

明 細 書

発明の名称： 研磨パッド、研磨方法及び半導体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、研磨パッド、研磨方法及び半導体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体、シリコンウェハ等の基板材料；ハードディスク、液晶ディスプレイ、レンズ等の材料であるガラスなどを鏡面加工したり、半導体デバイスの製造工程において、絶縁膜、金属膜等の凹凸を平坦化したりするために、研磨パッドの研磨面に研磨スラリー（以下、単にスラリーとも称する）を滴下しながら、被研磨材を研磨パッドに押し当てて研磨する化学機械研磨（CMP）が用いられている。

[0003] CMP用の研磨パッドには、研磨面に満遍なくスラリーを保持させたり、研磨屑を排出させたり、被研磨材の吸着による破損を防止したりすることを目的として、例えば、螺旋状溝、同心円状溝、格子状溝、放射溝等の溝が形成されている。

[0004] 例えば、特許文献1は、円形の研磨面を有する研磨層を含む研磨パッドであって、前記研磨面は、前記研磨面の中心から半径に対して、0～10%の範囲である中央領域と、90～100%の範囲である周縁領域とを備え、前記研磨層は、前記中央領域から前記周縁領域にまで渡って配された、少なくとも1条の螺旋状溝又は同心円状に配置された複数の環状溝からなる同心円状溝を備え、さらに、前記中央領域から周縁領域に向かって延びる少なくとも2本の線分状溝からなる放射溝、を備え、前記螺旋状溝の中心、前記同心円状溝の中心、及び前記放射溝の中心は、前記中央領域に存在し、前記線分状溝は、前記研磨面の半径に対して30～65%の割合の平均長さを有し、且つ、前記放射溝の中心から前記研磨面の半径に対して、5～10%の距離の領域に第1の端部を、35～70%の距離の領域に第2の端部を有し、前記線分状溝の長さ方向に対する垂直な方向の断面の断面積の平均である断面

積 S_a (mm^2) と、前記螺旋状溝又は前記同心円状溝の接線方向に対する垂直な方向の断面の断面積の平均である断面積 S_b (mm^2) とが、 $0.1 \leq S_b / S_a < 1.0$ を満たす、ことを特徴とする研磨パッドを開示する。

[0005] また、例えば、特許文献2は、研磨層を含み、前記研磨層は少なくとも2つの同心円状溝を含み、最も内側の同心円状溝を第一同心円、最も外側の同心円状溝を第二同心円と定義し、研磨層の中心から第一同心円の最も内側との距離を W_1 、第二同心円の最も外側と研磨層の縁部との距離を W_3 、研磨層の半径を R としたとき、第一研磨領域は、第一同心円の内側領域であり、第二研磨領域は、第一同心円と第二同心円の間の距離 $W_2 = R - W_1 - W_3$ の領域であり、第三研磨領域は、第二同心円と研削層の縁部との間の距離 W_3 の領域であり、前記第三研磨領域はさらに第三の溝を含み、前記第三の溝の外側端は研磨層の縁部に接続され、前記第三の溝の内側端は前記第二研磨領域の内部に設置されている研磨パッドを開示する。

[0006] さらに、特許文献3には、表面に複数の溝を有するCMP用の研磨パッドであって、回転パッドの回転軸を軸とする同心のパッドサークル（円状溝）を有し、前記複数の溝は、第一のパッドサークルと実質的に直交し、前記複数の溝の半径方向成分の偏差が、前記複数の溝がパッドの中心からパッドの外側に延びるにつれて、円周方向の偏差よりも実質的に大きい、研磨パッドを開示する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2023/013576号

特許文献2：中国特許出願公開112809550号

特許文献3：国際公開第2006/093670号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] CMPにおいては、より高い研磨速度及び研磨精度を実現する研磨パッド

が求められている。しかしながら、本発明者等の検討によると、高い研磨速度と、被研磨材の外縁近傍の領域（以下、「外縁領域」ともいう）の高い研磨均一性とを両立させることは困難であった。

[0009] 本発明は、上記従来の問題に鑑みてなされたものであって、CMPにおいて、高い研磨速度が得られ、被研磨材の外縁領域における優れた研磨均一性を実現するための研磨パッド、該研磨パッドを用いる研磨方法及び該研磨方法を使用する半導体の製造方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者等は、研磨領域におけるスラリー分布の均一性を向上させることに着目し、研磨層に特定の溝を備える研磨パッドが、上記課題を解決し得ることを見出し、本発明を完成させた。

本発明は、下記〔１〕～〔１５〕に関する。

〔１〕円形の研磨面を有する研磨層を含む研磨パッドであって、

前記研磨層は、第一の端部 $E_{\alpha 1}$ と該第一の端部 $E_{\alpha 1}$ よりも前記研磨面の外周側にある第二の端部 $E_{\alpha 2}$ とを有する溝であって、前記第一の端部 $E_{\alpha 1}$ から前記第二の端部 $E_{\alpha 2}$ に向かって延びる溝 α を１本以上備え、

前記溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して $70.0 \sim 99.0\%$ の範囲である領域（１）内に存在し、

前記溝 α の第二の端部 $E_{\alpha 2}$ が、前記研磨層の外周に接続していない、研磨パッド。

〔２〕前記溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して $70.0 \sim 95.0\%$ の領域に存在する、上記〔１〕に記載の研磨パッド。

〔３〕前記溝 α の第二の端部 $E_{\alpha 2}$ が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して $85.0 \sim 99.9\%$ の領域に存在する、上記〔１〕又は〔２〕に記載の研磨パッド。

〔４〕前記溝 α の本数が、 $2 \sim 36$ 本である、上記〔１〕～〔３〕のいずれかに記載の研磨パッド。

〔５〕前記溝 α が直線状である、上記〔１〕～〔４〕のいずれかに記載の研磨パッド。

〔６〕前記研磨層が、さらに、基準凹部 β を備え、

前記基準凹部 β が、螺旋状、環状若しくは格子状の基準溝 β １、又は複数の穴からなる基準穴 β ２である、上記〔１〕～〔５〕のいずれかに記載の研磨パッド。

〔７〕前記研磨層が、前記基準溝 β １を備え、前記溝 α が、前記基準溝 β １と少なくとも１点で交差している、上記〔６〕に記載の研磨パッド。

〔８〕前記溝 α は、前記基準溝 β １の深さに対して０．５～２．５倍の深さを有する、上記〔６〕又は〔７〕に記載の研磨パッド。

〔９〕前記研磨層は、さらに、第一の端部 $E_{\gamma 1}$ と該第一の端部 $E_{\gamma 1}$ よりも前記研磨面の外周側にある第二の端部 $E_{\gamma 2}$ とを有する溝であって、前記第一の端部 $E_{\gamma 1}$ から前記第二の端部 $E_{\gamma 2}$ に向かって延びる溝 γ を１本以上備え、

前記溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して７０．０％未満の範囲である領域（２）内に存在する、上記〔１〕～〔８〕のいずれかに記載の研磨パッド。

〔１０〕前記溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が、前記溝 γ の第二の端部 $E_{\gamma 2}$ よりも、前記研磨面の外周側に存在する、上記〔９〕に記載の研磨パッド。

〔１１〕前記研磨面の中心から前記溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ の距離 A と、前記研磨面の中心から前記溝 γ の第二の端部 $E_{\gamma 2}$ の距離 B との差〔距離 A －距離 B 〕が、前記研磨面の半径に対して８．０～５０．０％である、上記〔１０〕に記載の研磨パッド。

〔１２〕前記溝 α の長さが、前記溝 γ の長さに対して、５．０～１００．０％である、上記〔９〕～〔１１〕のいずれかに記載の研磨パッド。

〔１３〕前記溝 α 又は前記溝 γ の少なくとも一方が直線状である、上記〔９〕～〔１２〕のいずれかに記載の研磨パッド。

〔１４〕上記〔１〕～〔１３〕のいずれかに記載の研磨パッドを用いて被研

磨材を研磨する研磨方法であって、前記溝 α が、前記被研磨材を囲むリテーナリングの下に配置される、研磨方法。

[15] 上記[14]に記載の研磨方法によって半導体材料を研磨する工程を含む、半導体の製造方法。

発明の効果

[0011] 本発明によると、CMPにおいて、高い研磨速度が得られ、被研磨材の外縁領域における優れた研磨均一性を実現するための研磨パッド、該研磨パッドを用いる研磨方法及び該研磨方法を使用する半導体の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の研磨パッドの一実施形態である研磨パッド10の平面模式図である。

