

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6440298号
(P6440298)

(45) 発行日 平成30年12月19日(2018.12.19)

(24) 登録日 平成30年11月30日(2018.11.30)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/3065 (2006.01) H O 1 L 21/302 I O 1 G
 H O 5 H 1/46 (2006.01) H O 5 H 1/46 M

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-180272 (P2014-180272)	(73) 特許権者	304027279
(22) 出願日	平成26年9月4日(2014.9.4)		国立大学法人 新潟大学
(65) 公開番号	特開2016-54257 (P2016-54257A)		新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地
(43) 公開日	平成28年4月14日(2016.4.14)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成29年6月8日(2017.6.8)		弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	100185225
			弁理士 齋藤 恭一
		(74) 代理人	100132045
			弁理士 坪内 伸
		(72) 発明者	安部 隆
			新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地 国立大学法人新潟大学 大学院自然科学研究科内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チャンパー内に設置された被加工材をプラズマ放電によってエッチングするプラズマエッチング装置であって、

前記チャンパー内に位置し、前記被加工材を支持する電極を備え、

前記電極と前記被加工材との間には、前記被加工材から前記電極への伝熱を妨げる伝熱抑制部材が設けられ、前記電極は、前記伝熱抑制部材を介して前記被加工材を支持し、

前記伝熱抑制部材は、前記チャンパー内に位置し、前記被加工材が固定されるステージ部材であり、

前記ステージ部材は、前記電極との間の少なくとも一部に空隙が形成された状態で前記電極に支持されるように構成されていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

10

【請求項2】

前記ステージ部材は、前記被加工材が固定される平板状のステージ部と、前記ステージ部を支持する支持部と、を備え、

前記ステージ部と前記電極との間に前記空隙が形成された状態で、前記支持部が前記電極に支持されることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項3】

前記支持部は、前記ステージ部の厚み方向において、前記ステージ部よりも前記電極側に向かって突出している脚部を備え、

前記ステージ部材は、前記脚部の先端部が前記電極と当接することにより、前記電極に

20

支持されることを特徴とする、請求項 2 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 4】

前記支持部は、前記ステージ部の側面と一端部が連続し、前記ステージ部を前記厚み方向から見た場合に前記ステージ部の外縁から外方に向かって延在する梁部を更に備え、

前記脚部は、前記ステージ部を前記厚み方向から見た場合に前記ステージ部の外縁よりも外側に位置しており、前記梁部の他端部と連続していることを特徴とする、請求項 3 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 5】

前記脚部は、前記ステージ部の前記電極側の下面に前記電極側に向かって突設されていることを特徴とする、請求項 3 に記載のプラズマエッチング装置。

10

【請求項 6】

チャンパー内に設置された被加工材をプラズマ放電によってエッチングするプラズマエッチング装置であって、

前記チャンパー内に位置し、前記被加工材を支持する電極を備え、

前記電極と前記被加工材との間には、前記被加工材から前記電極への伝熱を妨げる伝熱抑制部材が設けられ、前記電極は、前記伝熱抑制部材を介して前記被加工材を支持しており、

前記チャンパー内に位置し、前記被加工材が固定されるステージ部材を備え、

前記伝熱抑制部材は、断熱材で構成された断熱部材であり、

前記電極は、前記断熱部材を介して前記ステージ部材を支持することを特徴とするプラズマエッチング装置。

20

【請求項 7】

前記ステージ部材は、アルミ、ステンレス又は銅で形成されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 8】

前記電極を第 1 電極とした場合に、前記チャンパー内で前記第 1 電極と対向して配置された第 2 電極と、

前記第 1 電極に高周波電圧を印加する電源と、

前記第 1 電極を冷却可能な冷却器と、を更に備えることを特徴とする、請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 つに記載のプラズマエッチング装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマエッチング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、シリコンや酸化膜を被加工材としたプラズマエッチング装置が知られている。この種のプラズマエッチング装置としては、例えば半導体デバイスの製造プロセスにおいて、被加工材としての半導体ウェハ（半導体基板）に形成された所定の層に所定のパターンを形成するために、レジストをマスクとしてプラズマによりエッチングするものが広く用いられている。特許文献 1 には、この種のプラズマエッチング装置が開示されている。

