

プラズマダイシング・再生ウエハ表面除去加工及び水晶振動子製造用プラズマエッチング装置に関する

特許事例紹介

- (1) 特許3849444(松下電器産業)／水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法
- (2) 特許4827083(東京エレクトロン)／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法
- (3) 特開2012-222270(アルバック)／エッチング装置及びエッチング方法
- (4) 特許5103025(九州電通)／シリコンウエハの表面層の除去方法

平成30年3月18日

APT代表

村田正義

(出典)2016年10月19日 13時00分 公開

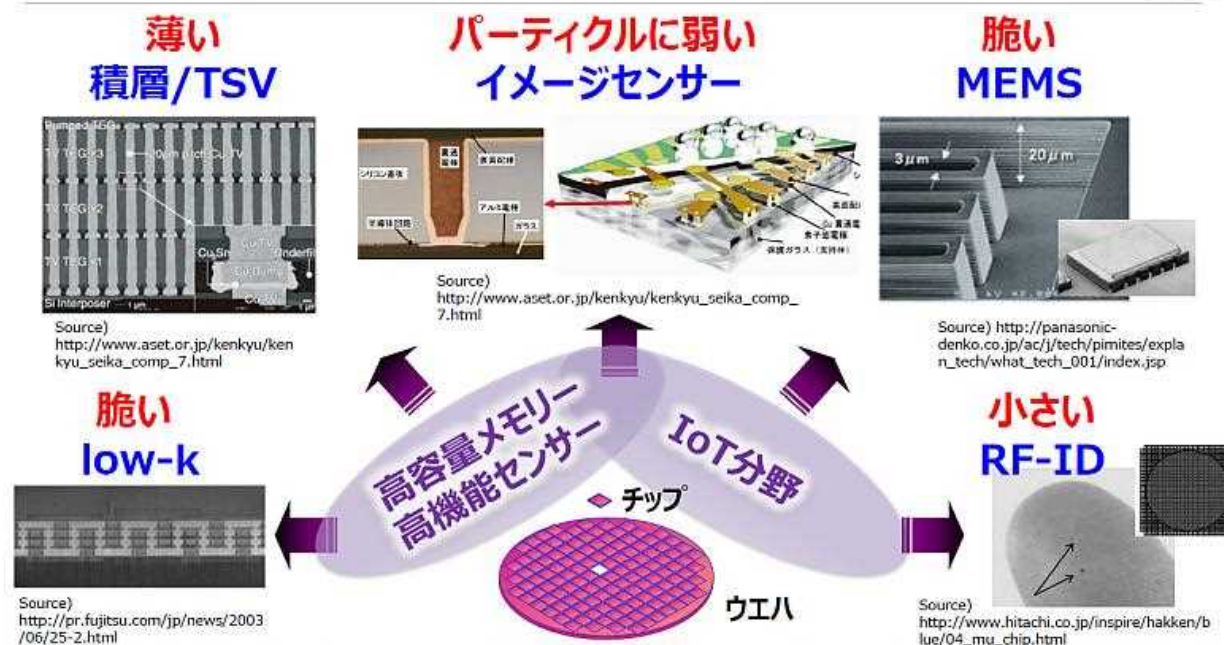
FAニュース:

IoTデバイスに最適なプラズマダイシング、パナソニックが実証センターを開設 (1/3)

半導体製品は薄く、
脆く、小さくなっている

半導体チップの変化

6/18



IC・電子部品の高機能・小型化で、チップは“薄く・脆く・小さく”

(出典)2016年10月19日 13時00分 公開

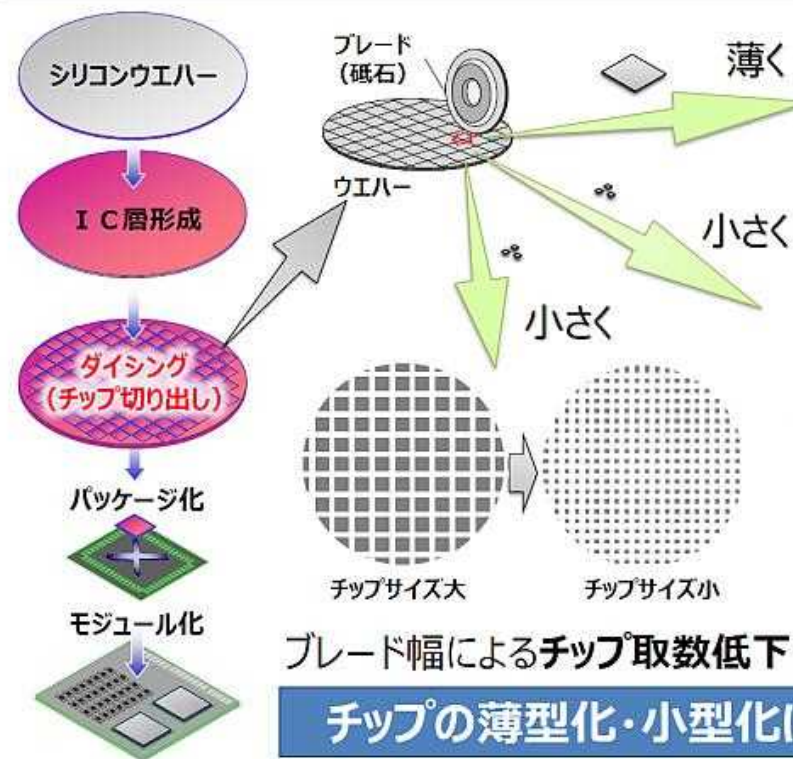
FAニュース:

IoTデバイスに最適なプラズマダイシング、パナソニックが実証センターを開設 (1/3)

これらの半導体製品を加工する際に、既存のブレードダイシングやレーザーダイシングにはさまざまな課題がある

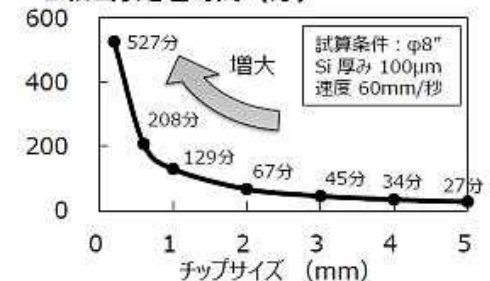
従来のブレード・レーザー工法の課題

7/18



チップングの発生

1枚当たり処理時間(分)



処理時間の急増

チップの薄型化・小型化に伴い、課題が顕在化

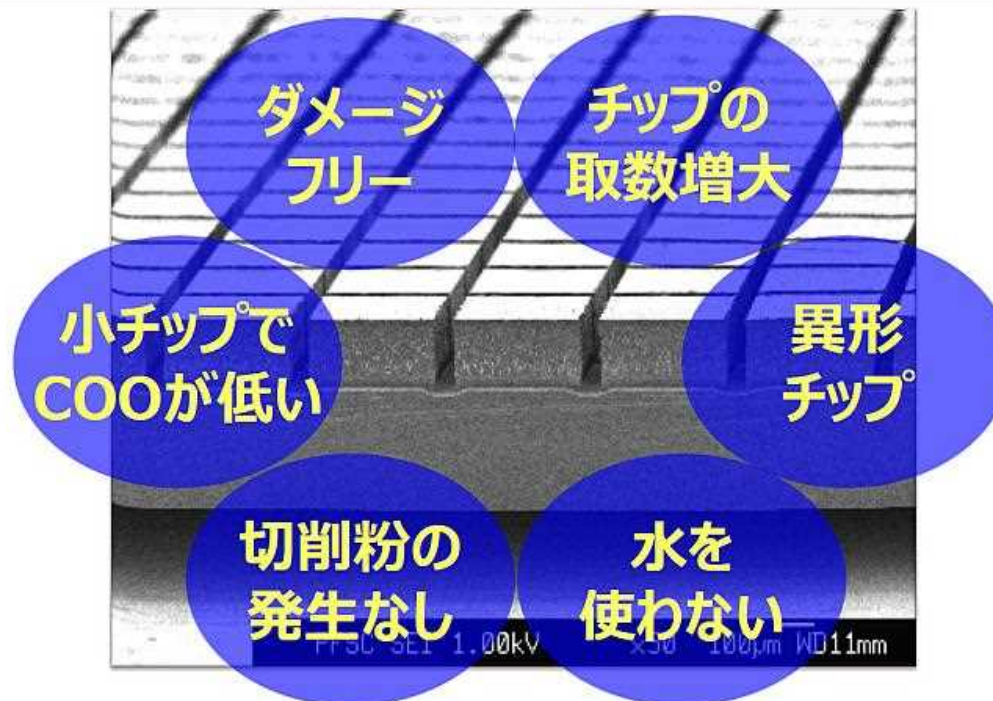
(出典)2016年10月19日 13時00分 公開

FAニュース:

IoTデバイスに最適なプラズマダイシング、パナソニックが実証センターを開設 (1/3)

プラズマダイシング 6つの利点

9/18



(出典)2016年10月19日 13時00分 公開

FAニュース:

IoTデバイスに最適なプラズマダイシング、パナソニックが実証センターを開設 (1/3)

