

明 細 書

発明の名称：電極用リング

技術分野

[0001] 本発明は、電極用リングに関するものである。

背景技術

[0002] L S I等の半導体集積デバイス製造におけるエッチング装置として、プラズマを用いたドライエッチング装置が用いられている。ドライエッチング装置は、エッチング対象のウエハが平面電極のカソード上に配置され、装置内にエッチングガスが導入された状態で、高周波発振器により対向電極（アノード）とカソードの間に高周波電圧が印加されることにより、電極間にエッチングガスのプラズマを生じる。プラズマ中の活性ガスであるプラスイオンがウエハ表面に入射しエッチングをする。

[0003] ドライエッチング装置内部では、金属製部品を用いると金属汚染が起こるので、シリコン製部品が用いられる。代表的なシリコン製部品としては、例えばエッチング対象のウエハを囲むドーナツ状の形状をしたフォーカスリングがある（特許文献1）。フォーカスリングは、エッチング対象のウエハより大きな直径を有することが必要である。現在主流の300mmウエハ用のシリコン製部品は、320mm以上の直径を有するシリコン結晶インゴットから作製されるため、高価である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-190466号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] シリコン製部品を、一体物ではなく、複数のシリコン部材を接合することにより製造できれば、より小さい直径を有するシリコン結晶インゴットから作製できるため、製造コストの削減等の種々のメリットが期待される。

[0006] 本発明は、複数のシリコン部材を接合した電極用リング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

[0007] 本発明に係る電極用リングは、３個以上の円弧状シリコン部材と、前記シリコン部材同士を接合する接合部とを備え、前記接合部は、酸化ホウ素を含有することを特徴とする。

本発明に係る電極用リングは、３個以上の円弧状シリコン部材と、前記シリコン部材同士を接合する接合部と、前記接合部を塞ぐシリコンとを備え、前記接合部は、Al、Ga、Ge、及びSnのいずれかを含有し、シリコンとの共晶合金であることを特徴とする。

本発明に係る電極用リングは、３個以上の円弧状シリコン部材と、前記シリコン部材同士を接合する接合部と、前記接合部を塞ぐシリコンとを備え、前記接合部は、酸化ホウ素を含有することを特徴とする。

本発明に係る電極用リングは、３個以上の第１円弧状シリコン部材を有する第１リング体と、前記第１リング体と同軸上に重ねられた、３個以上の第２円弧状シリコン部材を有する第２リング体と、前記第１リング体と前記第２リング体との間に設けられた接合部と、前記第１円弧状シリコン部材同士の突き合わせ面の間および／または前記第２円弧状シリコン部材同士の突き合わせ面の間を塞ぐシリコンとを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、フォーカスリングの外径より小さいウエハから切り出した３個以上のシリコン部材を組み合わせて製造することができる。したがって電極用リングは、フォーカスリングの外径より大きいウエハを用いる必要がないので、その分コストを低減することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本実施形態に係る電極用リングから作製したフォーカスリングを備えたドライエッチング装置の構成を模式的に示す断面図である。

[図2]本実施形態に係る電極用リングを示す斜視図である。

[図3]接合部を示す部分断面図である。

[図4]シリコン部材を示す斜視図である。

[図5]電極用リングを製造する装置を模式的に示す断面図である。

[図6]変形例に係る接合部を示す部分断面図である。

[図7]変形例に係る電極用リングを示す斜視図である。

[図8]別の変形例に係る電極用リングを示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。

[0011] 図1に示すドライエッチング装置10は、真空チャンバー12と、上部電極板14と、基台16と、フォーカスリング18とを備える。上部電極板14は、円板状の部材であり、支持リング20によって真空チャンバー12内の上部に固定されている。支持リング20は、絶縁部材であるシリコンで形成されている。上部電極板14は、厚さ方向に貫通した複数の貫通穴15を有する。上部電極板14は、高周波電源26が電氣的に接続されている。上部電極板14は、ガス供給管24が接続されている。ガス供給管24から供給されたエッチングガスは、上部電極板14の貫通穴15から真空チャンバー12内へ流れ込み、排出口28から外部に排出され得る。