[図2]研磨パッド10の研磨面の領域を説明するための平面模式図である。

[図3]溝の長さ方向に対する垂直な方向の断面の形状を表す断面模式図である。

[図4]溝の長さ方向に対する垂直な方向の断面の形状を表す断面模式図である。

[図5]本発明の研磨パッドの一実施形態である研磨パッド20の平面模式図である。

[図6]研磨パッド20の研磨面の領域を説明するための平面模式図である。

[図7]研磨パッド10の厚さ方向の断面模式図である。

[図8]CMPを説明するための説明図である。

[図9]図9(a)は、CMPにおける研磨ヘッドの位置を表す平面模式図、図9(b)は、研磨ヘッド及び研磨層の断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態の一例に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施態様は、本発明の技術思想を具体化するための例示であって、本発明は以下の記載に限定されない。

本明細書における記載事項を任意に選択した態様又は任意に組み合わせた態様も本発明に含まれる。

本明細書において、好ましいとする規定は任意に選択でき、好ましいとする規定同士の組み合わせはより好ましいといえる。

本明細書において、「 $XX \sim YY$ 」との記載は、「 XX 以上 YY 以下」を意味する。

本明細書において、好ましい数値範囲（例えば、含有量等の範囲）について、段階的に記載された下限値及び上限値は、それぞれ独立して組み合わせることができる。例えば、「好ましくは $10 \sim 90$ 、より好ましくは $30 \sim 60$ 」という記載から、「好ましい下限値（ 10 ）」と「より好ましい上限値（ 60 ）」とを組み合わせ、 $10 \sim 60$ とすることもできる。

[0014] [研磨パッド]

以下、本実施形態の研磨パッドについて図面を参照して説明する。

図1は、本実施形態の研磨パッドの一例である研磨パッド10を説明するための平面模式図である。

研磨パッド10において、研磨層1の研磨面は円形である。

研磨層1は、第一の端部 $E\alpha 1$ と、第一の端部 $E\alpha 1$ よりも研磨面の外周側にある第二の端部 $E\alpha 2$ と、を有する溝であって、第一の端部 $E\alpha 1$ から第二の端部 $E\alpha 2$ に向かって延びる16本の溝 α を備えている。

研磨層1は、さらに、研磨面の中心 G を螺旋中心として、1条の螺旋状溝 H を備えている。

16本の溝 α は、直線状であり、研磨面の中心 G を放射中心として、研磨面の外周方向に等間隔で放射状に形成されている。

研磨パッド10においては、溝 α 及び螺旋状溝 H が形成されていない部分が、被研磨材の被研磨面に接触して研磨するランドエリアになる。

[0015] 図2は、研磨パッド10の研磨面における領域を説明するための説明図である。

研磨パッド10において、研磨面の中心 G から研磨面の半径 R に対して、

70.0～99.0%の範囲である斜線で示された領域が領域（１）である。

なお、研磨面の中心Gから研磨面の半径Rに対して70.0%以上の領域とは、研磨面の中心からの距離が、 $R \times 70.0\%$ 以上である領域であり、研磨面の中心Gから研磨面の半径Rに対して99.0%以下の領域とは、研磨面の中心からの距離が、 $R \times 99.0\%$ 以下である領域である。

16本の溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ 及び第二の端部 $E_{\alpha 2}$ は、領域（１）内に存在し、第二の端部 $E_{\alpha 2}$ は、研磨層１の外周に接続していない。

[0016] 以下、本実施形態の研磨パッドが備える研磨層について詳細に説明する。

[0017] <研磨層>

本実施形態の研磨パッドが備える研磨層は、上述のように、第一の端部 $E_{\alpha 1}$ と該第一の端部 $E_{\alpha 1}$ よりも前記研磨面の外周側にある第二の端部 $E_{\alpha 2}$ とを有する溝であって、前記第一の端部 $E_{\alpha 1}$ から前記第二の端部 $E_{\alpha 2}$ に向かって延びる溝 α を１本以上備える。

[0018] （溝 α ）

本実施形態の研磨パッドにおいて、溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ は、上記研磨面の中心から研磨面の半径に対して70.0～99.0%の範囲である領域（１）内に存在する。

溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が、領域（１）内に存在することによって、研磨領域におけるスラリーの排出性が高くなりすぎず、良好な研磨速度を維持したまま、研磨領域のスラリーの流動性が向上し、外縁領域の研磨均一性を向上させることができる。

溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が存在する領域は、特に限定されないが、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは70.0～95.0%、より好ましくは75.0～94.0%、さらに好ましくは80.0～93.0%の範囲である。

溝 α の第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が存在する領域が上記範囲であると、より良好な研磨速度及び外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。

[0019] 本実施形態の研磨パッドにおいて、溝 α の第二の端部E α 2は、研磨層の外周に接続していない。

溝 α の第二の端部E α 2が、研磨層の外周に接続していないことによって、研磨領域におけるスラリーの排出性が高くなりすぎず、良好な研磨速度を維持したまま、研磨領域のスラリーの流動性が向上し、外縁領域の研磨均一性を向上させることができる。

溝 α の第二の端部E α 2が存在する領域は、特に限定されないが、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは85.0～99.9%、より好ましくは86.0～99.5%、さらに好ましくは94.0～99.0%の範囲である。

溝 α の第二の端部E α 2が存在する領域が上記範囲であると、より良好な研磨速度及び外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。

[0020] 溝 α の長さは、特に限定されないが、好ましくは9～100mm、より好ましくは20～80mm、さらに好ましくは25～70mmである。

溝 α の長さが上記下限値以上であると、研磨領域に対するスラリーの供給性及び排出性が良好になり、より良好な外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。また、溝 α の長さが上記上限値以下であると、スラリーの排出性が高くなりすぎず、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

なお、本明細書において、溝の「長さ」とは、一方の端部から他方の端部までの、その溝の最長軸線に沿った長さを意味する。

[0021] 研磨層が備える溝 α の本数は1本以上であり、好ましくは2～36本、より好ましくは4～26本、さらに好ましくは6～20本である。

溝 α の本数が上記下限値以上であると、研磨領域に対するスラリーの供給性及び排出性が良好になり、より良好な外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。また、溝 α の本数が上記上限値以下であると、スラリーの排出性が高くなりすぎず、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

[0022] 溝 α は、外縁領域の研磨均一性の観点から、研磨面の中心を放射中心として、放射状に形成されることが好ましく、研磨面の外周方向に等間隔で放射

状に形成されていることがより好ましい。

- [0023] 溝 α の形状は、直線状であってもよいし、曲線状であってもよい。曲線状としては、例えば、円弧状が挙げられる。また、研磨層は、直線状の溝 α と曲線状の溝 α の両方を備えていてもよい。これらの中でも、研磨領域におけるスラリーの液溜まりを抑制し易いという観点から、溝 α は直線状であることが好ましい。

なお、本明細書において、溝の形状とは、研磨層を平面視した際の形状を意味する。

- [0024] 溝 α の断面形状は、例えば、長方形、正方形、台形、逆台形等の四角形状；三角形状（V字状）、半円形状、半長円形状等であってもよい。これらの中でも、加工性及びスラリーの流動性の観点から、四角形状が好ましい。

なお、本明細書において、溝の断面形状とは、溝の長さ方向に対する垂直な方向の断面の形状を意味する。

- [0025] 図3（a）～（c）には、溝を長さ方向に対して垂直な方向に切断したときの断面模式図を示されている。

溝 α は、研磨中のバリの発生を抑制するために、溝が開口に向かって逆テーパーになるように傾斜した断面形状を有していることが好ましい。具体的には、図3（b）に示すように、研磨面に位置する四角形状の溝を形成する2つのコーナーが所定の角度Sで傾斜するように面取りされたテーパー部を有する所謂Y字状であったり、図3（c）に示すように、底角を形成する2つのコーナーに対して斜辺が所定の角度Sで傾斜するように形成された逆台形の断面であったりすることが好ましい。本実施形態において、上記Y字状の溝は「四角形状」の概念に含まれるものとする。