40

【0003】

特許文献 1 に開示のプラズマエッチング装置では、処理室内の電極上に被加工材としてのウェハが載置され、プラズマエッチング処理が行われる。

【0004】

また、近年では、上述した半導体デバイスの分野のみならず、センサ・マイクロマシン分野においてもプラズマエッチングを利用することが期待されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2009-283893号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

ところで、従来のプラズマエッチング装置は、一般的に、被加工材としてシリコンや酸化膜を主対象としており、これら被加工材の特性により基本的な仕様が決められている。従って、センサ・マイクロマシン分野において用いられるチタンやチタン合金等の難加工材料を被加工材とする場合には、被加工材とエッチングガスとの反応生成物の揮発性が、シリコンや酸化膜を被加工材とする場合とは異なるため、従来のプラズマエッチング装置をそのまま活用することが難しい。

10

【 0 0 0 7 】

また、難加工材料を被加工材とするプラズマエッチング装置としては、被加工材が固定される電極を高温に加熱するために外部ヒータあるいは埋め込み式ヒータを備える等の特殊な仕様を有するものが知られているが、より簡易な構成により、難加工材料の深掘りエッチングが可能なプラズマエッチング装置の開発が求められている。

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、被加工材が固定された電極を高温に加熱するための外部ヒータあるいは埋め込み式ヒータを設けることなく、簡易な構成により自己加熱し、難加工材料のプラズマエッチング処理が可能となるプラズマエッチング装置を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様としてのプラズマエッチング装置は、チャンパー内に設置された被加工材をプラズマ放電によってエッチングするプラズマエッチング装置であって、前記チャンパー内に位置し、前記被加工材を支持する電極を備え、前記電極と前記被加工材との間には、前記被加工材から前記電極への伝熱を妨げる伝熱抑制部材が設けられ、前記電極は、前記伝熱抑制部材を介して前記被加工材を支持し、前記伝熱抑制部材は、前記チャンパー内に位置し、前記被加工材が固定されるステージ部材であり、前記ステージ部材は、前記電極との間の少なくとも一部に空隙が形成された状態で前記電極に支持されるように構成されていることを特徴とするものである。

30

【 0 0 1 1 】

本発明の1つの実施形態として、前記ステージ部材は、前記被加工材が固定される平板状のステージ部と、前記ステージ部を支持する支持部と、を備え、前記ステージ部と前記電極との間に前記空隙が形成された状態で、前記支持部が前記電極に支持されることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

本発明の1つの実施形態として、前記支持部は、前記ステージ部の厚み方向において、前記ステージ部よりも前記電極側に向かって突出している脚部を備え、前記ステージ部材は、前記脚部の先端部が前記電極と当接することにより、前記電極に支持されることが好ましい。

40

【 0 0 1 3 】

本発明の1つの実施形態として、前記支持部は、前記ステージ部の側面と一端部が連続し、前記ステージ部を前記厚み方向から見た場合に前記ステージ部の外縁から外方に向かって延在する梁部を更に備え、前記脚部は、前記ステージ部を前記厚み方向から見た場合に前記ステージ部の外縁よりも外側に位置しており、前記梁部の他端部と連続していることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

本発明の1つの実施形態として、前記脚部は、前記ステージ部の前記電極側の下面に前記電極側に向かって突設されていることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

50

本発明の第2の態様としてのプラズマエッチング装置は、チャンバー内に設置された被加工材をプラズマ放電によってエッチングするプラズマエッチング装置であって、前記チャンバー内に位置し、前記被加工材を支持する電極を備え、前記電極と前記被加工材との間には、前記被加工材から前記電極への伝熱を妨げる伝熱抑制部材が設けられ、前記電極は、前記伝熱抑制部材を介して前記被加工材を支持しており、前記チャンバー内に位置し、前記被加工材が固定されるステージ部材を備え、前記伝熱抑制部材は、断熱材で構成された断熱部材であり、前記電極は、前記断熱部材を介して前記ステージ部材を支持することを特徴とするものである。