プラズマダイシングの利点

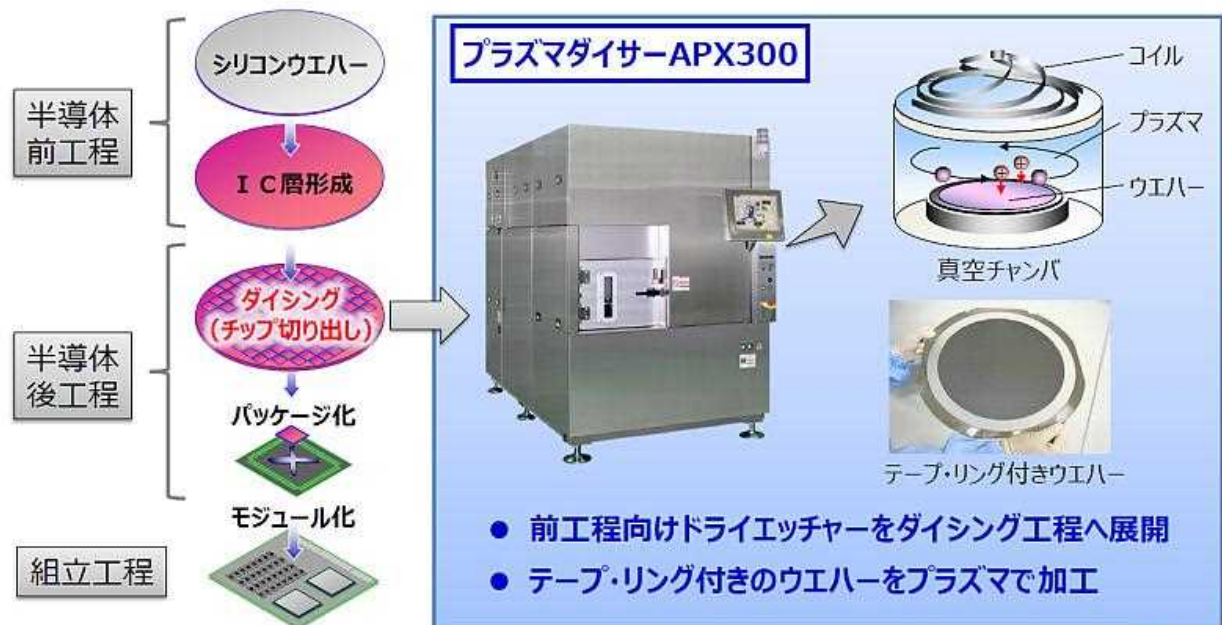
(1)ダイシング幅:ブレードダイシング60 μ mに対して、プラズマダイシングは20 μ m、と狭い

(2)ブレードダイシングは、ダイサイズが小さい場合、1枚のウェハー処理に数時間かかるが、プラズマダイシング単体の工程であれば5分、前後の工程を含めての数十分で完了する

PFSC製 プラズマダイサー APX300

5/18

プラズマ技術でダイシング工程を変革する



(出典)2016年10月19日 13時00分 公開

FAニュース:

IoTデバイスに最適なプラズマダイシング、パナソニックが実証センターを開設 (1/3)

プラズマダイシングの利点

(3) ブレードダイシングに付きものの切削粉が発生しない

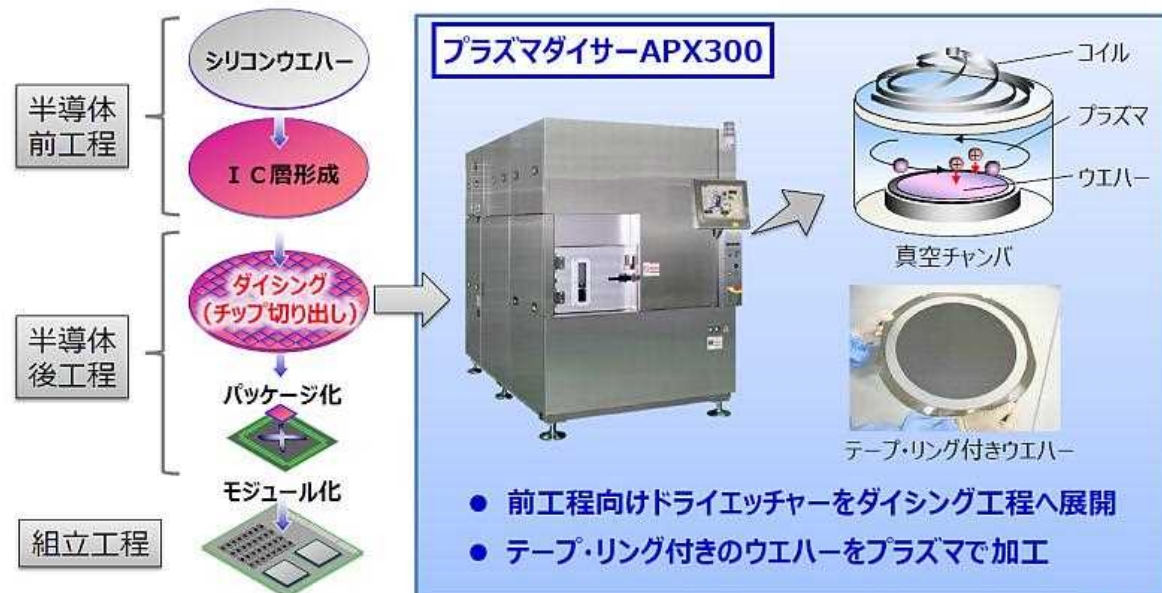
(4) ブレードダイシングではダイの切断面にチッピングと呼ばれる小さな割れ目が発生する。レーザーダイシングでも切断面にひずみが残ってしまう。

プラズマダイシングはチッピングが発生せず、切断面のひずみも極めて小さいため、チップ強度を格段に高められる

PFSC製 プラズマダイサー APX300

5/18

プラズマ技術でダイシング工程を変革する



© Panasonic Factory Solutions Co., Ltd. 2016



(出典)2016年10月19日 13時00分 公開

FAニュース:

IoTデバイスに最適なプラズマダイシング、パナソニックが実証センターを開設 (1/3)