上記傾斜の角度Sは、特に限定されないが、好ましくは20度以上、90度未満、より好ましくは25～80度、さらに好ましくは30～75度である。

上記溝壁に形成される傾斜は、溝の両側の溝壁に形成されていてもよいし、片方の溝壁にのみ形成されていてもよい。傾斜が溝の両側の溝壁に形成さ

れている場合、上記傾斜角度 S は、互いに同一であってもよいし、同一でなくてもよい。溝の両側の溝壁角度が同一でないものの組み合わせの一例として、 $90^\circ / 60^\circ$ 、 $80^\circ / 60^\circ$ 、 $80^\circ / 50^\circ$ 、 $70^\circ / 50^\circ$ 、 $70^\circ / 40^\circ$ 、 $60^\circ / 40^\circ$ 、 $60^\circ / 30^\circ$ 等が挙げられる。溝の両側の溝壁が、研磨パッドの内周側と外周側に存在する場合、研磨パッドの内周側の溝壁の角度が外周側の溝壁の角度より大きいてもよいし、研磨パッドの内周側の溝壁の角度が外周側の溝壁の角度より小さくてもよい。また、溝の両側の溝壁が、研磨パッドの回転方向側とその反対側に存在する場合、回転方向側の溝壁の角度が、その反対側の溝壁の角度より大きいてもよいし、回転方向側の溝壁の角度が、その反対側の溝壁の角度よりも小さくてもよい。

傾斜の角度が上記範囲であると、研磨中に溝のコナー部に発生し易いバリの発生が抑制され易くなり、研磨速度の低下、研磨均一性の低下等が抑制され易くなる。

[0026] 溝 α の溝幅は、特に限定されないが、好ましくは $0.1 \sim 10 \text{ mm}$ 、より好ましくは $0.13 \sim 5 \text{ mm}$ 、さらに好ましくは $0.15 \sim 3 \text{ mm}$ である。

溝 α の溝幅が上記範囲であると、溝 α とランドエリアの面積のバランスが良好になり、より良好な研磨速度及び外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。

ここで、本明細書において、溝幅とは、図3(a)の W で示される、溝を長さ方向に対して垂直な方向に切断したときの断面形状における幅の長さを意味する。但し、溝の断面形状に応じて、溝幅は以下のように定義されるものとする。

断面形状が、長方形又は正方形の場合、研磨面における幅と定義される。また、台形又は逆台形の場合には、下底の平均の幅と定義される。また、Y字状のように、面取りされたテーパ部が形成されている場合には、研磨面における、テーパ部が形成されていないと仮定したときの溝断面の幅と定義される。また、三角形状、半円形状、半長円形状の場合には、深さの $1/$

2の位置の幅、と定義される。

- [0027] 溝 α の深さは、特に限定されないが、好ましくは0.3～3.0mm、より好ましくは0.5～2.5mm、さらに好ましくは0.8～2.0mmである。

溝 α の深さが上記下限値以上であると、溝 α におけるスラリーの液溜まりが抑制され、より良好な外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。また、溝 α の深さが上記上限値以下であると、研磨面の摩耗による影響を小さくすることができ、研磨パッドの使用を続けた場合においても、研磨速度及び外縁領域の研磨均一性が良好に維持され易い傾向にある。

なお、本明細書において、溝の深さとは、溝の最深部の深さの平均値を意味する。

- [0028] (基準凹部 β)

研磨層は、さらに、基準凹部 β を備えていることが好ましい。

基準凹部 β としては、螺旋状、環状若しくは格子状の基準溝 $\beta 1$ 、又は複数の穴からなる基準穴 $\beta 2$ であることが好ましい。

- [0029] 図1の研磨パッド10においては、基準凹部 β の一態様として、研磨層1の研磨面の中心Gに一致する螺旋中心から、略均等な溝ピッチPを有する旋回数10の螺旋状溝Hが形成されている。なお、溝ピッチが均等な螺旋は、アルキメデス螺旋とも称される。

- [0030] 基準凹部 β は、研磨領域にスラリーを満遍なく行き渡らせるという観点から、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、5.0%以下の領域から90.0%以上の領域に渡って形成されていることが好ましく、4.5%以下の領域から95.0%以上の領域に渡って形成されていることがより好ましく、4.0%以下の領域から100.0%に渡って形成されていることがさらに好ましい。

- [0031] (基準溝 $\beta 1$)

基準溝 $\beta 1$ は、螺旋状溝、環状溝又は格子状溝であり、これらの中でも、研磨速度及び外縁領域の研磨均一性の観点から、螺旋状溝、環状溝が好まし

い。環状溝としては、同心円状溝が好ましい。

基準溝 β 1が螺旋状溝である場合、螺旋状溝の始点の位置は、特に限定されないが、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは5.0%以下、より好ましくは4.5%以下、さらに好ましくは4.0%以下の範囲であり、螺旋状溝の終点の位置は、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは90.0%以上、より好ましくは95.0%以上の範囲であり、研磨層の外周にまで達することがさらに好ましい。

基準凹部 β が同心円状溝である場合、研磨面の中心から最も近い環状溝が通過する領域は、特に限定されないが、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは5.0%以下、より好ましくは4.5%以下、さらに好ましくは4.0%以下の範囲であり、研磨面の中心から最も遠い環状溝が通過する領域は、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは90.0%以上、より好ましくは95.0%以上の範囲である。

[0032] 基準溝 β 1の断面形状は、特に限定されず、溝 α の断面形状と同じ形状が挙げられる。これらの中でも、加工性、スラリーの保持性及び供給安定性の観点から、四角形状が好ましい。

基準溝 β 1の断面形状も、溝 α の場合と同様の観点から、溝が開口に向かって逆テーパになるように傾斜した断面を有していることが好ましい。傾斜した断面の好ましい態様は、溝 α の場合と同じである。

[0033] 基準溝 β 1の溝幅は、特に限定されないが、好ましくは0.1~4 mm、より好ましくは0.13~2 mm、さらに好ましくは0.15~1 mmである。

基準溝 β 1の溝幅が上記範囲であると、基準溝 β 1とランドエリアの面積のバランスが良好になり、より良好な研磨速度及び外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。

[0034] 基準溝 β 1の深さは、特に限定されないが、好ましくは0.2~3.0 mm、より好ましくは0.4~2.5 mm、さらに好ましくは0.8~2.0 mmである。

基準溝 β 1の深さが上記上限値以下であると、研磨領域へのスラリーの供給性及び研磨パッドの耐変形性がより良好になり易い傾向にある。また、基準溝 β 1の深さが上記下限値以上であると、研磨領域におけるスラリーの保持量が十分になり、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

- [0035] 研磨層が基準溝 β 1を有する場合、溝 α の深さは、特に限定されないが、基準溝 β 1の深さに対して、好ましくは0.5～2.5倍、より好ましくは0.7～1.8倍、さらに好ましくは0.9～1.4倍である。

基準溝 β 1の深さに対する溝 α の深さが上記下限値以上であると、研磨面の摩耗による影響を小さくすることができ、研磨パッドの使用を続けた場合においても、研磨速度及び外縁領域の研磨均一性が良好に維持され易い傾向にある。また、基準溝 β 1の深さに対する溝 α の深さが上記上限値以下であると、溝 α におけるスラリーの液溜まりが抑制され、より良好な外縁領域の研磨均一性が得られ易い傾向にある。

- [0036] 基準溝 β 1としての螺旋状溝、同心円状溝又は格子状溝において、隣接する溝との間隔である溝ピッチPは、特に限定されないが、好ましくは1～15 mm、より好ましくは1.5～12 mm、さらに好ましくは2～10 mmである。

溝ピッチPが上記下限値以上であると、研磨領域へのスラリーの供給量が十分になり、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。また、溝ピッチPが上記上限値以下であると、基準溝 β 1とランドエリアの面積のバランスが良好になり、より良好な研磨速度及び研磨均一性が得られ易い傾向にある。

図4には、溝を長さ方向に対して垂直な方向に切断したときの断面模式図が示されている。本明細書において、溝ピッチPとは、図4のPで示される、隣接する各溝の間隔を意味する。

