化合物を含有する第2の粒子と、を接触させる工程を備える砥粒の製造方法を提供することができる。本実施形態によれば、前記砥粒の製造方法により砥粒を得る工程を備える、スラリの製造方法を提供することができる。

実施例

[0102] 以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明するが、本発明は下記実施例に限定されるものではない。

[0103] <セリウム酸化物スラリの準備>

セリウム酸化物を含む粒子（第1の粒子。以下、「セリウム酸化物粒子」という）と、和光純薬工業株式会社製の商品名：リン酸二水素アンモニウム（分子量：97.99）とを混合して、セリウム酸化物粒子を5.0質量%（固形分含量）含有するセリウム酸化物スラリー（pH：7）を調製した。リン酸二水素アンモニウムの配合量は、セリウム酸化物粒子の全量を基準として1質量%に調整した。

[0104] マイクロトラック・ベル株式会社製の商品名：マイクロトラックMT3300EXII内にセリウム酸化物スラリーを適量投入し、セリウム酸化物粒子の平均粒径を測定した。表示された平均粒径値を平均粒径（平均二次粒径）として得た。セリウム酸化物スラリーにおけるセリウム酸化物粒子の平均粒径は145nmであった。

[0105] ベックマン・コールター株式会社製の商品名：DelsaNano C内に適量のセリウム酸化物スラリーを投入し、25℃において測定を2回行った。表示されたゼータ電位の平均値をゼータ電位として得た。セリウム酸化物スラリーにおけるセリウム酸化物粒子のゼータ電位は-55mVであった。

[0106] <セリウム水酸化物スラリの準備>

（セリウム水酸化物の合成）

480gの $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 50質量%水溶液（日本化学産業株式会社製、商品名：CAN50液）を7450gの純水と混合して溶液を得た。次いで、この溶液を攪拌しながら、750gのイミダゾール水溶液（10質量%水溶液、1.47mol/L）を5mL/minの混合速度で滴下

して、セリウム水酸化物を含む沈殿物を得た。セリウム水酸化物の合成は、温度 20℃、攪拌速度 500 min^{-1} で行った。攪拌は、羽根部全長 5 cm の 3 枚羽根ピッチパドルを用いて行った。

[0107] 得られた沈殿物（セリウム水酸化物を含む沈殿物）を遠心分離（4000 min^{-1} 、5 分間）した後にデカンテーションで液相を除去することによって固液分離を施した。固液分離により得られた粒子 10 g と、水 990 g と、を混合した後、超音波洗浄機を用いて粒子を水に分散させて、セリウム水酸化物を含む粒子（第 2 の粒子。以下、「セリウム水酸化物粒子」という）を含有するセリウム水酸化物スラリー（粒子の含有量：1.0 質量%）を調製した。

[0108] （平均粒径の測定）

ベックマン・コールター株式会社製、商品名：N5 を用いてセリウム水酸化物スラリーにおけるセリウム水酸化物粒子の平均粒径（平均二次粒径）を測定したところ、10 nm であった。測定法は次のとおりである。まず、1.0 質量%のセリウム水酸化物粒子を含む測定サンプル（セリウム水酸化物スラリー。水分散液）を 1 cm 角のセルに約 1 mL 入れた後、N5 内にセルを設置した。N5 のソフトの測定サンプル情報の屈折率を 1.333、粘度を 0.887 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ に設定し、25℃において測定を行い、Unimodal Size Mean として表示される値を読み取った。

[0109] （ゼータ電位の測定）

ベックマン・コールター株式会社製の商品名：DelsaNano C 内に適量のセリウム水酸化物スラリーを投入し、25℃において測定を 2 回行った。表示されたゼータ電位の平均値をゼータ電位として得た。セリウム水酸化物スラリーにおけるセリウム水酸化物粒子のゼータ電位は +50 mV であった。

[0110] （セリウム水酸化物粒子の構造分析）

セリウム水酸化物スラリーを適量採取し、真空乾燥してセリウム水酸化物粒子を単離した後に純水で十分に洗浄して試料を得た。得られた試料について

、FT-IR ATR法による測定を行ったところ、水酸化物イオン (OH^-) に基づくピークの他に、硝酸イオン (NO_3^-) に基づくピークが観測された。また、同試料について、窒素に対するXPS (N-XPS) 測定を行ったところ、 NH_4^+ に基づくピークは観測されず、硝酸イオンに基づくピークが観測された。これらの結果より、セリウム水酸化物粒子は、セリウム元素に結合した硝酸イオンを有する粒子を少なくとも一部含有することが確認された。また、セリウム元素に結合した水酸化物イオンを有する粒子がセリウム水酸化物粒子の少なくとも一部に含有されることから、セリウム水酸化物粒子がセリウム水酸化物を含有することが確認された。これらの結果より、セリウムの水酸化物が、セリウム元素に結合した水酸化物イオンを含むことが確認された。