【0016】

本発明の1つの実施形態として、前記ステージ部材は、アルミ、ステンレス又は銅で形成されていることが好ましい。

10

【0017】

本発明の1つの実施形態としてのプラズマエッチング装置は、前記電極を第1電極とした場合に、前記チャンバー内で前記第1電極と対向して配置された第2電極と、前記第1電極に高周波電圧を印加する電源と、前記第1電極を冷却可能な冷却器と、を更に備えることが好ましい。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、被加工材が固定された電極を高温に加熱するための外部ヒータあるいは埋め込み式ヒータを設けることなく、簡単な構成により、難加工材料のプラズマエッチング処理が可能なプラズマエッチング装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態としてのプラズマエッチング装置を示す図である。

【図2】図1に示すステージ部材が、第1電極に設置された状態を示す図であり、図2(a)は、ステージ部材20の上面側から見た上面図であり、図2(b)は、図2(a)のI-I断面図である。

【図3】図2に示すステージ部材の変形例としてのステージ部材が、第1電極に設置された状態を示す図であり、図3(a)は、ステージ部材の上面側から見た上面図であり、図3(b)は、図3(a)のII-II断面図である。

30

【図4】図2に示すステージ部材の別の変形例としてのステージ部材が、第1電極に設置された状態を示す図であり、図4(a)は、ステージ部材の上面側から見た上面図であり、図4(b)は、図4(a)のIII-III断面図である。

【図5】本発明の一実施形態としてのプラズマエッチング装置を示す図である。

【図6】実験に用いたステージ部材の各部寸法を示す図である。

【図7】図6に示すステージ部材を用いて行った被加工材のプラズマエッチング処理実験の概要を示す図である。

【図8】図7に示す実験の実験結果を示す図である。

【図9】ステージ部材の有無、及びステージ部材の梁部の断面積を変えて行った実験の結果を示す図である。

40

【図10】本発明に係るプラズマエッチング装置を用いてチタンウェハの貫通加工を行い作成した微小手術針の作製例を示す図である。

【図11】本発明に係るプラズマエッチング装置を用いて微細加工されたチタンウェハを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明に係るプラズマエッチング装置の実施形態について、図1～図11を参照して説明する。なお、各図において共通の部材には、同一の符号を付している。

【0021】

図1は、本発明に係るプラズマエッチング装置の実施形態としてのプラズマエッチング

50

装置 1 を示す図である。図 1 に示すように、プラズマエッチング装置 1 は、大気圧より低い状態の真空空間にエッチングガスが供給されてエッチング処理が行われるチャンパー 10 と、このチャンパー 10 内に位置し、被加工材 X が固定されるステージ部材 20 と、チャンパー 10 内に位置し、ステージ部材 20 を介して被加工材 X を支持する平板状の第 1 電極 30 と、チャンパー 20 内で第 1 電極 30 と対向して配置された平板状の第 2 電極 40 と、第 1 電極 30 に高周波電圧を印加する電源としての RF 電源 50 (「RF」は「Radio Frequency」の略) と、第 1 電極 30 を冷却可能な冷却器 60 (図 2 (b) 等参照) と、インピーダンス整合のための整合器 90 と、を備える。ここで、ステージ部材 20 は、第 1 電極 30 と被加工材 X との間に設けられた、被加工材 X から第 1 電極 30 への伝熱を妨げる伝熱抑制部材の一例である。なお、図 1 では、冷却器 60 が省略されて描かれている。

10

【0022】

チャンパー 10 は、外部からエッチングガスが供給されるガス吸気部 11 と、チャンパー 10 内から外方へエッチングガスを排気するガス排気部 12 と、を備えており、ガス吸気部 11 及びガス排気部 12 を通じたエッチングガスの吸気 (図 1 における黒塗り矢印参照) 及び排気 (図 1 における白抜き矢印参照) は、チャンパー 10 の外部に設置された制御部により制御される。図 1 では、エッチングガスのガス吸気部 11 及びガス排気部 12 のみを示しているが、ガスをプラズマ化して被加工材 X に均一に供給するための適宜の配管構成をチャンパー 10 内に設けることができる。なお、本実施形態のチャンパー 10 内に供給されるエッチングガスとしては、四フッ化炭素 (CF_4) や六フッ化硫黄 (SF_6) 等のフッ素系ガスを使用することができる。また、シリコンを被加工材とする場合と同様にアンダーカット抑制のために、酸素 (O_2) や八フッ化シクロブタン (C_4F_8) を前記ガスに添加することもできる。