プラズマダイシングの課題

プラズマダイシングでは、半導体の前工程で回路形成を行う際に用いるフォトリソグラフィと同様の処理が必要になる。

プラズマを使ってダイシングを行う前に、フォトレジストを塗布してから露光／現像する必要がある。

もちろん、数～数十nmの精度に達する半導体前工程の回路形成とは異なり、 μm 単位の加工精度でいいので、

それほど高価ではないが、やはりコストはかかる。

PFSC製 プラズマダイサー APX300

5/18



APX300の特徴

- (1) プラズマ源＝ICPプラズマ
- (2) プロセスガス＝塩素ガス、フッ素ガス、Ar、O₂、Heなど
- (3) ウエハサイズ＝標準8インチ

水晶デバイスの小型化

携帯電話機が世の中に登場した1980年代、「ショルダーフォン」が話題になりました。

その名の通り、肩に掛ける携帯電話機です。

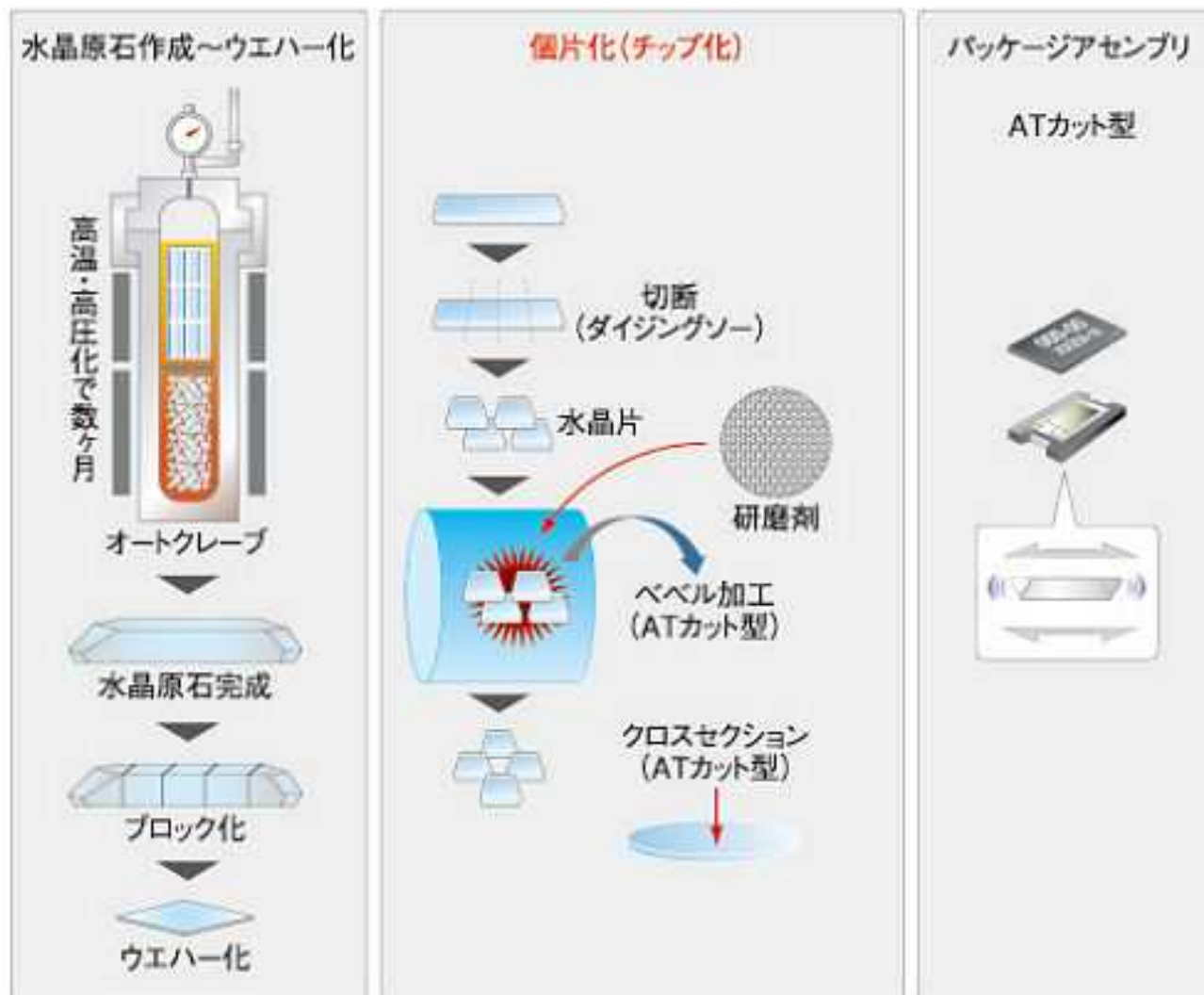
このショルダーフォンに搭載していた

「温度補償型水晶発振器（TCXO）」と呼ぶタイミングデバイスは、4.0ccほどの体積でした。



(出典) EE Times Japan / 2011年01月28日 00時00分 公開

水晶振動子の一般的な製造工程

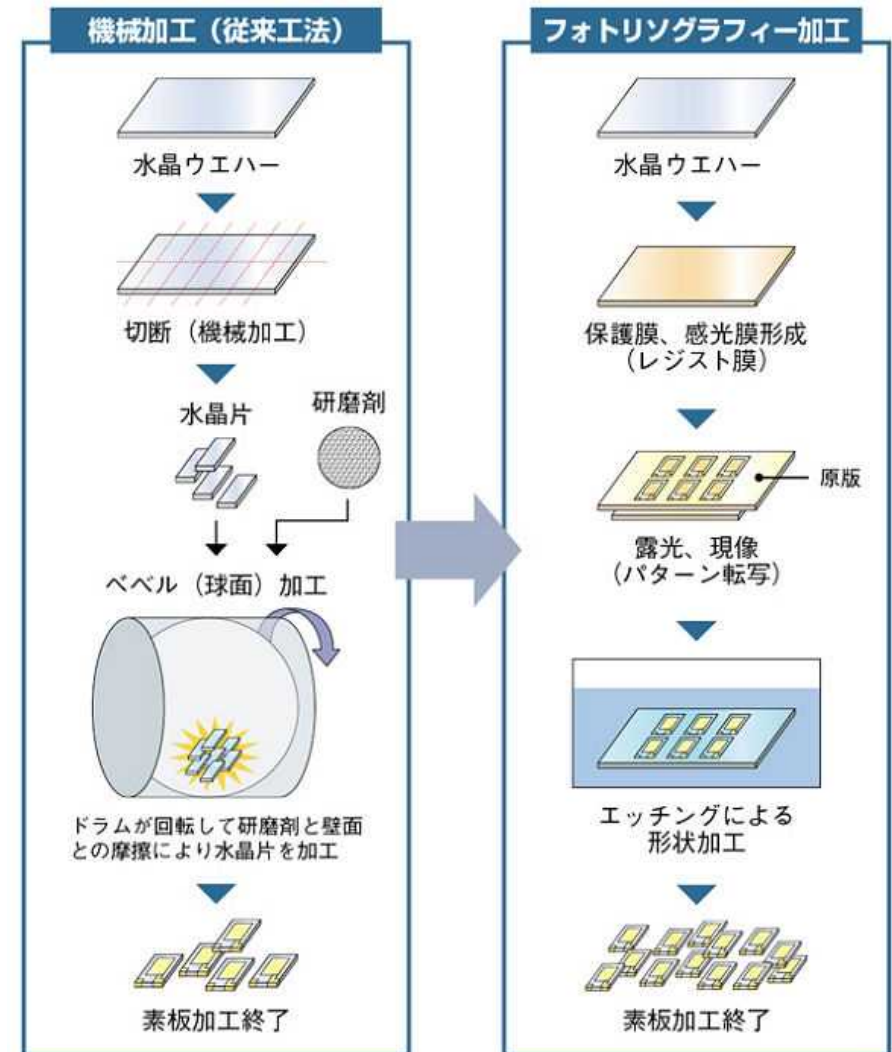


(出典)EE Times Japan／2011年01月28日 00時00分 公開

水晶振動子の形成に フォトリソグラフィ技術を活用

従来の機械加工の工程と、
フォトリソグラフィ技術を使った製造工
程を比較しました。

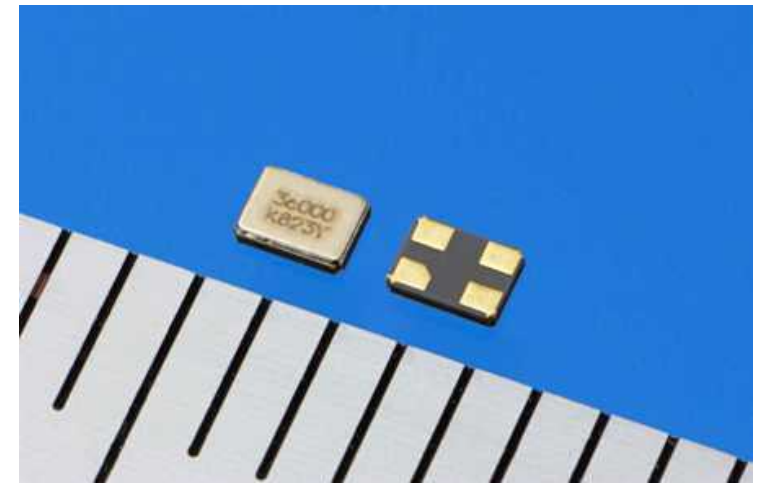
フォトリソグラフィ技術を水晶の加工に
利用することで、水晶素子や電極の加
工精度が飛躍的に向上します



(出典)EE Times Japan／2011年01月28日 00時00分 公開

(出典)ニュースリリース／2011年12月16日
京セラ株式会社
京セラキンセキ株式会社

- ・ フトリソ加工による小型ATカット水晶振動子の開発に成功
- ・ CI値60 Ω の実現により発振時の抵抗を25%改善、設計試作期間を1/2以下に短縮



メサ形状:メサ (Mesa)とは、
差別侵食によって形成されたテーブル状の台地のこと。

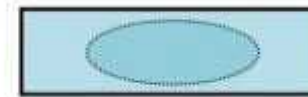
この言葉にちなみ、エッチングなどで断面を凸形に

加工したものをメサ形状と呼ぶ。

高Q値:振動のしやすさを示すQ値 (Quality factor)が高いことで、材料特性が非常に安定していることを示す。

京セラキンセキ独自の楕円・メサ形状

上・下面:楕円形状



側面 (断面):メサ形状



特許3849444(松下電器産業)／水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法 出願日:2001.4.5

【発明の属する技術分野】

本発明は、水晶振動子に用いられる水晶板をプラズマエッチングにより薄化加工する水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法に関するものである。

【従来の技術】

水晶振動子に用いられる水晶板の製造工程では、水晶板素材を板状に薄化して発振周波数に対応した所定厚みの水晶板に加工することが行われる。従来この薄化加工には機械的な研削加工が用いられており、この研削加工により水晶素材を50 μ m程度の厚みの水晶板に加工していた。

特許3849444(松下電器産業)／水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法 出願日:2001.4.5

【発明が解決しようとする課題】

ところが、近年水晶振動子の発振周波数は従来よりも高い周波数帯域が望まれるようになっており、これに伴って水晶板をさらに薄く、

例えば15 μ m程度までの厚みに加工することが求められている。

しかしながら、従来の水晶板の製造方法では、強度的に脆弱な水晶板を効率よくしかも安定して加工する技術は確立されておらず、水晶板をこのような厚みまで正確に高歩留まりで加工可能な水晶板の製造方法が求められていた。

そこで本発明は、水晶板を効率よく極薄に加工することができる水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法を提供することを目的とする

特許3849444(松下電器産業)／水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法 出願日:2001.4.5

【請求項1】水晶板をプラズマエッチングにより薄化する水晶板のプラズマエッチング装置であって、前記水晶板を収容してプラズマエッチング処理を行う処理室と、この処理室内に配置され前記水晶板を1個ずつ保持する凹部が複数設けられた載置部と、前記処理室内でプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記処理室内にプラズマ発生用のガスを供給するガス供給手段と、前記載置部の温度を調節する温度調節手段と、前記凹部の上面に装着されるマスク部材とを備え、

前記マスク部材には前記凹部に対応した開口部が設けられており、この開口部の大きさは前記水晶板の大きさよりも小さいことを特徴とする水晶板のプラズマエッチング装置。

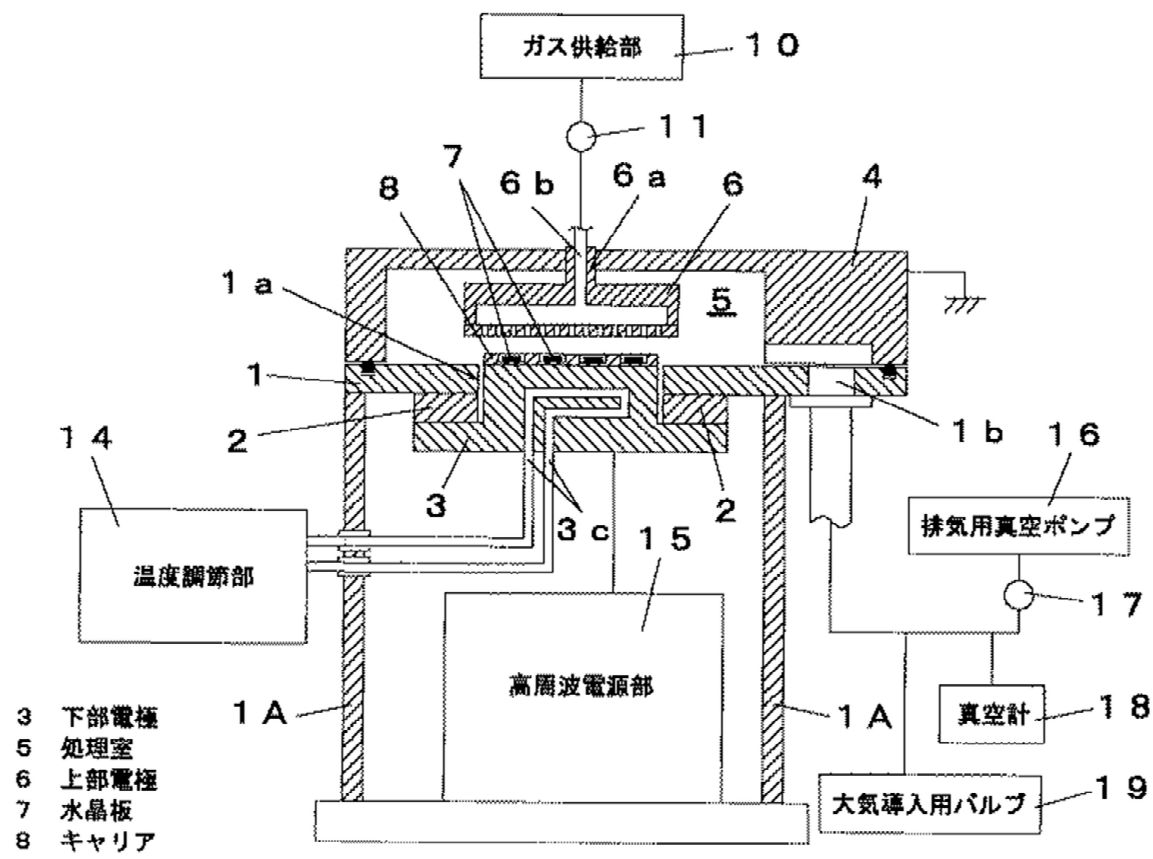
【請求項2】前記載置部は、前記平行平板電極上に載置され水晶板を保持する凹部が複数設けられた保持部材であることを特徴とする請求項1記載の水晶板のプラズマエッチング装置。