- [0037] 基準溝 β 1としての螺旋状溝は1条の螺旋状溝であっても、複数の螺旋状溝を並列させた2条以上の螺旋状溝からなるものであってもよい。具体的には、螺旋状溝の並列する溝の数は、1～16条、さらには、1～10条であ

ることが好ましい。

[0038] 基準溝 β 1としての螺旋状溝又は同心円状溝は、スラリーの均一な流動性が得られ易いという観点からは、その中心が、研磨面の中心と一致していることが好ましい。一方、各溝に沿って研磨され過ぎることによって生じる、被研磨材の被研磨面への各溝の形状の転写を抑制し易いという観点からは、研磨面の中心と一致していない、偏心している螺旋状溝又は同心円状溝であってもよい。

[0039] 研磨層は、基準溝 β 1を備え、溝 α が、基準溝 β 1と少なくとも1点で交差していることが好ましい。

図1に示す研磨パッド10の研磨層1の研磨面において、16本の溝 α は、各々、螺旋状溝Hと交差部分を形成している。

溝 α と基準溝 β 1とが交差していることによって、研磨領域に対するスラリーの供給性及び排出性が良好になることに加え、研磨領域におけるスラリーの流動性が向上し、研磨領域におけるスラリー分布の均一性をより向上させることができる。

[0040] 基準穴 β 2は、例えば、研磨層の平面視において、円状、楕円状、多角形状の所定のパターンで形成されることが好ましい。穴は、研磨層を貫通していない窪んだ形状であることが好ましい。

基準穴 β 2を構成する穴の深さは、特に限定されないが、研磨層の厚さ未満又は同等であって、好ましくは0.2～5.0 mm、より好ましくは0.3～3.0 mm、さらに好ましくは0.4～2.5 mmである。

[0041] 図5は、本実施形態の研磨パッドの一例である、研磨パッド20を説明するための平面模式図である。

研磨パッド20が備える研磨層1は、図1に示される研磨パッド10が備えるものと同じ溝 α 及び螺旋状溝Hを備え、さらに、第一の端部E γ 1と第一の端部E γ 1よりも研磨面の外周側にある第二の端部E γ 2とを有する溝であって、第一の端部E γ 1から第二の端部E γ 2に向かって延びる溝 γ を16本備えている。

16本の溝 γ は、直線状であり、研磨面の中心Gを放射中心として、研磨面の外周方向に等間隔で放射状に形成されており、溝 γ と溝 α は、各々、研磨面の中心Gと研磨面の外周を結ぶ同一の直線上に形成されている。

[0042] 図6には、研磨パッド20の研磨面における領域を説明するための説明図が示されている。

研磨パッド20において、研磨面の中心Gから半径に対して、70.0～99.0%の範囲である実線の斜線で示された円形の領域が領域(1)であり、円形の研磨面の中心Gから半径に対して、70.0%未満の範囲である破線の斜線で示された領域が領域(2)である。

16本の溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ 及び第二の端部 $E_{\gamma 2}$ は、領域(2)内に存在する。

[0043] (溝 γ)

本実施形態の研磨パッドにおいて、溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ は、上記研磨面の中心から研磨面の半径に対して70.0%未満の範囲である領域(2)内に存在する。

溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ が、領域(2)内に存在することによって、研磨領域へのスラリーの供給量が十分になり、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ が存在する領域は、特に限定されないが、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは0.0～20.0%、より好ましくは2.0～15.0%、さらに好ましくは3.0～10.0%の範囲である。

溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ が存在する領域が上記範囲であると、研磨面に滴下されたスラリーが適度なタイミングで溝 γ に侵入して、研磨領域にスラリーを均一に分布させ易くなる傾向にある。

なお、研磨層が備える溝 γ の本数が2本以上である場合、溝 γ の第一の端部 $E_{\gamma 1}$ とは、研磨面の中心に最も近い溝 γ の端部を意味する。

また、第一の端部 $E_{\gamma 1}$ が存在する領域が、研磨面の中心から研磨面の半

径に対して0%であるとは、第一の端部E γ 1の位置が研磨面の中心であることを意味する。また、本実施形態では、第一の端部E γ 1の位置が、研磨面の中心から研磨面の半径に対して0%である場合、溝 γ 同士が研磨面の中心で結合している場合もある。このような場合においても、結合している溝 γ をまとめて1本とは数えずに、第二の端部の数に応じた本数として数える。

[0044] 溝 γ の第二の端部E γ 2が存在する領域は、特に限定されないが、研磨面の中心から研磨面の半径に対して、好ましくは30.0～80.0%、より好ましくは40.0～75.0%、さらに好ましくは45.0～70.0%の範囲である。

溝 γ の第二の端部E γ 2が、上記領域に存在することによって、溝 γ に侵入したスラリーが研磨領域に適度に送られると共に、スラリーの排出性が高くなりすぎず、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

なお、研磨層が備える溝 γ の本数が2本以上である場合、溝 γ の第二の端部E γ 2とは、研磨面の中心から最も遠い溝 γ の端部を意味するものとする。

[0045] 溝 α の第一の端部E α 1は、溝 γ の第二の端部E γ 2よりも、研磨面の外周側に存在することが好ましい。これによって、研磨領域におけるスラリーの排出性が高くなりすぎず、良好な研磨速度を維持したまま、外縁領域の研磨均一性を向上させ易い傾向にある。

同様の観点から、研磨面の中心から溝 α の第一の端部E α 1の距離Aと、研磨面の中心から溝 γ の第二の端部E γ 2の距離Bとの差〔距離A－距離B〕は、特に限定されないが、研磨面の半径に対して、好ましくは8.0～50.0%、より好ましくは10.0～45.0%、さらに好ましくは15.0～40.0%である。

[0046] 研磨層が備える溝 γ の本数は、特に限定されないが、好ましくは1本以上、より好ましくは2～36本、さらに好ましくは4～26本、よりさらに好ましくは6～20本である。

溝 γ の本数が上記範囲であると、スラリーの供給性と排出性とのバランスに優れるため、研磨領域におけるスラリー保持力が向上する傾向にある。

研磨層が備える溝 α の本数と、溝 γ の本数は同じであってもよいし、異なってもよい。

- [0047] 溝 γ の形状は、直線状であってもよいし、曲線状であってもよい。また、研磨層は、直線状の溝 γ と曲線状の溝 γ の両方を備えていてもよい。これらの中でも、研磨領域におけるスラリーの液溜まりを抑制し易いという観点から、溝 γ は直線状であることが好ましい。

本実施形態の研磨パッドが、溝 α 及び溝 γ を備える場合、溝 α 又は溝 γ の少なくとも一方は直線状であることが好ましい。

- [0048] 溝 γ は、外縁領域の研磨均一性の観点から、研磨面の中心を放射中心として、放射状に形成されることが好ましく、研磨面の外周方向に等間隔で放射状に形成されていることがより好ましい。

溝 γ 及び溝 α が、研磨面の中心を放射中心として、放射状に形成される場合、溝 γ と溝 α は、各々、研磨面の中心と研磨面の外周を結ぶ同一の直線上に形成されていてもよく、異なる直線上に形成されていてもよいが、溝の加工容易性の観点から、同一の直線上に形成されていることが好ましい。

- [0049] 溝 γ の断面形状は、特に限定されず、溝 α の断面形状と同じ形状が挙げられる。これらの中でも、加工性、スラリーの保持性及び供給安定性の観点から、四角形状が好ましい。

溝 γ の断面形状も、溝 α の場合と同様の観点から、溝が開口に向かって逆テーパになるように傾斜した断面を有していることが好ましい。傾斜した断面の好ましい態様は、溝 α の場合と同じである。

- [0050] 溝 γ の溝幅は、特に限定されないが、好ましくは0.1～10mm、より好ましくは0.13～5mm、さらに好ましくは0.15～3mmである。

溝 γ の溝幅が上記範囲であると、溝 γ とランドエリアの面積のバランスが良好になり、より良好な研磨速度及び研磨均一性が得られ易い傾向にある。

- [0051] 溝 γ の深さは、特に限定されないが、好ましくは0.2～3.0mm、よ

り好ましくは0.4～2.5 mm、さらに好ましくは0.8～2.0 mmである。

溝 γ の深さが上記上限値以下であると、研磨領域へのスラリーの供給性及び研磨パッドの耐変形性がより良好になり易い傾向にある。また、溝 γ の深さが上記下限値以上であると、研磨領域におけるスラリーの保持量が十分になり、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