20

【0023】

第 1 電極 30 はカソードであって整合器 90 を介して RF 電源 50 と接続されており、第 2 電極 40 はアノードであってアースに接続されている。RF 電源 50 により、第 1 電極 30 に高周波電圧が印加されると、第 1 電極 30 と第 2 電極 40 との間にプラズマ P が発生する。なお、RF 電源 50 としては、例えば、13.56 MHz 等の単一の周波数の高周波電力を出力するものであってもよく、また、複数の周波数を重畳させた高周波電力を出力するものであってもよい。更に、図 1 では、第 2 電極 40 をアースに接続しているが、上述した RF 電源 50 とは異なる第 2 の電源を設け、第 2 電極 40 を第 2 の電源に接続するようにしてもよい。

30

【0024】

また、冷却器 60 は、温度依存性のある被加工材 X の反応速度を最適値等の所定値に制御するために用いられるものであり、例えば、第 1 電極 30 を常温に維持するように冷却する等の制御を行うことが可能である (図 2 (b) 等参照)。なお、本実施形態では、冷却液を第 1 電極 30 に沿って流れるように構成しているが (図 2 (b) 等参照)、第 1 電極 30 を冷却可能な構成であればよく、冷却液に限られるものではない。また、冷却器 60 は、第 1 電極 30 を冷却可能なものであればよく、第 1 電極 30 の温度が所定温度になるように加熱及び冷却が可能な、加熱冷却器としてもよい。

40

【0025】

ここで、伝熱抑制部材としてのステージ部材 20 は、図 1 に示すように、第 1 電極 30 のうち第 2 電極 40 と対向する面である上面上に設置され、第 1 電極 30 により支持される。また、ステージ部材 20 が第 1 電極 30 に支持されている状態において、被加工材 X はステージ部材 20 に固定される。被加工材 X は、伝熱抑制部材としてのステージ部材 20 を介して第 1 電極 30 により支持され、この状態においてチャンパー 10 内でプラズマエッチング処理が行われる。

【0026】

図 2 は、ステージ部材 20 が設置された状態の第 1 電極 30 を示す図であり、図 2 (a) は、ステージ部材 20 の上面側から見た上面図であり、図 2 (b) は、図 2 (a) の I

50

- I断面図である。図2(b)に示すように、本実施形態のステージ部材20は、第1電極30との間の少なくとも一部に空隙V1が形成された状態で第1電極30に支持されるように構成されている。この空隙V1が真空断熱層として機能することにより、被加工材X(図1参照)から第1電極30への熱伝導を抑制することができる。換言すれば、本実施形態のステージ部材20は、第1電極30上に設置された状態で、第1電極30との間に空隙V1が形成されるような形状を有している。

【0027】

より具体的に、図2(a)、図2(b)に示すように、本実施形態のステージ部材20は、被加工材Xが固定される平板状のステージ部21と、このステージ部21を支持する支持部22と、を備えており、ステージ部21と第1電極30との間に空隙V1が形成された状態で、支持部22が第1電極30に支持される。

10

【0028】

図1に示すように、平板状のステージ部21の上面には、平板状の被加工材Xの下面全域がステージ部21の上面と当接するように、被加工材Xが固定される。そして、ステージ部21の下面と第1電極30の上面との間には空隙V1が形成されている。

【0029】

図2(a)、図2(b)に示すように、支持部22は、円筒状の脚部23と、この脚部23の内壁に突設された複数の棒状の梁部24とを備える。具体的に、脚部23は、ステージ部21を前記厚み方向Aから見た場合(図2(a)参照)にステージ部21の外縁25よりも外側に、ステージ部21を取り囲むように位置すると共に、ステージ部21の厚み方向Aにおいて、ステージ部21よりも第1電極30側に向かって突出している(図2(b)参照)。