[0012] 基台16は、真空チャンバー12内の下部に設置されており、その周囲はグラウンドリング30で囲まれている。グラウンドリング30は絶縁部材であるシリコンで形成されており、接地されている。基台16上には、フォーカスリング18が設けられている。フォーカスリング18は、絶縁部材であるシリコンで形成され、ウエハ22の周縁を支持する凹部19が内側の全周に渡って形成されている。

[0013] ドライエッチング装置10は、上部電極板14を通じてエッチングガスが供給され、高周波電源26から高周波電圧が印加されると、上部電極板14とウエハ22の間でプラズマを生じる。このプラズマによってウエハ22表面がエッチングされる。

[0014] 本実施形態に係る電極用リングは、上記フォーカスリング18、支持リン

グ 2 0、グラウンドリング 3 0 に適用可能である。電極用リングは、上記フォーカスリング 1 8、支持リング 2 0、グラウンドリング 3 0 に限定されない。電極用リングは、ドライエッチング装置 1 0 の真空チャンバー 1 2 内に設置され、電圧が印加され、又は接地されるシリコン部材に適用することができる。

[0015] フォーカスリング 1 8 用の部材となる本実施形態に係る電極用リングについて、図 2 を参照して説明する。電極用リング 3 2 は、少なくとも 3 個以上の円弧状シリコン部材 3 8 と、シリコン部材 3 8 同士の間設けられた接合部（本図には図示しない）とを有する第 1 リング体 3 4 を備える。シリコン部材 3 8 は、単結晶でも多結晶でもよく、その製造方法、純度、結晶方位等において限定されない。

[0016] 本図の場合、電極用リング 3 2 は、3 個のシリコン部材 3 8 を有する第 1 リング体 3 4 と、第 1 リング体 3 4 と同じ 3 個のシリコン部材 3 8 を有する第 2 リング体 3 6 とを備える。第 1 リング体 3 4 と第 2 リング体 3 6 は、シリコン部材 3 8 同士の突き合わせ面 3 7 が円周方向にずれた状態で接合面 3 9 において同軸上に重ねられている。

[0017] 図 3 に示すように、接合部 4 0 は、シリコン部材 3 8 同士の間の少なくとも一部に設けられている。本図の場合、接合部 4 0 は、第 1 リング体 3 4 と第 2 リング体 3 6 の接合面 3 9 の間に設けられている。接合部 4 0 は、シリコンと共晶合金を形成する金属を含むシリコンとの共晶合金である。シリコンと共晶合金を形成する金属は、Al、Ga、Ge、及びSnのいずれか（以下、「合金形成金属」ともいう）である。Al、Ga、Ge、及びSnは、シリコン結晶中での拡散係数が低く、シリコン部材内での拡散が少ないこと、電氣的に問題になるディープレベルを作りにくいこと、及び環境への問題がないので好ましい。Alは、低価格であることから最も好ましい。合金形成金属の純度は、シリコンと共晶を形成することが可能であれば特に限定されず、好ましくは 98% 以上である。

[0018] シリコン部材 3 8 は、厚さ 1 mm 以上 50 mm 以下、幅 10 mm 以上 10

0 mm以下、図4に示すように、接合面39における隣り合わない二つの角の頂点42, 44を結んだ線分の長さLが、160 mm以上220 mm以下であるのが好ましい。上記のような大きさを有するシリコン部材38は、現在広く流通している6インチ（15 mm）ウエハ用シリコン結晶インゴットから切り出して作製することができるので、コストメリットが高い。

[0019] 次に電極用リング32を製造する方法について説明する。まずシリコン部材38に対し表面処理をする。具体的には、シリコン部材38の表面を研削及び研磨などにより加工し、好ましくは鏡面にする。シリコン部材38の表面を、弗酸と硝酸の混合液などによりエッチングしてもよい。混合液としてはJIS規格H0609に規定の化学研磨液（弗酸（49%）：硝酸（70%）：酢酸（100%）＝3：5：3）などを用いることができる。