溝 γ の深さは、一定であってもよいし、溝の途中で変化していてもよい。

溝 γ の深さが変化する点は、例えば、第一の端部E γ 1を起点として、当該溝 γ の長さの2～50%の領域にあってもよい。

溝 γ の深さが、第二の端部E γ 2から第一の端部E γ 1に向かって浅くなる場合には、加工精度が向上する傾向にある。

[0052] 本実施形態の研磨パッドが備える研磨層が、基準溝 β 1及び溝 γ を備える場合、基準溝 β 1と溝 γ は、少なくとも1点で交差していることが好ましい。

溝 γ と基準溝 β 1とが交差していることによって、溝 γ に侵入したスラリーを研磨領域に速やかに供給させて保持させ易くなる。

図5に示す研磨パッド20の研磨層1の研磨面においては、16本の溝 γ は、各々、螺旋状溝Hと交差部分を形成している。

[0053] 溝 γ の長さは、特に限定されないが、好ましくは100～280 mm、より好ましくは120～250 mm、さらに好ましくは150～230 mmである。

溝 γ の長さが上記下限値以上であると、研磨領域へのスラリーの供給性がより良好になり易い傾向にある。また、溝 γ の長さが上記上限値以下であると、スラリーの排出性が高くなりすぎず、より良好な研磨速度が得られ易い傾向にある。

[0054] 溝 α の長さは、特に限定されないが、溝 γ の長さに対して、好ましくは5.0～100.0%、より好ましくは8.0～70.0%、さらに好ましくは10.0～65.0%である。

溝 α と溝 γ の長さの関係が、上記範囲であると、研磨速度を維持したまま、外縁領域の研磨均一性を向上させ易い傾向にある。

[0055] (研磨層の形状等)

円形の研磨面の直径は、CMPに用いられる一般的な円形の研磨パッドの研磨面の直径を採用することができる。例えば、円形の研磨面の直径は、500～780mmが好ましい。したがって、円形の研磨面の半径は、例えば、250～390mmが好ましい。

[0056] 研磨層の厚さは、特に限定されないが、好ましくは0.4～5mm、より好ましくは0.6～4.5mm、さらに好ましくは1.2～2.5mmである。

研磨層の厚さが上記範囲であると、生産性及び取り扱い性が向上すると共に、研磨性能の安定性が向上する傾向にある。

[0057] 研磨層は、非発泡構造（非多孔性）であることが好ましい。非発泡構造（非多孔性）の研磨層は、高い硬度を保持することができ、より優れた平坦化性を示すと共に、気孔中でスラリー中の砥粒が凝集、凝着等しないために、スクラッチが発生し難い。また、発泡構造の研磨層に比べて、研磨層の摩耗速度が小さいために、研磨パッドの寿命を長くすることができる。

[0058] (研磨層の硬度)

研磨層のD硬度は、特に限定されないが、好ましくは45～90、より好ましくは50～88、さらに好ましくは55～87、よりさらに好ましくは60～86である。

研磨層のD硬度が上記範囲であると、研磨均一性をより向上できる傾向にある。

D硬度は、JIS K 7311：1995に準拠して測定することができ、より具体的には実施例に記載の方法によって測定することができる。

[0059] (研磨層の密度)

研磨層の密度は、特に限定されないが、好ましくは1.0g/cm³以上、より好ましくは1.1g/cm³以上、さらに好ましくは1.2g/cm³以

上である。研磨層の密度が上記下限値以上であると、より良好な研磨速度及び研磨均一性が得られ易い傾向にある。

研磨層の密度の上限値は、特に限定されないが、製造容易性等の観点から、 1.4 g/cm^3 以下であってもよく、 1.3 g/cm^3 以下であってもよい。

研磨層の密度は、外形寸法 (cm^3) に対する重量 (g) として求めることができる。

[0060] 次に、本実施形態の研磨パッドが備える研磨層の形成材料及び製造方法について説明する。

[0061] <研磨層の形成材料>

研磨層の形成材料としては、従来から研磨パッドの研磨層の製造に用いられている合成又は天然の高分子材料を用いることができる。

高分子材料としては、例えば、ポリウレタン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブタジエン、エチレン-酢酸ビニル共重合体、ブチラール樹脂、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリエステル、ポリアミド等が挙げられる。これらは、1種を単独で用いても2種以上を組み合わせ用いてもよい。

これらの中でも、平坦性に優れ、スクラッチが発生し難い研磨層が得られ易いという観点から、ポリウレタンが好ましい。

以下、研磨層を形成する材料として用いられるポリウレタンについて、代表例として詳しく説明する。

[0062] ポリウレタンは、高分子ジオール、有機ジイソシアネート及び鎖伸長剤を含むポリウレタン原料を反応させることにより得られる。

[0063] 高分子ジオールの具体例としては、ポリエチレングリコール、ポリテトラメチレングリコール等のポリエーテルジオール；ポリ（ノナメチレンアジペート）ジオール、ポリ（2-メチル-1, 8-オクタメチレンアジペート）ジオール、ポリ（3-メチル-1, 5-ペンタメチレンアジペート）ジオール等のポリエステルジオール；ポリ（ヘキサメチレンカーボネート）ジオール

ル、ポリ（３－メチルー１，５－ペンタメチレンカーボネート）ジオール等のポリカーボネートジオールなどが挙げられる。これらは、１種を単独で用いても２種以上を組み合わせ用いてもよい。これらの中でも、ポリエーテルジオールが好ましく、ポリテトラメチレングリコールがより好ましい。

[0064] 有機ジイソシアネートの具体例としては、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、４，４’－ジシクロヘキシルメタンジイソシアネート、１，４－ビス（イソシアナトメチル）シクロヘキサン等の脂肪族又は脂環式ジイソシアネート；４，４’－ジフェニルメタンジイソシアネート、２，４－トリレンジイソシアネート、２，６－トリレンジイソシアネート、１，５－ナフチレンジイソシアネート等の芳香族ジイソシアネートなどが挙げられる。これらは、１種を単独で用いても２種以上を組み合わせ用いてもよい。これらの中でも、研磨層の耐摩耗性に優れるという観点から、芳香族ジイソシアネートが好ましく、４，４’－ジフェニルメタンジイソシアネートがより好ましい。

[0065] 鎖伸長剤としては、イソシアネート基と反応し得る活性水素原子を分子中に２個以上有する分子量３５０以下の低分子化合物が挙げられる。

鎖伸長剤の具体例としては、エチレングリコール、ジエチレングリコール、１，３－プロパンジオール、１，２－ブタンジオール、１，３－ブタンジオール、１，４－ブタンジオール、１，５－ペンタンジオール、ネオペンチルグリコール、１，６－ヘキサジオール、３－メチルー１，５－ペンタンジオール、１，４－ビス（β－ヒドロキシエトキシ）ベンゼン、１，９－ノナンジオール、cis－２－ブテン－１，４－ジオール、スピログリコール等のジオール類；エチレンジアミン、テトラメチレンジアミン、ヘキサメチレンジアミン、ノナメチレンジアミン、ヒドラジン、キシリレンジアミン、イソホロンジアミン、ピペラジン等のジアミン類などが挙げられる。これらは、１種を単独で用いても２種以上を組み合わせ用いてもよい。これらの中でも、１，４－ブタンジオール、cis－２－ブテン－１，４－ジオール、１，５－ペンタンジオール及び１，９－ノナンジオールから選ばれる少な

くとも1種が好ましい。

- [0066] ポリウレタン原料の各成分の配合割合は研磨層に付与すべき特性等を考慮して適宜調整されるが、例えば、高分子ジオール及び鎖伸長剤に含まれる活性水素原子1モルに対して、配合される有機ジイソシアネートに含まれるイソシアネート基の量は、好ましくは0.95～1.3モル、より好ましくは0.96～1.1モル、さらに好ましくは0.97～1.05モルである。

上記配合比が上記下限値以上であると、ポリウレタンの機械的強度及び耐摩耗性が向上する傾向にある。また、上記配合比が上記上限値以下であると、ポリウレタンの生産性及び保存安定性が向上する傾向にある。