【請求項3】前記凹部は前記平行平板電極の一方の電極に設けられ、この平行平板電極が前記載置部を兼ねることを特徴とする請求項1記載の水晶板のプラズマエッチング装置。

特許3849444(松下電器産業)／水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法 出願日：2001.4.5

上部電極6と下部電極3は平行平板電極を構成している。

下部電極3の上面には、エッチング対象の水晶板7を保持する保持部材であるキャリア8が載置されている。



特許3849444(松下電器産業)／水晶板のプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法 出願日:2001.4.5

図5(a)、(b)に示すように、

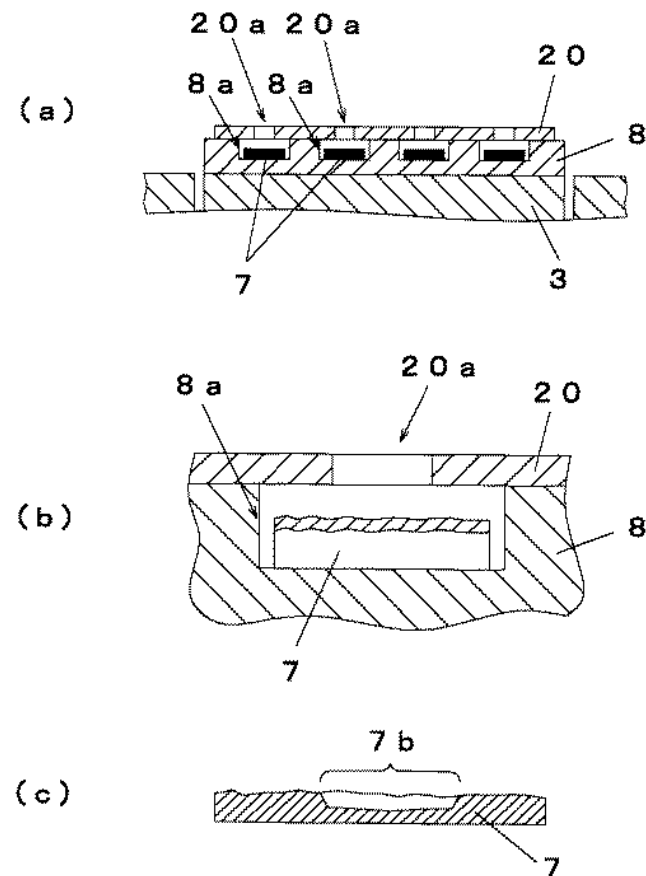
水晶板7を保持するキャリア8の凹部8aの上面にマスク部材20を装着した状態でプラズマエッチングを行うようにしてもよい。

マスク部材20には

各凹部8aに対応して開口部20aが設けられており、

プラズマエッチングはこれらの開口部20aを介して行われる。

図5(a)、(b)に示すように、開口部20aの大きさは水晶板7の大きさよりも小さい。



20 マスク部材

特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1（特開平8－335568号公報（例えば、図2））、特許文献2（特開平10－60673号公報（例えば、図1））では、シールドリングの突出部やシャワーヘッドのシャッター装置が提案されているが、

レジストをマスクとして用いるシリコンエッチングにおいて、エッチングレートの均一性を図ることや、エッチング形状をテーパー状に制御することについては一切考慮が払われていない。

●本発明の目的は、レジストをマスクとしてシリコンエッチングを行なう際に、エッチングレートの面内均一性を確保しつつエッチング形状を制御することである

特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

【請求項1】

被処理体に対しプラズマエッチング処理を行なうための減圧排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、前記載置台に対向配備され、前記処理室内にプラズマを生成するための処理ガスを導入するシャワーヘッドと、前記シャワーヘッドの下面において、前記載置台へ向けて環状に突設された環状凸部と、前記シャワーヘッドの下面の前記環状凸部の内側中央部において、被処理体の面積よりも小さな面積の領域内に分布して配設された複数のガス吐出孔と、を備え、

前記環状凸部の外径は、被処理体の直径 L に対して $1.1L \sim 1.5L$ であり、前記環状凸部の内径は、被処理体の直径 L よりも大きく、前記環状凸部の高さは、前記載置台から前記シャワーヘッドまでの距離に対して、 0.4 倍 ~ 0.8 倍であり、前記ガス吐出孔は、被処理体の直径 L に対し、 $0.3L \times 0.3L \sim 0.7L \times 0.7L$ の面積を持つ四角形の領域内に形成されている、プラズマエッチング装置。

特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

【請求項2】前記載置台を下部電極とし、前記シャワーヘッドを上部電極として一対の対向電極を構成した、請求項1に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項3】

前記載置台にフォーカスリングが配備される場合、前記環状凸部の外径が、前記フォーカスリングの外径よりも小さい、請求項1または請求項2に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項4】前記被処理体の温度が、 $-15\sim 30^{\circ}\text{C}$ に調整されることを特徴とする請求項1～請求項3に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項5】前記プラズマエッチング装置は、マグネトロンRIEプラズマエッチング装置であることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のプラズマエッチング装置。

特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

【請求項6】シリコンを主成分とする被エッチング層と、該被エッチング層よりも上層に形成され、予めパターニングされたレジスト層と、を有する被処理体に対して、SF₆とO₂を含む処理ガスから生成されるプラズマを作用させて、前記レジストをマスクとして被エッチング層をプラズマエッチング処理する、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載のプラズマエッチング装置。

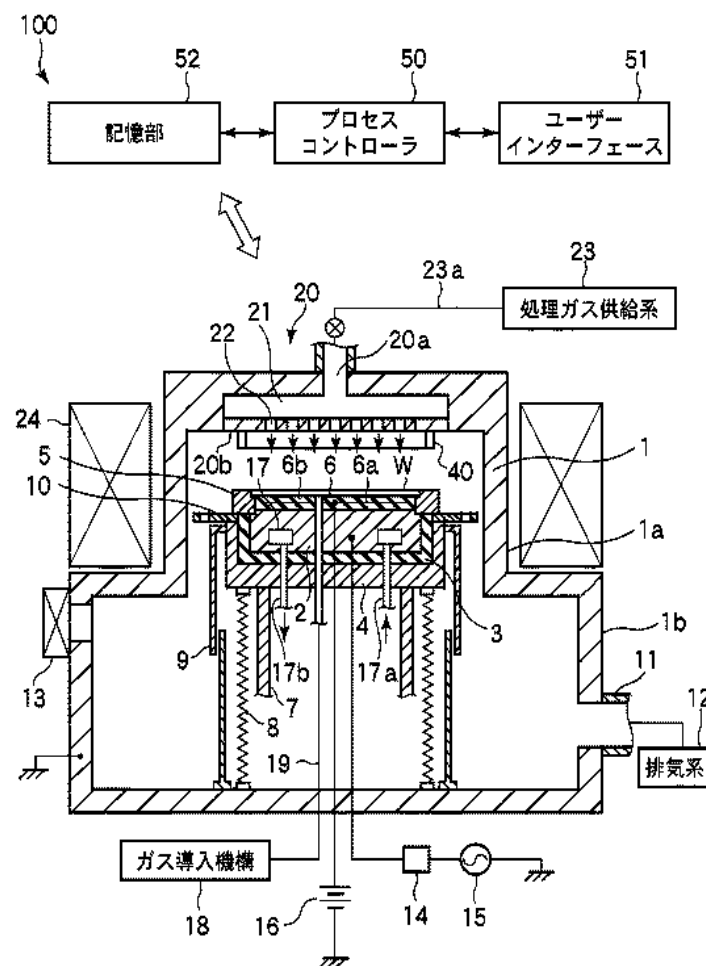
【請求項7】請求項1から請求項5のいずれか1項に記載されたプラズマエッチング装置を用い、シリコンを主成分とする被エッチング層と、該被エッチング層よりも上層に形成され、予めパターニングされたレジスト層と、を有する被処理体に対して、SF₆とO₂を含む処理ガスから生成されるプラズマを作用させて、前記レジストをマスクとして被エッチング層をプラズマエッチング処理する、プラズマエッチング方法。

【請求項8】前記被エッチング層は、シリコン基板またはシリコン層である、請求項7に記載のプラズマエッチング方法。

特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

本発明の第1実施形態に係るマグネトロンRIEプラズマエッチング装置100を示す断面図である。

このプラズマエッチング装置100は、気密に構成され、小径の上部1aと大径の下部1bとからなる段つき円筒状をなし、壁部が例えばアルミニウム製のチャンバー（処理容器）1を有している。