[0020] 続いて、3個のシリコン部材38をリング状に並べる。シリコン部材38の突き合わせ面37同士の間は、隙間が生じないようにする。次いで当該シリコン部材38の表面に、合金形成金属箔を配置する。合金形成金属箔の厚みは、融解させるためのエネルギーが少なくて済む点では薄い方がよい。合金形成金属箔は、接合強度を得るために0.1～100 μm であることが好ましく、0.5～20 μm であることがより好ましい。合金形成金属箔は、上記下限値より薄いと接合面に合金形成金属箔を載せる際に破損し易い。合金形成金属箔は、上記上限値より厚いと、シリコンとの接合が十分ではない部分が生じやすい。続いて、合金形成金属箔上に、別の3個のシリコン部材38を置く。別のシリコン部材38は、先に配置されたシリコン部材38に対し、長手方向の長さの半分だけずらして配置する。上記のようにして、先に配置されたシリコン部材38上に、合金形成金属箔を介して、別のシリコン部材38が積まれた状態となる。

[0021] 次に、別のシリコン部材38側から加熱して、シリコンと合金形成金属を含む融解物を生成する。加熱方法は特に限定されず、抵抗加熱、光加熱等により行うことができる。加熱部位を容易に移動でき、かつ供給する電力に応じて加熱量を変化させることが容易である点で、光加熱が好ましく、例えば

各種ランプ、レーザーが使用される。

- [0022] 本実施形態の場合、図5に示す装置を用いることができる。本図に示す装置は、少なくとも一つの、ランプ48及び当該ランプ48が出射する光を集光する集光部50を備える。ランプ48としては、赤外線結晶成長装置に一般的に用いられるキセノンランプやハロゲンランプを用いることができる。出力としては1～30kW程度のものが好ましい。
- [0023] 加熱は、別のシリコン部材38の上側から行う。上側であればよく、別のシリコン部材38に対して垂直方向上側には限られず、斜め上側からであってもよい。加熱により先ず合金形成金属箔が融解し金属融解物が生成する。次いで、該金属融解物に接しているシリコン部材38の接合面がこの金属融解物に侵され、シリコンを含む融解物が生成される。加熱を止めて温度が低下すると、該融解物が共晶を含む合金相を形成しながら凝固し、接合が完成するものと考えられる。例えば、Al箔を用いた場合、800℃程度までの加熱で十分にシリコン部材38同士を接合することができる。
- [0024] 集光領域は、通常直径10～30mm程度である。集光領域は、該ランプの発光位置を楕円ミラーの焦点からずらすことにより、30～100mm程度に広がる。集光領域が広がることにより、加熱範囲をひろげることができる。該集光領域を金属箔及びシリコン部材38の表面全体に亘って走査させて加熱するのが好ましい。
- [0025] 次に、シリコンと合金形成金属とを含む融解物を冷却し固化させることにより、共晶合金を含む接合部40を生成する。以上により、シリコン部材38同士を接合し、電極用リング32を製造することができる。
- [0026] 合金形成金属がAlの場合、約577℃まで冷却すると、Al-シリコン共晶物(12.2原子%Al)を含む接合部40が生成する。冷却速度は、使用する合金形成金属に応じて異なるが、Alを使用する場合には10～100℃/分となるように制御することが好ましい。冷却速度が前記下限値未満では冷却時間が長くなり、効率が悪い。冷却速度が前記上限値より大きいと接合部40中に歪が残る傾向がある。冷却速度は、合金形成金属箔の融解

が完了した後、加熱手段の出力を徐々に低下させて、接合部40の温度が共晶物の融解温度より低くなったと推測されたときに加熱を停止することによって制御することができる。このような加熱温度の制御は、例えば実際に貼り合わせるシリコン部材38と同様な形状の熱電対をシリコン部材38同士の間を設置し、あらかじめ加熱手段のパワーと温度の関係を測定しておき、該測定結果に基づき行うことができる。

[0027] 上記の加熱による融解物の生成、冷却による共晶合金を含む接合部40の生成は、合金形成金属及びシリコンの酸化を防ぐために10～200torr（約1333～26664Pa）のアルゴン雰囲気チャンバー内で行うことが好ましい。アルゴンガスを使用せずに、減圧することによって酸化を防ぐこともできるが、減圧にするとシリコンの蒸発が起き、チャンバー内が汚染される場合があるので好ましくない。また窒素ガスによっても酸化を防ぐことはできるが、1200℃以上でシリコンの窒化が起こるため、好ましくない。

[0028] シリコン部材同士の突き合わせ面37の間は、突き合わせ面37近傍のシリコンを加熱して熔融し、塞ぐことが好ましい。突き合わせ面37の間を、シリコンを融着して塞ぐことにより、共晶合金が露出することを防ぐことができる。