- [0067] ポリウレタンは、高硬度を有する平坦化性に優れた研磨層が得られるという観点から、熱可塑性ポリウレタンが好ましい。なお、熱可塑性とは、押出成形、射出成形、カレンダー成形、3Dプリンタ成形等の加熱工程により溶融して成形可能な特性を意味する。

熱可塑性ポリウレタンは、例えば、上記ポリウレタン原料を用い、公知のプレポリマー法又はワンショット法を用いたウレタン化反応によって重合することによって得られる。より具体的には、熱可塑性ポリウレタンの製造方法は、実質的に溶剤の不存在下で、ポリウレタン原料を溶融混合しながら溶融重合により製造する方法が好ましく、生産性の観点からは、多軸スクリー型押出機を使用してポリウレタン原料を溶融混合しながら連続溶融重合により製造する方法がより好ましい。

- [0068] <研磨層の製造方法>

研磨層は、例えば、上述した高分子材料に、必要に応じて研磨層用の添加剤等を配合して得られる高分子材料組成物をシート化する方法によって製造することができる。

高分子材料組成物中における高分子材料の含有量は、特に限定されないが、好ましくは50質量%以上、より好ましくは80質量%以上、さらに好ましくは90質量%以上、よりさらに好ましくは99質量%以上である。

- [0069] 高分子材料組成物をシート化する方法としては、例えば、高分子材料組成

物をＴーダイを装着した単軸押出機、二軸押出機等の押出機により熔融押出してシート化する方法が挙げられる。また、高分子材料組成物をブロック状に成形し、該ブロック状の成形体をスライスしてシート化してもよい。

[0070] 上記方法によってシート化された高分子材料組成物を、研削等により所望の厚さに調整し、裁断、打ち抜き、切削等により、所望の形状に成形することによって研磨層用シートが得られる。そして、研磨層用シートの一面を研磨面として、該研磨面に上述した各種の溝を設けることによって、本実施形態の研磨パッドに用いられる研磨層が得られる。

[0071] 溝の形成方法としては、例えば、研磨層用シートの一面を切削加工して溝を形成する方法；研磨層用シートの一面に加熱された金型、金属線等をスタンプして接触させる転写加工により高分子を熔融又は揮散させて溝を形成する方法；研磨層用シートの一面をレーザー加工して高分子を分解又は揮散させることにより溝を形成する方法；溝を形成するための凸部が予め形成された金型を用いて、溝を有する研磨面を備えた研磨層用シートを成形する方法；等が挙げられる。これらの中でも、生産性に優れるという観点から、切削加工する方法又は転写加工する方法が好ましく、加工精度に優れるという観点から、切削加工する方法がより好ましい。

[0072] 上述のようにして製造された研磨層は、そのまま単層の研磨パッドとして用いてもよいし、研磨層の研磨面の反対面にクッション層、支持体層等の他の層を積層した２層以上の積層構造を有する研磨パッドとして用いてもよい。

研磨パッドが積層構造を有する場合、研磨層の研磨面の反対面に粘着剤、接着剤等を介してクッション層、支持体層等が積層される。

[0073] 図７は、研磨パッド１０の層構成を説明するための、厚さ方向の断面の部分断面模式図である。

研磨パッド１０は、研磨層１の研磨面Ｆの反対面に接着層６を介してクッション層７が接着されている積層構造を有する。

[0074] ＜クッション層＞

研磨パッドは、面内全体における研磨均一性を向上させるという観点から、クッション層を有していてもよい。

クッション層は、研磨層の硬度よりも低い硬度を有する層であることが好ましい。クッション層の硬度が研磨層の硬度よりも低い場合、被研磨面の局所的な凹凸には硬質の研磨層が追従し、被研磨材全体の反りやうねりに対してはクッション層が追従するためにグローバル平坦性（ウェハ基板の大きな周期の凹凸が低減している状態）とローカル平坦性（局所的な凹凸が低減している状態）とのバランスに優れた研磨が可能になる。

[0075] クッション層として用いられる素材としては、例えば、不織布にポリウレタンを含浸させた複合体（例えば、「Suba400」（ニッタ・ハース株式会社製））；天然ゴム、ニトリルゴム、ポリブタジエンゴム、シリコーンゴム等のゴム；ポリエステル系熱可塑性エラストマー、ポリアミド系熱可塑性エラストマー、フッ素系熱可塑性エラストマー等の熱可塑性エラストマー；発泡プラスチック；ポリウレタン等が挙げられる。

これらの中でも、クッション層として好ましい柔軟性が得られ易いという観点から、発泡構造を有するポリウレタンが好ましい。

[0076] クッション層の厚さは、特に限定されないが、0.5～5mmが好ましい。クッション層の厚さが上記下限値以上であると、被研磨面の全体の反り、うねり等に対する追従効果が十分になり、グローバル平坦性がより良好になる傾向にある。また、クッション層の厚さが上記上限値以下であると、研磨パッド全体が適度な硬さを有し、研磨安定性がより良好になる傾向にある。

[0077] 本実施形態の研磨パッドの好適な厚さは、本実施形態の研磨パッドがクッション層を有しない場合は、上記した研磨層の好適な厚さと同じである。また、本実施形態の研磨パッドの厚さは、本実施形態の研磨パッドがクッション層を有する場合は、1～10mmが好ましい。

[0078] [研磨方法]

本実施形態の研磨方法は、本実施形態の研磨パッドを用いて被研磨材を研磨する研磨方法であって、前記溝 α が、前記被研磨材を囲むリテーナリング

の下に配置される、研磨方法である。

本実施形態の研磨パッドを用いてCMPを行う場合の実施形態について説明する。

[0079] 図8には、CMP装置100の概略図が示されている。

CMP装置100は、円形の回転定盤101と、スラリー供給ノズル102と、被研磨材を保持する研磨ヘッド103と、パッドコンディショナー104とを備え、回転定盤101の表面に、研磨パッド10が両面粘着シート等により貼付けられる。

[0080] CMP装置100において、回転定盤101は、図略のモータにより、例えば、矢印に示す方向（時計回り方向）に回転する。また、研磨ヘッド103は、被研磨材50の被研磨面を研磨パッド10の研磨面に圧接しながら、図略のモータにより例えば矢印に示す方向（時計回り方向）に回転する。

パッドコンディショナー104は、例えば、矢印に示す方向（時計回り方向）に回転する。パッドコンディショナー104の直径が被研磨材50の直径よりも小さい場合には、研磨パッドの被研磨材と接触する領域全体を研磨に適した粗さとするために、パッドコンディショナー104を回転定盤101の半径方向に揺動させる。

[0081] 未使用の研磨パッドを用いるとき、通常は、被研磨材の研磨に先立って、研磨パッドの研磨面を細かく荒らして研磨に適した粗さを形成するためのブレードインと呼ばれるコンディショニングが行われる。具体的には、回転定盤101に固定されて回転する研磨パッド10の表面に水を流しながら、CMP用のパッドコンディショナー104を押し当てて、研磨パッド10の表面のコンディショニングを行う。パッドコンディショナーとしては、例えば、ダイヤモンド粒子をニッケル電着等により担体表面に固定したパッドコンディショナーが用いられる。

[0082] 本実施形態の研磨方法においては、本実施形態の研磨パッドが有する溝 α が、リテーナリングの下に配置される。これによって、リテーナリングの内側におけるスラリーの供給性及び排出性が良好になり、研磨領域におけるス

ラリーの分布の均一性が高まることで、外縁領域の研磨均一性がより良好になる。

[0083] 図9(a)には、研磨パッド20及び研磨ヘッド103の平面模式図、図9(b)には、図9(a)の1-1'断面における断面模式図が示されている。

図9(b)に示されるように、研磨ヘッド103は、例えば、ヘッド本体105と、被研磨材50の外周を囲うリテーナリング106と、被研磨材50の上面を押圧する弾性体膜107と、この弾性体膜107とリテーナリング106とヘッド本体105とによって囲まれた空気室108等から構成されている。

リテーナリング106は、被研磨材50の外周を囲い、被研磨材50の飛び出しを防止すると共に、研磨パッド20の研磨面を押圧し、被研磨材50を研磨する研磨パッド20の研磨面を平坦化する役割を担う。