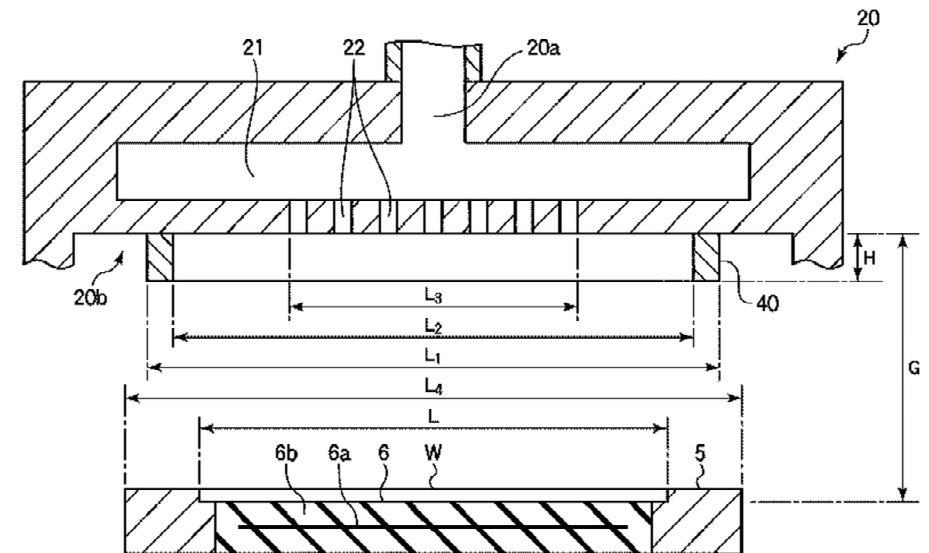


特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

シャワーヘッド20の下面に環状凸部40を設けることにより、

シャワーヘッド20のガス吐出孔22から吐出されるガス流れのコンダクタンスを低下させ、

環状凸部40で囲まれた空間内の圧力分布を均一にできる。その結果、環状凸部40で囲まれた空間内の特に凸部近傍で、プラズマ密度および堆積物の元となるシリコン反応生成物の量を制御することでエッチングホール内の側壁保護膜の量をコントロールし、シリコンのエッチング形状を順テーパー状に制御することが可能になる。

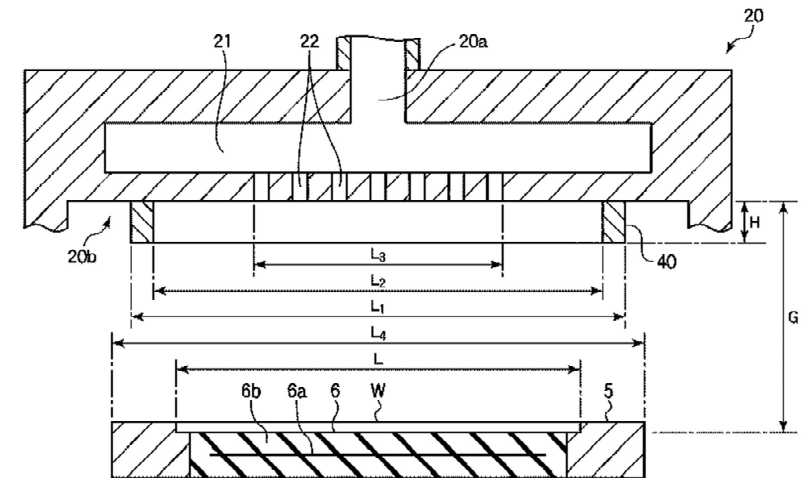


特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

環状凸部40の突出量（高さ；H）は、上下の電極間距離（ギャップ）G、すなわち支持テーブル2の上面（図1の場合は静電チャック6の上面）とシャワーヘッド20の下面20bとの距離の0.4倍以上、例えば0.4～0.8倍とすることが好ましい。

環状凸部40の突出量HがギャップGに対して0.4倍未満であると、ガス流れのコンダクタンス低下が十分に起こらず、環状凸部40で囲まれた空間の圧力を均一化させる効果が少ない。

また、突出量HがギャップGに対して0.8倍超になると、ガス流れのコンダクタンスが低下し過ぎてエッチングガス成分の解離が過剰に進み、エッチング特性が悪化するおそれがある。なお、ギャップGは、例えば25～50mmとすることが好ましい。

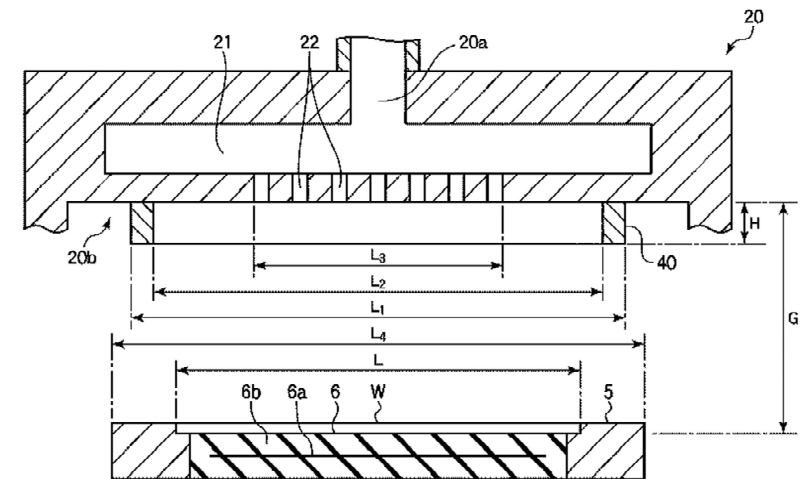


特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

また、環状凸部40の外径 L_1 は、ウェハW上方のガス流のコンダクタンスを低下させる観点から、ウェハWの直径Lに対して $1.1L \sim 1.5L$ とすることが好ましい。

また、外径 L_1 は、支持テーブル2においてウェハWを載置する水平な載置面の径より小さく設定することが好ましい。

なお、支持テーブル2にフォーカスリング5が配備される場合には、環状凸部40の外径 L_1 はフォーカスリング5の外径 L_4 よりも小さく設定することが好ましい。



特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

プラズマエッチング装置100を用いてシリコンエッチングを行なうための好適な条件は次のとおりである。

エッチングガスの流量は、 $\text{SF}_6 = 100 \sim 1000 \text{ mL} / \text{min} (\text{sccm})$ 、 $\text{O}_2 = 0 \sim 500 \text{ mL} / \text{min} (\text{sccm})$ とし、エッチング形状制御の観点から、その流量比を $\text{SF}_6 / \text{O}_2 = 3 / 1 \sim 2 / 1$ とすることが好ましい。

処理圧力は、十分なエッチングレートとマスク選択比を確保する観点から、 $10 \sim 60 \text{ Pa} (75 \text{ mTorr} \sim 450 \text{ mTorr})$ とすることが好ましい。

また、十分なエッチングレートとマスク選択比を得るために、高周波電源15の高周波の周波数は 40 MHz 以上、高周波パワーは、 $0.5 \sim 2.0 \text{ kW}$ とすることが好ましい。

特許4827083／プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法（東京エレクトロン）

エッチング条件は下記のとおりである。

レジスト：膜厚＝7 μ m

処理ガス：SF₆／O₂＝170／50mL／min(sccm)

圧力＝37.3Pa(280mTorr)

RF周波数(高周波電源15)＝40MHz

RFパワー＝840W(2.68W／cm²)

磁場＝17000 μ T(170G)

背圧(センター部／エッジ部)＝1333／4000Pa(10／30Torr;Heガス)

温度(下部電極／上部電極／チャンバ側壁)＝0℃／40℃／40℃ エッチング時間＝4分11秒

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

【請求項1】

基板を収容する真空槽と、前記基板が載置される第1の電極と、前記第1の電極に対してプラズマ生成空間を介して対向する第2の電極と、前記第1の電極に接続された高周波電源と、前記真空槽にエッチングガスを供給するガス供給部と、前記真空槽内の圧力を調整する圧力制御部とを備えるエッチング装置であって、

前記高周波電源は、前記第1の電極にVHF周波数帯の高周波電力を供給し、前記圧力制御部は、前記真空槽内を50Pa以上150Pa以下に調整し、前記第1の電極と前記第2の電極との間の電極間距離が50mm以上100mm以下であることを特徴とするエッチング装置。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

【請求項3】

真空槽内に設けられた第1の電極に基板を載置し、前記真空槽内にエッチングガスを供給しつつ前記第1の電極に高周波電力を供給することによって、前記第1の電極と該第1の電極と対向する第2の電極との間でプラズマを生成して前記基板をエッチングするエッチング方法であって、前記第1の電極に、周波数がVHF周波数帯に含まれる高周波電力を供給し、前記真空槽内を、50Pa以上150Pa以上の圧力に調整し、前記第1の電極と前記第2の電極との間の電極間距離を50mm以上100mm以下とすることを特徴とするエッチング方法。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

容量結合型のプラズマ源は、誘導結合型プラズマ源に比べ、一般的に、生成できるプラズマの密度が低いことが知られている。

このため、エッチング装置100の電極間距離Lは、プラズマ密度の向上を図るために、通常50mmよりも小さい距離に保持されている。

しかし、電極間距離Lを小さくすると、プラズマ生成空間PLにエッチングガスを導入した際、ガス供給口103から排気口105に向かう方向へのガスの流れやすさが低下し、特にプラズマ生成空間PLの中央部にガスが滞留しやすくなる。

その結果、プラズマ生成空間PL内のプラズマ密度は、基板中央部で高く、中央部から基板の径方向外側へ向かうにつれて低くなる。

このように基板Sの径方向に沿ってプラズマ密度の勾配が生じると、基板Sの中央部とエッジ部におけるエッチングレートの面内均一性が低下したり、エッチング形状の均一性に悪影響を及ぼす。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

特許文献1（特開2007－227829）では、

レジストをマスクとしてシリコンエッチングを行う際に、エッチングレートが基板中央部において高く、エッジ部において低くなるといった問題を解消するため、シャワーヘッドの直下に、シャワーヘッドを囲むような環状凸部を設けることが提案されている。この環状凸部を形成することによって、ガス供給孔から吐出されるガス流れのコンダクタンスを低下させ、基板エッジ部における圧力を高め、空間内の圧力勾配の抑制を図っている。

また、ガス供給孔をシャワーヘッドの中央部に集中して形成することにより、中央上部で生成されるエッチャントの量を低減させて、基板中央におけるエッチングレートを低下させ、面内均一性の向上を図っている。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