[0029] 上記のようにして得られた電極用リング32は、機械加工により内側の全周に渡って凹部19を形成することにより、フォーカスリング18となり得る。

[0030] 電極用リング32は、フォーカスリング18の外径より小さいウエハ用シリコン結晶インゴットから切り出した3個以上のシリコン部材38を組み合わせて製造することができる。したがって電極用リング32は、フォーカスリング18の外径より大きいウエハ用シリコン結晶インゴットを用いる必要がないので、その分コストを低減することができる。

[0031] （変形例）

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内

で適宜変更することが可能である。

[0032] 上記実施形態の場合、電極用リング 3 2 は、同軸上に重ねられた第 1 リング体 3 4 と第 2 リング体 3 6 とを備える場合について説明したが、本発明はこれに限らない。例えば、電極用リングは、第 1 リング体のみを備えることとしてもよい。この場合、図 6 に示すように、シリコン部材 5 2, 5 4 同士突き合わせ面 5 5 は、連続した二つの直角の曲がりを有するのが好ましい。突き合わせ面 5 5 は、二つの曲りを有することで、接合部 5 6 の面積が増加するので、曲りを有しない場合に比べ、接合強度を向上することができる。

[0033] 図 7 に示すように、電極用リング 5 8 は、図 2 に示す電極用リング 3 2 の内周面にさらに、3 個以上の円弧状シリコン内周部材 6 0 を備えることとしてもよい。本図の場合、電極用リング 5 8 は、円周方向に 3 個、軸方向に 2 個重ねた合計 6 個のシリコン内周部材 6 0 を備えることにより、より内径が小さいフォーカスリング 1 8 を容易に形成し得る。

[0034] 図 8 に示すように、電極用リング 6 2 は、図 2 に示す電極用リング 3 2 の外周面にさらに、3 個以上の円弧状シリコン外周部材 6 4 を備えることとしてもよい。本図の場合、電極用リング 6 2 は、円周方向に 3 個、軸方向に 2 個重ねた合計 6 個のシリコン外周部材 6 4 を備えることにより、より外径が大きいフォーカスリング 1 8 を容易に形成し得る。

[0035] 上記実施形態の場合、合金形成金属箔を用いてシリコン部材 3 8 同士を接合する場合について説明したが、本発明はこれに限らない。合金形成金属の粉体又は粒子を用いてもシリコン部材 3 8 同士を接合することは可能であると考えられる。低融点金属である G a の場合、シリコン部材 3 8 の表面に直接塗布した膜を用いてもよい。

[0036] 突き合わせ面 3 7 の間は、隙間ができないように並べ、接合面において接合部を形成後、シリコンを融着して塞ぐ場合について説明したが、本発明はこれに限らない。例えば、突き合わせ面に、合金形成金属箔を配置し、突き合わせ面の間にも接合部を形成してもよい。突き合わせ面 3 7 に沿って垂直

方向に配置された合金形成金属箔は、垂直方向から約30度程度傾いた斜め上から加熱することで、溶融し、接合部になり得る。

[0037] 上記実施形態の場合、接合部40は、合金形成金属を含む場合について説明したが、本発明はこれに限らず、酸化ホウ素を含むこととしてもよい。接合部40が酸化ホウ素を含む場合の電極用リングの製造方法について以下、説明する。

[0038] まず、上記実施形態と同様に表面処理をした3個のシリコン部材をリング状に並べる。次いで、当該シリコン部材を第1の温度（180～280℃）に加熱し、シリコン部材の接合面の少なくとも一部に、粒子状のホウ酸（ $\text{B}(\text{OH})_3$ ）からなる出発原料を供給する。シリコン部材は、一般的な電気抵抗ヒーターを用いた加熱手段により加熱することができる。接合面の温度が180～280℃であるので、この接合面上ではホウ酸の脱水反応が生じる。水は、10～60秒程度でホウ酸から脱離し、メタホウ酸（ HBO_2 ）を生じる。脱離した水にメタホウ酸が溶解し、流動性に富む液体状物になる。