[0084] 図9(b)に示されるように、リテーナリング106の下に配置される溝 α は、その第一の端部 $E_{\alpha 1}$ が、リテーナリング106の内側の領域に存在し、溝 α の第二の端部 $E_{\alpha 2}$ は、リテーナリング106の外側の領域に存在している。

溝 α とリテーナリングとが上記の位置関係を有することで、リテーナリングの内側におけるスラリーの供給性及び排出性が良好になり、外縁領域の研磨均一性がより良好になる傾向にある。

溝 α とリテーナリングとの位置関係を上記のようにする観点から、溝 α の長さは、リテーナリング106の幅 W_r (内周面と外周面との間の径方向距離)よりも長いことが好ましい。

[0085] また、図9(b)の断面模式図に示されるように、研磨層が溝 γ を備える場合、溝 γ は、リテーナリング106の下に配置されることが好ましく、リテーナリング106の下に配置される溝 γ は、その第一の端部 $E_{\gamma 1}$ が、リテーナリング106の外側の領域に存在し、溝 γ の第二の端部 $E_{\gamma 2}$ は、リテーナリングの内側の領域に存在することがより好ましい。

溝 γ とリテーナリングとが上記の位置関係を有することで、リテーナリングの内側におけるスラリーの供給性及び排出性が良好になり、外縁領域の研磨均一性がより良好になる傾向にある。

溝 γ とリテーナリングとの位置関係を上記のようにする観点から、溝 γ の長さは、リテーナリング106の幅 W_r （内周面と外周面との間の径方向距離）よりも長いことが好ましい。

[0086] ブレークインが完了した後、被研磨材の被研磨面の研磨を開始する。研磨においては、回転する研磨パッドの表面にスラリー供給ノズルからスラリーを供給する。

スラリーは、例えば、水、オイル等の液状媒体；シリカ、アルミナ、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、炭化ケイ素等の研磨剤；塩基、酸、界面活性剤、酸化剤、還元剤、キレート剤等を含有している。また、CMPを行うに際し、必要に応じ、スラリーと共に、潤滑油、冷却剤等を併用してもよい。

[0087] そして、研磨層の研磨面にスラリーが満遍なく行き渡った研磨パッドに、研磨ヘッドに固定されて回転する被研磨物を押し当てる。そして、所定の平坦度が得られるまで、研磨処理が続けられる。研磨時に作用させる押し付け力や回転定盤とホルダとの相対運動の速度を調整することにより、仕上がり品質が影響を受ける。

[0088] 研磨条件は特に限定されないが、効率的に研磨を行うためには、回転定盤とホルダのそれぞれの回転速度は300rpm以下の低回転が好ましく、被研磨物にかかる圧力は、研磨後に傷が発生しないように150kPa以下とすることが好ましい。研磨している間、研磨面には、スラリーをポンプ等で連続的に供給することが好ましい。スラリーの供給量は特に限定されないが、研磨面が常にスラリーで覆われるように供給することが好ましい。

[0089] そして、研磨終了後の被研磨物を流水でよく洗浄した後、スピンドライヤ等を用いて被研磨物に付着した水滴を払い落として乾燥させることが好ましい。このように、被研磨面をスラリーで研磨することによって、被研磨面全面にわたって平滑な面を得ることができる。なお、上述のCMPは、シリコ

ンウェハ等の各種半導体材料等の研磨に好適に用いることができる。

[0090] 本実施形態の研磨方法は、各種半導体デバイス、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 等の製造プロセスにおける研磨に好ましく用いられる。

被研磨材としては、例えば、シリコン、炭化ケイ素、窒化ガリウム、ガリウムヒ素、酸化亜鉛、サファイヤ、ゲルマニウム、ダイヤモンド等の半導体基材；半導体基材上に形成されたシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、low-k 膜等の絶縁膜、銅、アルミニウム、タングステン等の配線材料；ガラス、水晶、光学基材、ハードディスクなどが挙げられる。これらの中でも、本実施形態の研磨パッドは、半導体基材上に形成された絶縁膜、配線材料等を研磨する用途に好ましく用いられる。

[0091] [半導体の製造方法]

本実施形態の半導体の製造方法は、本実施形態の研磨方法によって半導体材料を研磨するを含む、半導体の製造方法である。

本実施形態の研磨方法の説明は前述の通りである。

本実施形態の半導体の製造方法において、本実施形態の研磨方法によって研磨する半導体材料としては、「本実施形態の研磨方法」の項で説明した半導体基材、半導体基材上に形成された絶縁膜、配線材料等が挙げられる。

本実施形態の研磨方法によって研磨された半導体材料は、その後、洗浄され、公知の半導体製造プロセスによって半導体に加工することができる。

実施例

[0092] 以下、実施例により本発明をさらに具体的に説明する。なお、本発明の範囲はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

[0093] [製造例 1]

数平均分子量 850 のポリテトラメチレングリコール [略号：PTMG]、数平均分子量 600 のポリエチレングリコール [略号：PEG]、1,4-ブタンジオール [略号：BD]、及び 4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート [略号：MDI] を、PTMG：PEG：BD：MDI の質量比

が24.6 : 11.6 : 13.8 : 50.0となるような割合で配合し、定量ポンプにより、同軸で回転する二軸押出機に連続的に供給して、熱可塑性ポリウレタンを連続溶融重合した。そして、重合された熱可塑性ポリウレタンの溶融物をストランド状に水中に連続的に押出した後、ペレタイザーで細断してペレットを得た。このペレットを70℃で20時間除湿乾燥した後、単軸押出機に供給し、Tダイから押出して、シートを成形した。そして、得られたシートの表面を研削して厚さ2.0mmの均一なシートとした後、直径740mmの円形状に切り抜くことにより、非発泡体である研磨層用シートを得た。JIS K 7311 : 1995に準じて、測定温度25℃の条件で測定した研磨層用シートのD硬度は62であった。

[0094] [研磨パッドの製造]

実施例1～20、比較例1～4

製造例1で得られた研磨層用シートの一面である研磨面に、表1に記載の形状のパターンを有する溝を切削加工で形成した。

実施例1～6、9～20及び比較例1～4においては、全ての溝 γ の端部の位置が表1に記載の第一の端部E γ 1の位置及び第二の端部E γ 2の位置の通りであった。

実施例7においては、8本の溝 γ の内、1本の溝 γ の第一の端部の位置が0%であり、7本の溝 γ の端部の第一の端部の位置が5.2%であり、8本全ての溝 γ の第二の端部の位置が51.6%であった。

実施例8においては、8本の溝 γ があり、第一の端部の位置が0%の溝 γ と、第一の端部の位置が5.2%である溝 γ が交互に並んでおり、8本全ての溝の第二の端部の位置が51.6%であった。

なお、実施例1～20、比較例1～4において、溝 α と溝 γ は、共に、研磨面の中心を放射中心として、研磨面の外周方向に等間隔になるように放射状に形成した。

溝 γ と溝 α が直線状である場合は、研磨面の中心と研磨面の外周を結ぶ同一の直線上に形成した。

また、円弧状の溝 γ 及び溝 α は、研磨面の中心と研磨面の外周を結ぶ同一の円弧上に形成した。

次いで、研磨層の研磨面に対する裏面にクッション層を両面粘着シートで貼り合わせて複層型の研磨パッドを作製した。クッション層としては、厚さ0.8mmの発泡ポリウレタン製シートである株式会社イノアックコーポレーション製「ポロンH48」を用いた。

[0095] 各例で形成した溝の溝幅は、断面の200倍の走査型電子顕微鏡（SEM）画像に基づいて測定した。具体的には、各研磨層の溝の切断面を満遍なく18個所で撮影し、各画像の溝の幅を計測し、それらの平均値を求めた。また、基準溝 $\beta 1$ の溝ピッチPは、スケールルーペを用いて研磨面のシリコンウェハに接触する領域からそれぞれ満遍なく選んだ8箇所を測定し、その平均を溝ピッチPとした。また、各溝の深さは、株式会社中村製作所製デプスゲージ「E-DP2J」を用いて、シリコンウェハに接触する領域からそれぞれ満遍なく選んだ8個所で測定し、その測定値を平均して求めた。

[0096] [評価]

各例で得られた研磨パッドの研磨特性を次の評価方法により評価した。

[0097] (研磨速度の評価方法)