【発明が解決しようとする課題】

しかし、真空槽内の圧力等の条件が変わることによって、面内のエッチング特性は大きく変化する。例えば、従来構成のエッチング装置を用い、例えば50Pa以上150Pa以下といった比較的高い圧力でエッチングを実施した場合、エッチングレートは基板中央で低く、エッジ部で高くなることが発明者の実験により判っている。

これは、プラズマ生成空間PLの中央部でガスが滞留しすぎる結果、中央部でプラズマ中の電子と正イオンとの再結合等が生じ、活性種が減少する過程が進行するためと考えられる。

このため、高圧下でエッチングを実施するような場合に、従来構成のエッチング装置100に対しシャワーヘッドを囲むように環状凸部を形成すると、基板エッジ部だけでなく、基板中央部においてもガス供給口103から排気口105へ向かうガスの流れがますます低下し、基板中央部のエッチングレートをさらに低下させる要因となる。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、
その目的は、高圧下において面内均一性の向上を図るとともに、エッチングレートの低下を抑制することができるエッチング装置及びエッチング方法を提供することにある。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために、請求項1に記載の発明は、基板を収容する真空槽と、前記基板が載置される第1の電極と、前記第1の電極に対してプラズマ生成空間を介して対向する第2の電極と、前記第1の電極に接続された高周波電源と、前記真空槽にエッチングガスを供給するガス供給部と、前記真空槽内の圧力を調整する圧力制御部とを備えるエッチング装置であって、

前記高周波電源は、前記第1の電極にVHF周波数帯の高周波電力を供給し、前記排気系制御部は、前記真空槽内を50Pa以上150Pa以下に調整し、前記第1の電極と前記第2の電極との間の電極間距離が50mm以上100mm以下であることを要旨とする。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

請求項1及び3に記載の発明によれば、

真空槽内を50Pa以上150Pa以下といった高圧下にすることで、第1の電極近傍のシース内で新たに生成され、異方性エッチングに寄与する正イオンの割合が増加される。

一方、このような高圧下でプラズマを生成する場合、電極間距離が小さいと、中央部にガスが滞留し、基板の面内均一性の低下を招来する。

従って、電極間距離を、一般的な電極間距離よりも大きい50mm以上100mm以下とすることで、高圧下でもガスの滞留を抑制して面内均一性を向上しつつ、プラズマ密度の低下も抑制することができる。

このため、異方性エッチングを促進するとともに、基板の面内均一性を向上することができる。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

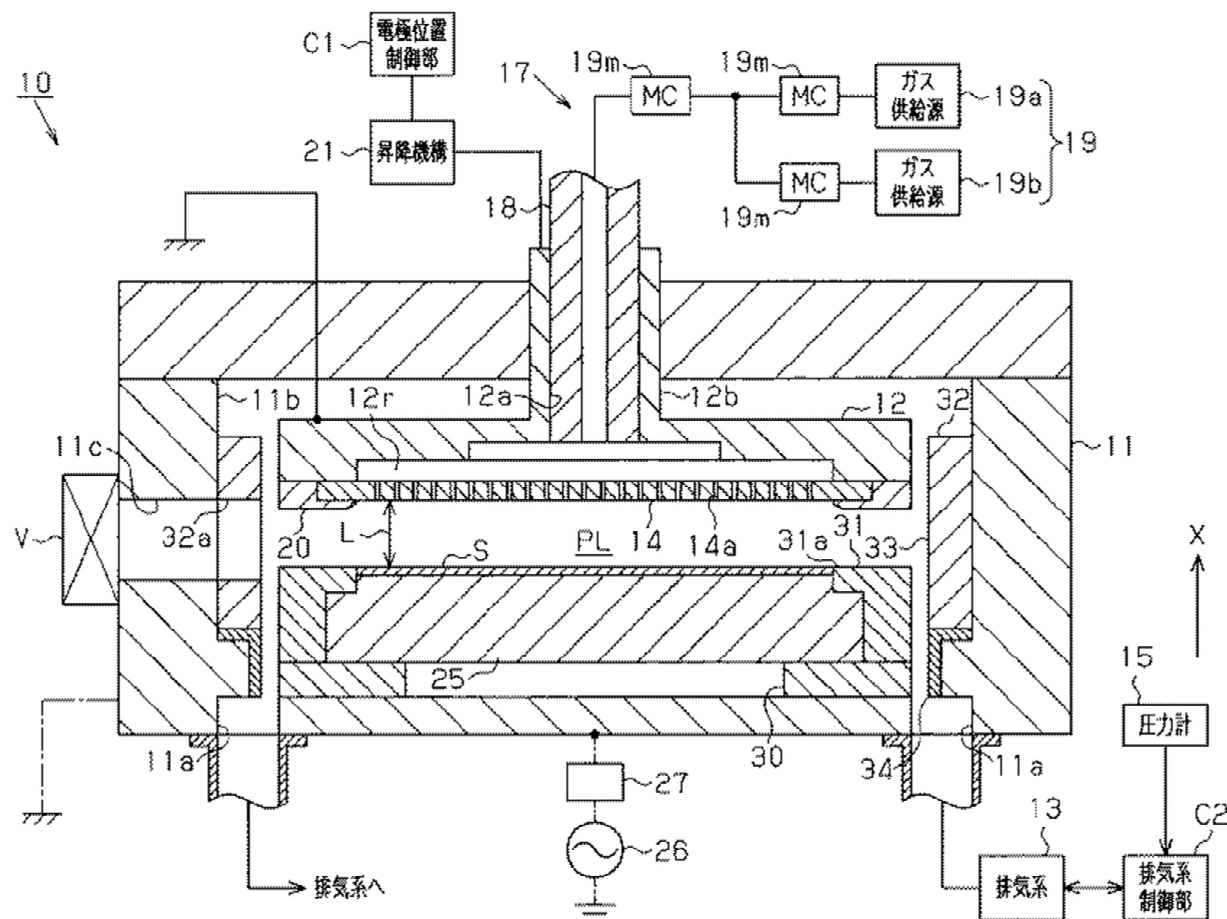
請求項4に記載の発明は、請求項3に記載のエッチング方法において、前記エッチングガスは、フッ素含有ガスと酸素ガスとの混合ガスであって、前記フッ素含有ガス及び前記酸素ガスの流量は、それぞれ50sccm以上300sccm以下及び10sccm以上300sccm以下であることを要旨とする。

請求項4に記載の発明によれば、フッ素含有ガス及び酸素ガスの流量をそれぞれ上記範囲としたので、排気速度を低下させて電極間にガスを滞留させずに、真空槽内の圧力を高めることができる。

請求項5に記載の発明は、請求項3に記載のエッチング方法において、前記エッチングガスは、フッ素含有ガスとハロゲン化ガスとの混合ガスであって、前記フッ素含有ガス及び前記ハロゲン化ガスの流量は、それぞれ50sccm以上300sccm以下及び0sccm超150sccm以下であることを要旨とする。

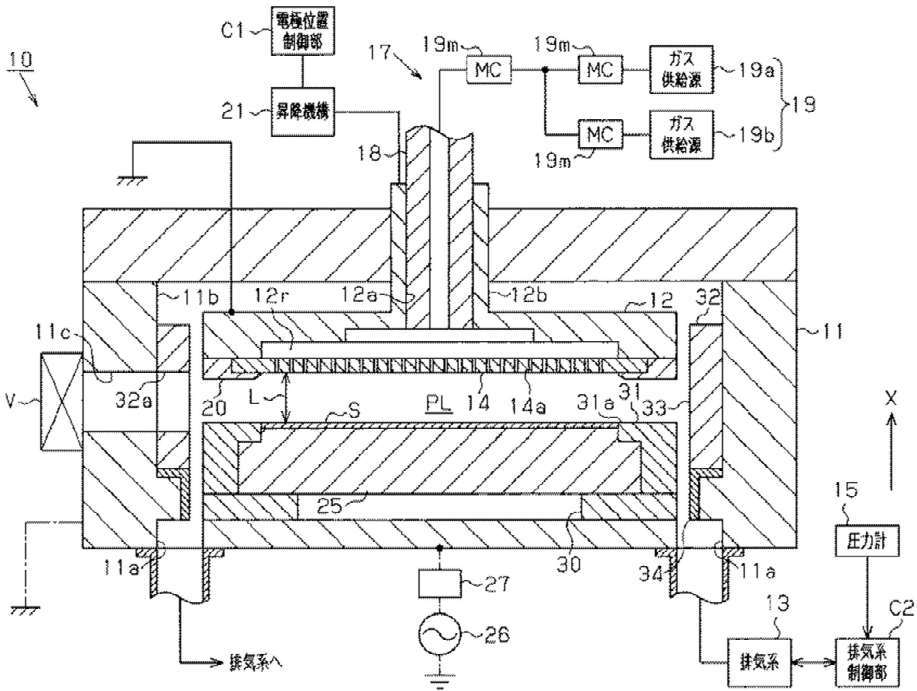
特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

エッチング装置10は、有蓋円筒状の真空槽11を有している。真空槽11は、アルミニウム等の耐蝕性を有する導電性材料から形成され、接地されている。また、真空槽11の底部には、真空槽11内の流体を排気する排気口11aが設けられ、排気口11aには、排気ポンプ等を有する排気系13が接続されている。