[0039] シリコン部材の温度が低すぎる場合には、ホウ酸から水を脱離させてメタホウ酸を得ることができない。一方、シリコン部材の温度が高すぎると、ホウ酸から水が急激に脱離する。それによって、シリコン部材の接合面に供給されたホウ酸が飛び散ったり、固化したメタホウ酸が直ちに生じてしまう。第1の温度が180～280℃であれば、より確実にメタホウ酸を得ることができる。第1の温度は、200～240℃が好ましい。

[0040] 粒子状のホウ酸からなる出発原料としては、直径0.1～2mmの顆粒状の市販品を、そのまま用いることができる。直径が0.1～2mmのホウ酸からなる出発原料を、第1の温度に加熱されたシリコン部材の表面に供給することによって、後述するようなメタホウ酸を含む層を形成することができる。ホウ酸は、シリコン部材の表面の一部に少量ずつ供給することが好ましい。

[0041] ホウ酸から水が脱離して生じた液体状物をヘラで延ばすことによって、メタホウ酸を含む層が得られる。上述したようにシリコン部材の接合面に、出

発原料としてのホウ酸を少量ずつ供給し、生じた液体状物をその都度延ばすことによって、均一なメタホウ酸を含む層を接合面に形成することができる。ヘラとしては、ウエハを切断して得られたものを用いることで、メタホウ酸を含む層への不純物の混入は避けられる。

- [0042] メタホウ酸を含む層の厚さは、1 mm以下であることが好ましく、0.1～0.5 mmがより好ましい。メタホウ酸を含む層の厚さが薄いほど、後の工程で加熱された際に、脱水反応による泡の発生を抑制することができる。メタホウ酸を含む層の厚さは、供給する出発原料としてのホウ酸の量を制御して、調整することができる。
- [0043] 接合面にメタホウ酸を含む層が形成されたシリコン部材を加熱して、第2の温度（500～700℃）に昇温する。その結果、メタホウ酸から水がさらに脱離して、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）を含む溶融物が得られる。第2の温度が高すぎる場合には、後の工程で冷却した際に、酸化ホウ素とシリコンとの熱膨張係数の違いによって、シリコン部材に割れが生じるおそれがある。第2の温度が500～700℃であれば、より確実に酸化ホウ素を含む溶融物を得ることができる。第2の温度は、550～600℃が好ましい。
- [0044] シリコン部材の接合領域に生じた酸化ホウ素を含む溶融物の上に、表面処理をした別のシリコン部材を圧着する。圧着の際の圧力は特に限定されず、適宜設定することができる。シリコン部材の幅が30 mm程度の場合には、断熱材を挟んで手で押し付けて、シリコン部材と別のシリコン部材とを接合することができる。
- [0045] 酸化ホウ素の溶融物を固化させることで、シリコン部材と別のシリコン部材とが酸化ホウ素の層によって接合される。溶融物は、例えば室温で放置することで、固化する。以上のようにして接合部を生成することにより、電極用リングを製造することができる。
- [0046] メタホウ酸を含む層を、シリコン部材の接合面の全域ではなく、接合面の外縁に沿って枠状に形成してもよい。枠状のメタホウ酸を含む層の幅は、5～10 mmとすることができる。枠状のメタホウ酸を含む層の内側の領域に

は、合金形成金属箔を配置する。合金形成金属箔を内側の領域に配置する前に、棒状のメタホウ酸を含む層を冷却して、表面を研磨して厚さを低減してもよい。シリコン部材の接合面に棒状のメタホウ酸を含む層を形成し、合金形成金属箔を配置した後、別のシリコン部材を配置して、共晶温度以上700℃以下に加熱する。加熱によって合金形成金属がシリコンと共晶を形成することで、シリコン部材同士を、よりいっそう強固に接合することができる。ここで形成された共晶合金は、棒状の酸化ホウ素の層で囲まれることになるので、金属が拡散して汚染源となるおそれも小さい。

[0047] 電極用リングは、シリコン部材同士の間接合面を選択的に加熱し、接合面近傍のシリコンを溶融して、シリコン部材同士を融着することにより、製造してもよい。

符号の説明

- [0048] 32 電極用リング
34 第1リング体
36 第2リング体
37 突き合わせ面
38 シリコン部材
40 接合部
52, 54 シリコン部材
55 突き合わせ面
56 接合部
58 電極用リング
60 シリコン内周部材
62 電極用リング
64 シリコン外周部材