[0111] (吸光度及び光透過率の測定)

セリウム水酸化物スラリを適量採取し、粒子の含有量が0.0065質量% (65 ppm) となるように水で希釈して測定サンプル (水分散液) を得た。この測定サンプルを1 cm角のセルに約4 mL入れ、株式会社日立製作所製の分光光度計 (装置名: U3310) 内にセルを設置した。波長200~600 nmの範囲で吸光度測定を行い、波長290 nmの光に対する吸光度と、波長450~600 nmの光に対する吸光度とを測定した。波長290 nmの光に対する吸光度は1.192であり、波長450~600 nmの光に対する吸光度は0.010未満であった。

[0112] セリウム水酸化物スラリ (粒子の含有量: 1.0質量%) を1 cm角のセルに約4 mL入れ、株式会社日立製作所製の分光光度計 (装置名: U3310) 内にセルを設置した。波長200~600 nmの範囲で吸光度測定を行い、波長400 nmの光に対する吸光度と、波長500 nmの光に対する光透過率とを測定した。波長400 nmの光に対する吸光度は2.25であり、波長500 nmの光に対する光透過率は92%/cmであった。

[0113] <スラリの調製>

(実施例1)

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記セリウム水酸化物スラリー20gと、イオン交換水1940gとを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリー40gを前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリー（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.01質量%）を調製した。

[0114]（実施例2）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記セリウム水酸化物スラリー25gと、イオン交換水1935gとを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリー40gを前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリー（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.0125質量%）を調製した。

[0115]（実施例3）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記セリウム水酸化物スラリー30gと、イオン交換水1930gとを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリー40gを前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム

水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリー（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.015質量%）を調製した。

[0116]（実施例4）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記セリウム水酸化物スラリー35gと、イオン交換水1925gとを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリー40gを前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリー（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.0175質量%）を調製した。

[0117]（実施例5）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記セリウム水酸化物スラリー40gと、イオン交換水1920gとを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリー40gを前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリー（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.02質量%）を調製した。

[0118]（実施例6）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記

セリウム水酸化物スラリ 50 g と、イオン交換水 1910 g とを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリ 40 g を前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリ（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.025質量%）を調製した。

[0119]（実施例7）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら、前記セリウム水酸化物スラリ70gと、イオン交換水1890gとを混合して混合液を得た。続いて、前記混合液を攪拌しながら前記セリウム酸化物スラリ40gを前記混合液に混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリ（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.035質量%）を調製した。

[0120]（実施例8）

1mm径のジルコニア製ビーズが入った円筒形状の容器に前記セリウム水酸化物スラリ20g、イオン交換水60g、及び、前記セリウム酸化物スラリ20gを順次添加して混合液を得た。続いて、前記混合液をアズワン株式会社製のミックスローター（装置名：MR-5）上に設置して100rpmで攪拌した。その後、イオン交換水900gを添加した後に攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触し

ていないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリ（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.02質量%）を調製した。

[0121]（実施例9）

1mm径のジルコニア製ビーズが入った円筒形状の容器に前記セリウム水酸化物スラリ25g、イオン交換水55g、及び、前記セリウム酸化物スラリ20gを順次添加して混合液を得た。続いて、前記混合液をアズワン株式会社製のミックスローター（装置名：MR-5）上に設置して100rpmで撹拌した。その後、イオン交換水900gを添加した後に撹拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリ（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.025質量%）を調製した。

[0122]（実施例10）

1mm径のジルコニア製ビーズが入った円筒形状の容器に前記セリウム水酸化物スラリ30g、イオン交換水50g、及び、前記セリウム酸化物スラリ20gを順次添加して混合液を得た。続いて、前記混合液をアズワン株式会社製のミックスローター（装置名：MR-5）上に設置して100rpmで撹拌した。その後、イオン交換水900gを添加した後に撹拌した。これにより、セリウム酸化物粒子と、当該セリウム酸化物粒子に接触したセリウム水酸化物粒子と、を含む複合粒子に加えて、セリウム酸化物粒子に接触していないセリウム水酸化物粒子（遊離粒子）を含有するCMPスラリ（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%、セリウム水酸化物粒子の含有量：0.03質量%）を調製した。