特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

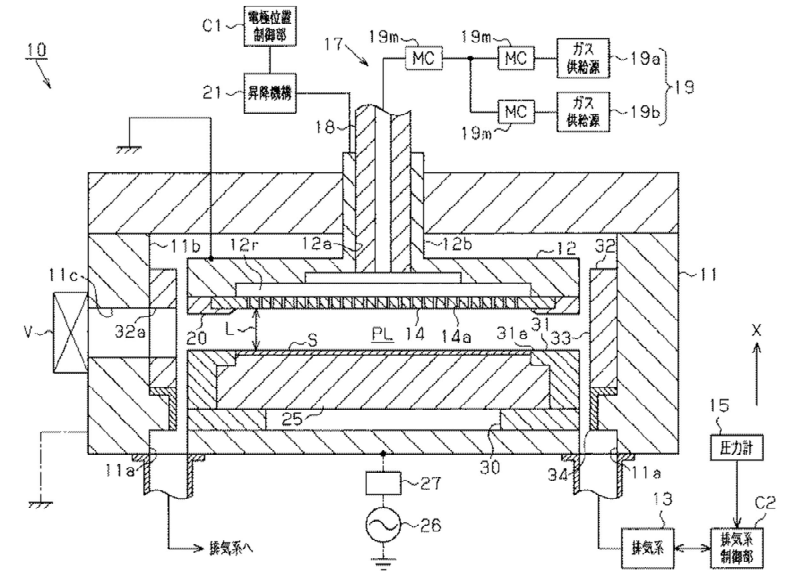
排気系13は、圧力制御プログラムが格納された圧力制御部としての排気系制御部C2に電氣的に接続されている。排気系制御部C2は、排気ポンプの駆動回路等を有するとともに、ダイヤフラムゲージ等からなる圧力計15から真空槽11内の圧力を測定した圧力検出信号を入力する。そして、圧力検出信号に基づき、エッチング装置10での各処理の開始時から終了時までにより、圧力制御プログラムに従って排気系13を駆動することにより、真空槽11内を所定圧力範囲に保持する。



特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

また、真空槽11の側壁には、真空槽11内に基板Sを搬入及び搬出するための搬入出口11cが貫通形成されている。搬入出口11cにはゲートバルブVが接続され、真空槽11内を真空圧に保持可能となっている。

真空槽11内の上部には、接地された上部電極12が配設されている。上部電極12は、その下面に、多数のガス供給孔14aが形成されたシャワープレート14を備えている。ガス供給孔14aは、シャワープレート14の一部に偏ることなく、ほぼ均等の密度で設けられている。また、上部電極12は、シャワープレート14によってその一面が囲まれたバッファ室12rを備え、このバッファ室12rには、上部電極12に形成された、ガス供給部としてのガス導入口12aが連通されている。



特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

ガス導入口12aには、ガス供給系17を構成するガス供給管18が接続されている。ガス供給系17は、ガス供給管18の他に、エッチングガスを送出するガス供給源19と、各種ガスを所定流量で真空槽11内に供給するマスフローコントローラ19mを有している。

シリコンをエッチングする場合、エッチングガスとしては、フッ素含有ガス及び酸素の混合ガス、又はフッ素含有ガス及びハロゲン化水素ガスの混合ガスを用いることができる。

フッ素含有ガスとしては、例えば、六フッ化硫黄ガス(SF_6)、フッ化炭素系ガス(C_xH_y 、 x 、 y は自然数)等を用いることができる。

また、ハロゲン化ガスは、臭素水素ガス(HBr)、塩素系ガスを用いることができる。

ガス供給源19は、これらのガスを送出する複数のガス供給源19a、19bからなり、それぞれ各ガスを充填したガスボンベやレギュレータ等を備えている。これらのガス供給源19a、19bから送出されたガスは、ガス供給管18で混合されて真空槽11内に供給される。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

〔実施例1〕

上記実施形態のエッチング装置100を用いて以下の条件でエッチングを行った。

【0052】基板：シリコン基板、厚さ750 μm 、8インチ、開口部の直径50 μm
ガス組成及び流量：SF₆（流量75sccm）、O₂（流量75sccm）、HBr（流量15sccm）

高周波電力：60MHz バイアス用高周波電源からの供給電力：1200W 圧力：50 Pa 処理時間：600秒

電極間距離：50mm

この条件でエッチングを実施することにより得られたホールは、図4のSEM写真に示すように、基板中央部及び基板エッジ部の両方において、側壁における直進性が高いものであった。また、エッチングを実施した際の基板中央のエッチングレートRcntと、基板エッジ部のエッチングレートRedgと、面内均一性を以下に示す。

0053】基板中央部のエッチングレートRcnt：10.6 $\mu\text{m}/\text{min}$ 基板エッジ部のエッチングレートRedg：11.4 $\mu\text{m}/\text{min}$

面内均一性： $\{(Redg - Rcnt) / (Redg + Rcnt)\} \cdot 100\% = 3.6\%$

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

〔実施例2〕

実施例1の電極間距離Lを65mmに変更してエッチングを行った。

電極間距離以外は実施例1と同様な条件である。図5のSEM写真に示すように、基板中央部及び基板エッジ部の両方において、側壁の直進性が高いホールが得られた。また、各エッチングレートと面内均一性を以下に示す。

【0054】基板中央部のエッチングレート R_{cnt} : 10. 7 $\mu\text{m}/\text{min}$

基板エッジ部のエッチングレート R_{edg} : 10. 8 $\mu\text{m}/\text{min}$

面内均一性: 0. 5%

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

[実施例3]

実施例1の電極間距離 L を100mmに変更してエッチングを行った。電極間距離以外は実施例1と同様な条件である。図6のSEM写真に示すように、基板中央部及び基板エッジ部の両方において、側壁の直進性が高いホールが得られた。また、各エッチングレートと面内均一性を以下に示す。

【0055】基板中央部のエッチングレート R_{cnt} : 6.9 $\mu\text{m}/\text{min}$

基板エッジ部のエッチングレート R_{edg} : 7.28 $\mu\text{m}/\text{min}$

面内均一性: 2.7% 面内均一性は、5%以内であって良好であるが、

電極間距離 L が65mmの場合に比べ大きい値となり、若干低下していることがわかる。また、電極間距離 L が65mmの場合に比べ、エッチングレートが小さくなっている。

特開2012-222270／エッチング装置及びエッチング方法（アルバック）

〔比較例1〕実施例1の電極間距離 L を、電極間距離 L の好適な範囲未満の25mmに変更して、エッチングを行った。

電極間距離以外は実施例1と同様な条件である。図7(a)のSEM写真に示すように、基板中央ではホールの側面がエッチングされ、等方性エッチングが進行したことがわかる。図7(b)に示すように、基板エッジ部では、側壁の直進性が保たれた形状のホールが得られた。

即ち、基板中央部で得られたエッチング形状と基板エッジ部で得られたエッチング形状の均一性が低下した。また、各エッチングレートと面内均一性を以下に示す。

エッチングレートの面内均一性は5%超となり、各実施例に比べ大きく低下した。

【0056】基板中央部のエッチングレート R_{cnt} : 6.4 $\mu\text{m}/\text{min}$ 基板エッジ部のエッチングレート R_{edg} : 8.2 $\mu\text{m}/\text{min}$

面内均一性: 12.3% 尚、電極間距離 L が65mmから100mmにかけて面内均一性及びエッチングレートが若干低下していることから、電極間距離 L が100mm超である場合については、実施例3よりも面内均一性及びエッチングレートが低下することが明らかである。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

【技術分野】

本発明は、半導体製造等で使用されたシリコンウェハの表面に表面層・皮膜を付着させたウェハから、表面層・皮膜（以下単に表面層と総称する）を除去し、再生ウェハとして再利用できるようにする技術に関する。

【背景技術】

現在、半導体製造工程において使用されるシリコンウェハにはプライムウェハ、ミラーウェハ、ダミーウェハ、メカダウェハの4種類ある。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

1プライムウェハは、新品でIC製品になるウェハ、2ミラーウェハは、解析、検査用に使われプライムウェハと同レベルの面精度を有するウェハ、3ダミーウェハは、搬送テスト用、ロボットテスト用で1を使う前に必ず使用するウェハ、4メカダミーウェハは、機械設備会社が加工用として使用するウェハである。半導体製造工程では、プライムウェハを流す前に必ずダミーウェハを事前に工程に流し、条件設定の確認をして半導体の生産を行なっている。

このダミーウェハは、再生ウェハを使用するのが一般的であり、各社の各工程で様々な表面層の成膜がなされたウェハが再生されて使用されている。

又表面層としては、シリコン系膜・金属系膜・絶縁系膜、がある。再生ウェハは、ダミーウェハに使われ8インチウェハの場合、 $725\mu\text{m} \pm 25\mu\text{m}$ の範囲で使用される。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

従来の再生方法はウェットプロセスで行なわれている。

まず薬液によって成膜された表面層を除去し、シリコン表面の粗さを取る為に研磨を数ミクロンから十数ミクロン研磨して、不純物やパーティクル除去のために洗浄を行なっている。

再生には研磨を必ず行なう必要があり、ウェハ厚が薄くなっていくので、再生可能回数が3回～5回程度である。

また、薬液処理では除去できない膜（SiOC, SiC, SiN, SiON等）もあり、再生できないウェハもあった。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、従来のこれらの問題点の解消し、液剤を使用せずにドライプロセスで表面層を除去し、しかもシリコン基材本体を削ることがきわめて少なく、処理毎のシリコン基材の厚みの減少が小さく多くの回数再生でき、

更に従来の薬液処理では除去できなかった膜（SiOC, SiC, SiN, SiON）も除去できるようになり、今まで廃棄処理されていたダミーウェハが再生可能にできるという優れたシリコンウェハの表面層除去方法を提供することにある。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

【請求項1】希薄エッチングガスを封入した真空容器内で磁場と電場を直交方向に与えて電子流を生起し、同エッチングガスをその電子流の電子で電離させて高密度プラズマを生成し、同高密度プラズマで真空容器内に配置したシリコンウェハの表面に付着させた表面層をエッチングして除去し、その後真空容器内に希薄のArガスを封入して磁場と電圧を印加して電場を与えてArガスをイオン化してArイオンクリーニングを行うことで、エッチングされたシリコンウェハの表面を鏡面にすることを特徴とするシリコンウェハの表面層の除去方法。

【請求項2】真空容器内に希薄エッチングガスを封入し、表面層を付着させたシリコンウェハを負電極に取付けて真空容器内に配置するとともに、負電極を挟むように正電極を外周に配置し、前記正負電極に直流電圧又は交番電圧を印加して電場を形成し、同電場の方向に直交するように磁場を与えてシリコンウェハのまわりを回転する電子流を形成し、同電子流の電子でエッチングガスを分離させて高密度均一プラズマを生成させてプラズマでシリコンウェハをエッチングして表面層を除去し、その後真空容器内に希薄のArガスを封入して磁場と電圧を印加して電場を与えてArガスをイオン化してArイオンクリーニングを行うことで、エッチングされたシリコンウェハの表面を鏡面にすることを特徴とするシリコンウェハの表面層の除去方法。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