各例で得られた研磨パッドを株式会社荏原製作所製の研磨装置「FLEX-300」に装着した。そして、株式会社レゾナック製のスラリー「HS-8005」を10倍に希釈して調整したスラリーを準備し、プラテン回転数100rpm、ヘッド回転数99rpm、研磨圧力30.0kPaの条件において、200mL／分の速度でスラリーを研磨パッドの研磨面に供給しながら膜厚2,000nmの酸化ケイ素膜を表面に有する直径12インチのシリコンウェハを60秒間研磨した。

なお、溝 α を有する研磨パッドを使用する場合は、溝 α が研磨ヘッドに装着されているリテーナリングの下になり、かつ、溝 α の中心側の端部（第一の端部E $\alpha 1$ ）が、リテーナリングの内側の領域に存在し、溝 α の外周側の端部（第二の端部E $\alpha 2$ ）が、リテーナリングの外側の領域に存在する状態

で研磨を行った。

同様に、溝 γ を有する研磨パッドを使用する場合は、溝 γ が研磨ヘッドに装着されているリテーナリングの下になり、かつ、溝 γ の中心側の端部（第一の端部E γ 1）が、リテーナリングの外側の領域に存在し、溝 γ の外周側の端部（第二の端部E γ 2）が、リテーナリングの内側の領域に存在する状態で研磨を行った。

そして、パッドコンディショナー（株式会社アライドマテリアル製のダイヤモンドドレッサー（ダイヤモンド番手#100ブロッキー、台金直径19cm））を用い、ドレッサー回転数70rpm、研磨パッド回転数100rpm、ドレッサー荷重20Nの条件で、150mL／分の速度で純水を流しながら、研磨パッドの表面を30秒間コンディショニングした。そして、別のシリコンウェハを再度研磨し、さらに、30秒間コンディショニングを行った。そして、60秒間の研磨後、研磨パッドのコンディショニングを30秒間行った。そして、別のシリコンウェハを再度研磨し、さらに、30秒間コンディショニングを行った。このようにして10枚のシリコンウェハを研磨した。

10枚目に研磨したシリコンウェハの研磨前及び研磨後の酸化ケイ素膜の膜厚をウェハ面内で各49点測定し、各点における研磨速度（nm/min）を求めた。具体的には、49点の研磨速度の平均値を研磨速度とした。

[0098]（研磨均一性の評価方法）

上記研磨速度の評価方法に記載の条件で研磨層の溝 α （但し、溝 α を有せずに、基準溝 β 1を有する場合は、基準溝 β 1）の溝深さが50%減少したときに研磨された、シリコンウェハの研磨前及び研磨後の酸化ケイ素膜の膜厚をウェハ面内（エッジエクスクルージョン3mm）で87点測定し、各点における研磨速度（nm/min）を求めた。そして、87点における研磨速度の平均値及び標準偏差1 σ を算出し、その平均値及び標準偏差1 σ から変動係数（単位：%）を求めた。変動係数が小さいほど、研磨均一性に優れていることを示す。

[0099] (外縁領域の研磨均一性の評価方法)

上記研磨速度の評価方法に記載の条件で研磨層の溝 α （但し、溝 α を有さずに、基準溝 $\beta 1$ を有する場合は、基準溝 $\beta 1$ ）の溝深さが50%減少したときに研磨された、シリコンウェハの研磨前及び研磨後の酸化ケイ素膜の膜厚をウェハ外側から10mm部分の外縁領域において20点測定し、各点における研磨速度（nm/min）を求めた。そして、20点における研磨速度の平均値及び標準偏差1 σ を算出し、その平均値及び標準偏差1 σ から変動係数（単位：%）を求めた。変動係数が小さいほど、外縁領域の研磨均一性に優れていることを示す。

[0100]

[0101] 表 1 の結果から明らかな通り、本実施形態の実施例 1 ～ 20 の研磨パッドは、研磨速度と外縁領域の研磨均一性とを高度に両立していることが分かる。一方、比較例 1 ～ 4 の研磨パッドは、研磨速度と外縁領域の研磨均一性の少なくともいずれかが劣っていた。

符号の説明

- [0102] 1 研磨層
6 接着層
7 クッション層
10、20 研磨パッド
50 被研磨材
60 スラリー
100 CMP 装置
101 回転定盤
102 スラリー供給ノズル
103 研磨ヘッド
104 パッドコンディショナー
105 ヘッド本体
106 リテーナリング
107 弾性体膜
108 空気室
 α : 溝 α
 γ : 溝 γ
H : 螺旋状溝
E α 1 溝 α の第一の端部
E α 2 溝 α の第二の端部
E γ 1 溝 γ の第一の端部
E γ 2 溝 γ の第二の端部
F 研磨面

- G 研磨面の中心
- P ピッチ
- R 研磨面の半径
- S 角度
- W 溝幅
- W r リテーナリングの幅

請求の範囲

- [請求項1] 円形の研磨面を有する研磨層を含む研磨パッドであって、
前記研磨層は、第一の端部E α 1 と該第一の端部E α 1 よりも前記研磨面の外周側にある第二の端部E α 2 とを有する溝であって、前記第一の端部E α 1 から前記第二の端部E α 2 に向かって延びる溝 α を1本以上備え、
前記溝 α の第一の端部E α 1 が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して70.0～99.0%の範囲である領域(1)内に存在し、
前記溝 α の第二の端部E α 2 が、前記研磨層の外周に接続していない、研磨パッド。
- [請求項2] 前記溝 α の第一の端部E α 1 が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して70.0～95.0%の領域に存在する、請求項1に記載の研磨パッド。
- [請求項3] 前記溝 α の第二の端部E α 2 が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して85.0～99.9%の領域に存在する、請求項1又は2に記載の研磨パッド。
- [請求項4] 前記溝 α の本数が、2～36本である、請求項1～3のいずれか1項に記載の研磨パッド。
- [請求項5] 前記溝 α が直線状である、請求項1～4のいずれか1項に記載の研磨パッド。
- [請求項6] 前記研磨層が、さらに、基準凹部 β を備え、
前記基準凹部 β が、螺旋状、環状若しくは格子状の基準溝 β 1、又は複数の穴からなる基準穴 β 2である、請求項1～5のいずれか1項に記載の研磨パッド。
- [請求項7] 前記研磨層が、前記基準溝 β 1を備え、前記溝 α が、前記基準溝 β 1と少なくとも1点で交差している、請求項6に記載の研磨パッド。
- [請求項8] 前記溝 α は、前記基準溝 β 1の深さに対して0.5～2.5倍の深

さを有する、請求項6又は7に記載の研磨パッド。

[請求項9] 前記研磨層は、さらに、第一の端部E γ 1と該第一の端部E γ 1よりも前記研磨面の外周側にある第二の端部E γ 2とを有する溝であって、前記第一の端部E γ 1から前記第二の端部E γ 2に向かって延びる溝 γ を1本以上備え、

前記溝 γ の第一の端部E γ 1が、前記研磨面の中心から前記研磨面の半径に対して70.0%未満の範囲である領域(2)内に存在する、請求項1～8のいずれか1項に記載の研磨パッド。

[請求項10] 前記溝 α の第一の端部E α 1が、前記溝 γ の第二の端部E γ 2よりも、前記研磨面の外周側に存在する、請求項9に記載の研磨パッド。

[請求項11] 前記研磨面の中心から前記溝 α の第一の端部E α 1の距離Aと、前記研磨面の中心から前記溝 γ の第二の端部E γ 2の距離Bとの差〔距離A－距離B〕が、前記研磨面の半径に対して8.0～50.0%である、請求項10に記載の研磨パッド。

[請求項12] 前記溝 α の長さが、前記溝 γ の長さに対して、5.0～100.0%である、請求項9～11のいずれか1項に記載の研磨パッド。

[請求項13] 前記溝 α 又は前記溝 γ の少なくとも一方が直線状である、請求項9～12のいずれか1項に記載の研磨パッド。

[請求項14] 請求項1～13のいずれか1項に記載の研磨パッドを用いて被研磨材を研磨する研磨方法であって、前記溝 α が、前記被研磨材を囲むリテーナリングの下に配置される、研磨方法。

[請求項15] 請求項14に記載の研磨方法によって半導体材料を研磨する工程を含む、半導体の製造方法。