[0123]（比較例1）

2枚羽根の撹拌羽根を用いて300rpmの回転数で撹拌しながら前記セリウム酸化物スラリ40gとイオン交換水1960gとを混合した後、株式

会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム酸化物粒子を含有するCMPスラリー（セリウム酸化物粒子の含有量：0.1質量%）を調製した。

[0124] （比較例2）

2枚羽根の攪拌羽根を用いて300rpmの回転数で攪拌しながら前記セリウム水酸化物スラリー200gとイオン交換水1800gとを混合した後、株式会社エスエヌディ製の超音波洗浄機（装置名：US-105）を用いて超音波を照射しながら攪拌した。これにより、セリウム水酸化物粒子を含有するCMPスラリー（セリウム水酸化物粒子の含有量：0.1質量%）を調製した。

[0125] ＜CMPスラリーのpH＞

上述の各CMPスラリーのpHを東亜ディーケーケー株式会社製の型番PHL-40を用いて測定した。測定結果を表1に示す。

[0126] ＜砥粒の平均粒径＞

マイクロトラック・ベル株式会社製の商品名：マイクロトラックMT3300EXII内に上述の各CMPスラリーを適量投入し、砥粒の平均粒径の測定を行った。表示された平均粒径値を砥粒の平均粒径（平均二次粒径）として得た。測定結果を表1に示す。

[0127] ＜上澄み液の吸光度測定＞

前記CMPスラリーにおける砥粒の含有量（粒子の合計量）を0.1質量%に調整（イオン交換水で希釈等）して試験液を調製した。試験液7.5gをベックマン・コールター株式会社製の遠心分離機（商品名：Optima MAX-TL）に入れ、遠心加速度 $5.8 \times 10^4 G$ 、設定温度25℃で5分間処理して上澄み液を得た。

[0128] 前記上澄み液を1cm角の石英製セルに約4mL入れた後、セルを株式会社日立製作所製の分光光度計（装置名：U3310）内に設置した。波長200～600nmの範囲で吸光度の測定を行い、得られたチャートから波長380nmにおける吸光度の値を読み取った。測定結果を表1に示す。また

、実施例 1 ～ 10 について、得られたチャートから波長 500 nm における光透過率の値を読み取ったところ、92% / cm 以上であった。

[0129] <CMP 評価>

前記 CMP スラリにおける砥粒の含有量（粒子の合計量）を 0.1 質量％に調整（イオン交換水で希釈）して CMP 研磨液を得た。この CMP 研磨液を用いて下記研磨条件で被研磨基板を研磨した。CMP 研磨液における pH 及び砥粒の平均粒径の値は、上述の CMP スラリの値と同等であった。

[CMP 研磨条件]

研磨装置：MIRRA（APPLIED MATERIALS 社製）

CMP 研磨液の流量：200 mL / min

被研磨基板：パターンが形成されていないブランケットウエハとして、プラズマ CVD 法で形成された厚さ 2 μm の酸化珪素膜をシリコン基板上に有する被研磨基板を用いた。

研磨パッド：独立気泡を有する発泡ポリウレタン樹脂（ダウ・ケミカル日本株式会社製、型番 IC1010）

研磨圧力：13 kPa（2.0 psi）

被研磨基板及び研磨定盤の回転数：被研磨基板 / 研磨定盤 = 93 / 87 rpm

研磨時間：1 分（60 秒）

ウエハの洗浄：CMP 処理後、超音波を印加しながら水で洗浄し、さらに、スピンドライヤで乾燥させた。

[0130] 前記条件で研磨及び洗浄した酸化珪素膜の研磨速度（SiO₂RR）を下記式より求めた。結果を表 1 に示す。研磨前後における酸化珪素膜の膜厚差は、光干渉式膜厚測定装置（フィルメトリクス株式会社製、商品名：F80）を用いて求めた。

研磨速度（RR）＝（研磨前後での酸化珪素膜の膜厚差 [nm]） / （研磨時間：1 [min]）

[0131]

[表1]

		実施例										比較例	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2
砥粒の含有量 [質量%]	セリウム酸化物粒子	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	—
	セリウム水酸化物粒子	0.01	0.0125	0.015	0.0175	0.02	0.025	0.035	0.02	0.025	0.035	—	0.1
CMPスラリーのpH		4.1	3.9	3.9	4.0	4.1	4.3	4.5	4.1	4.3	4.4	7.0	4.0
砥粒の平均粒径 [nm]		220	155	155	155	155	155	155	155	155	155	145	10
上澄み液の380nm吸光度		0.002	0.032	0.068	0.083	0.093	0.164	0.239	0.108	0.183	0.205	0	0.99
酸化珪素の研磨速度 [nm/min]		355	360	401	450	456	548	530	460	532	527	245	28