【請求項3】エッチングガスがフッ化炭素(CF_4)であり、電場を直流電場とし、これに酸素ガスを10～30%の混合比率で添加した請求項1又は2記載のシリコンウェハの表面層の除去方法。

【請求項4】磁場が交番磁場である請求項1～3何れか記載のシリコンウェハの表面層の除去方法。

【請求項5】表面層がシリコン系又は絶縁系の皮膜であって、エッチングガスとしてフッ素系エッチングガスを使用した請求項1～4何れか記載のシリコンウェハの表面層の除去方法。

【請求項6】表面層が金属系の皮膜であって、塩素系エッチングガスを使用した請求項1～4何れか記載のシリコンウェハの表面層の除去方法。

特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

本発明によって除去できるシリコンウェハの表面層（皮膜）としては、シリコン系（Si, Poly Si, a-Si, WSi_x等）、金属系（Al, W, Ti, Al-Si, 等）、絶縁膜系（SiO₂, SiOC, SiC, SiON, SiN, SOG等）、有機系（MSQ:メチルシルセスキオキサン, ポリイミド等）などがある。

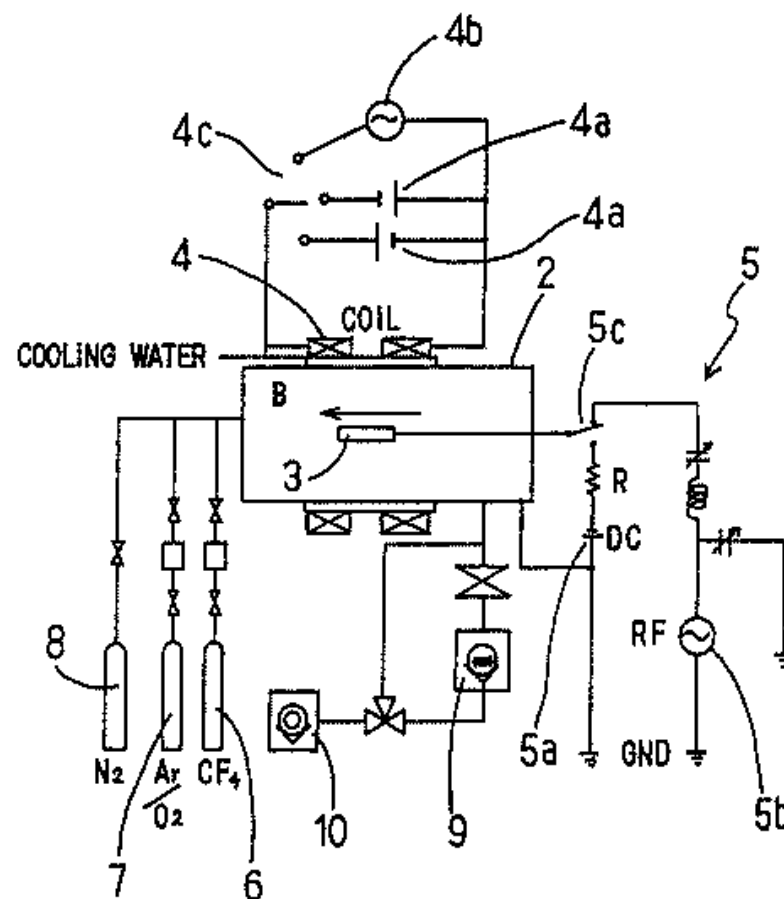
本発明のエッチングガスは、表面層に材質の応じて適切なガスを選択する。**シリコン系・絶縁系・有機系の表面層の場合**はフッ素ガスCF₄等のフッ素系のエッチングガス（CF₄, C₂F₈等）を、

金属系表面層の場合は、塩素系ガス（Cl₂, CCl₄等）を使用する。又他のガス（アルゴンガスAr, 酸素ガスO₂等）を添加してもよい。

エッチングガスの濃度は10⁻²～10⁻³torr程度である。表面層が単層でなく複数層の場合は、2種類以上のエッチングガスを供給して各層に応じたエッチングを選択的に行う。

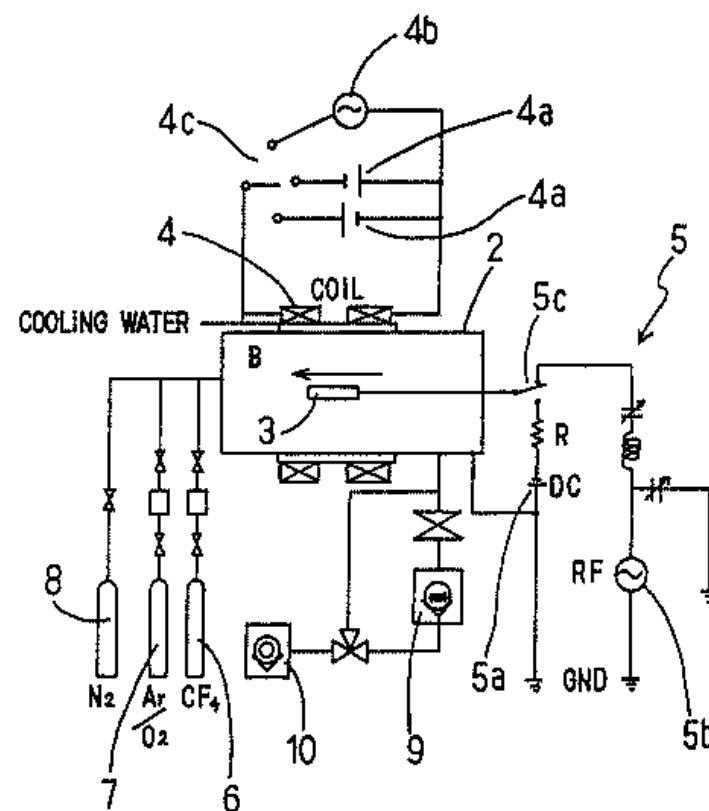
特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

1はエッチングされる対象である直径200mmで厚み725 μ mのシリコンウェハ、1aはシリコンウェハ表面の有機系素材の表面層、2は250mm $\times$ 150mm長さ751mmの角型の真空容器、3はシリコンウェハを搭載するSUS316による200mm $\times$ 400mmの陰極板、4は磁場を発生させる真空容器2外側に配置されたコイル、4aはコイル印加直流電源、4bはコイル印加交流電源、4cは直流交流切換スイッチ、



特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

5は電場生成のためのDC及びRF電源を切替スイッチで発生させる電源部、5aは直流電圧を発生させる最大出力500mA－1kVのDC電源、5bは最大出力500Wの13.56MHzの交番電圧のRF電源、5cはDCとRFの電源切替スイッチ、6はエッチングガスのCF₄のボンベ、7は添加ガスAr、O₂のボンベ、8はN₂のボンベ、9は140リットル／秒のターボ分子ポンプ、10は170リットル／分のロータリーポンプである。



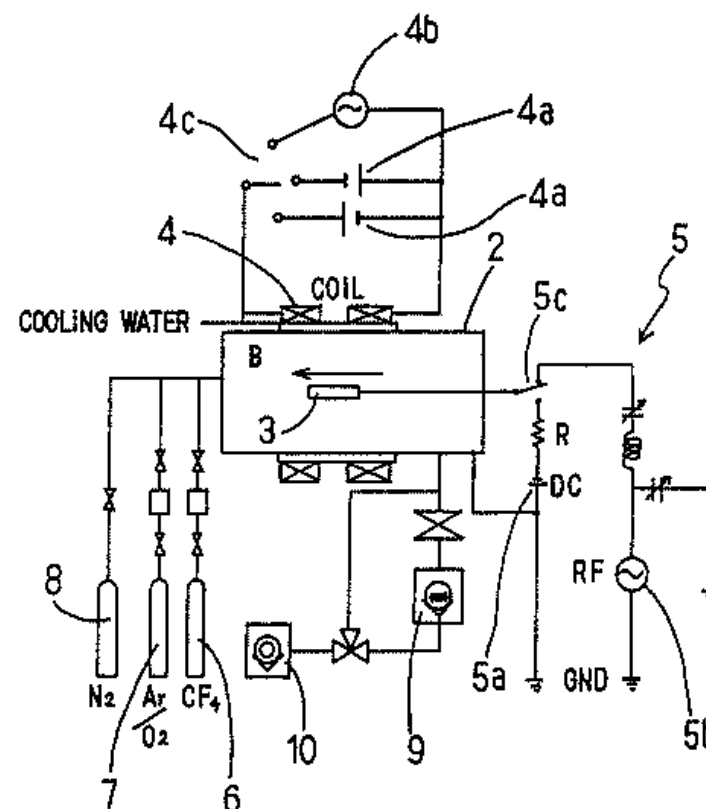
特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

陰極板3上に

直径200mm厚み725 μ mで表面層1aを数 μ m付着させたシリコンウェハ1を載せ、高真空に排気する。

エッチング条件としてエッチングガスであるCF₄ガスを4.7CCM導入して3mtorrを保持し、

磁束密度300gauss、RF出力200Wにて10分間のエッチングを行った。



特許5103025／シリコンウェハの表面層の除去方法（九州電通）

その後、真空容器2内壁からの脱ガス分子等による汚染を防止することを目的としてArガスを4.7CCM導入し、動作圧力3mtorr、磁束密度300gauss、RF出力50WにてArイオンクリーニングを1分間行った。

エッチング処理後のシリコンウェハは、目視にて表面が鏡面であることが観察できた。

さらにSEMによる分析の結果、その表面はシリコン素地であった。これらから、プラズマによりシリコン表面を荒らすことなく絶縁表面層のみを除去することが可能であることが実証された。