20

【0030】

梁部24は、ステージ部21の側面と一端部が連続し、ステージ部21を厚み方向Aから見た場合(図2(a)参照)にステージ部21の外縁25から外方に向かって延在すると共に、他端部が脚部23の内壁の上端部と連続している。なお、このような棒状の梁部24が、円筒状の脚部23の周方向において複数形成されている。また、梁部24は伝熱抑制を制御するとともに熱膨張による応力を低減できれば、目的に応じてその形状を変えてもよく、ステージ部を大面積化する場合は、周方向に弧を描く弦の形状でもよい。

【0031】

そして、図2(b)に示すように、本実施形態のステージ部材20は、脚部23の先端部26が第1電極30と当接することにより、第1電極30に支持される。

30

【0032】

すなわち、本実施形態のステージ部21は、ステージ部21を厚み方向Aから見た場合にステージ部21を取り囲む円筒状の脚部23により、複数の棒状の梁部24のみを介して支持されている。したがって、被加工材Xからステージ部材20のステージ部21へと伝熱したとしても、ステージ部21の下面と第1電極30の上面との間に空隙V1が形成されているため、更に、ステージ部21と連続する支持部22の梁部24は横断面積が比較的小さい棒状に形成されているため、ステージ部21から第1電極30への伝熱が抑制される。

40

【0033】

このように被加工材Xと第1電極30との間に、被加工材Xから第1電極30への伝熱を妨げる伝熱抑制部材としてステージ部材20を設けることにより、例えば第1電極30を冷却器60によって常温に冷却している状態であっても、第1電極30よりも高温の被加工材Xの熱が第1電極30へと伝熱することが抑制され、被加工材X周辺の温度を選択的に上昇させることができる。その結果、チタン合金等の各種金属や機能性セラミックスなどの難加工材料を被加工材Xとする場合であっても、エッチングガスとして塩素系ガスを使用する特殊仕様や、外部ヒータ等を用いて第1電極30を高温に加熱する特殊仕様等を採用することなく、被加工材Xとエッチングガスとの反応と反応生成物の揮発を促進し、高速エッチングを実現することができる。

50

【 0 0 3 4 】

また、本実施形態のステージ部材 2 0 はアルミニウム製である。ステージ部材 2 0 を上述のステージ部 2 1 及び支持部 2 2 を備える構成とすると共に、ステージ部材 2 0 を熱伝導率が高いアルミニウム製とすることにより、上述したようにステージ部 2 1 から第 1 電極 3 0 への伝熱を梁部 2 4 で抑制することができることと共に、ステージ部 2 1 内での温度分布が均一化され易い。したがって、ステージ部材 2 0 を熱伝導率が低い材料で構成する場合と比較して、ステージ部 2 1 の上面上に固定される被加工材 X 内での温度のばらつきを抑制することができる。なお、本実施形態では、ステージ部材 2 0 をアルミニウム製としているが、これに限られるものではなく、例えば、ステンレスや銅などによりステージ部材を形成することも可能である。但し、上述した熱伝導率の高さ、加工性の良さ、低コスト、エッチングガスとしてのフッ素系ガスへの耐性を総合的に勘案すると、ステージ部材 2 0 は、本実施形態のようにアルミニウム製とすることが特に好ましい。

10

【 0 0 3 5 】

ここで、図 3 は、ステージ部材 2 0 の変形例としてのステージ部材 7 0 を示す図であり、図 3 (a) は、ステージ部材 7 0 が設置された状態の第 1 電極 3 0 をステージ部材 7 0 の上面側から見た上面図であり、図 3 (b) は、図 3 (a) の I I - I I 断面図である。図 3 に示すステージ部材 7 0 は、被加工材 X (図 1 参照) が固定される平板状のステージ部 7 1 と、このステージ部 7 1 を支持する支持部 7 2 と、を備えており、ステージ部 7 1 と第 1 電極 3 0 との間に空隙 V 2 が形成された状態で、支持部 7 2 が第 1 電極 3 0 に支持される。支持部 7 2 は、円筒状の脚部 7 3 と、この脚部 7 3 の内壁に突設された複数の棒状の梁部 7 4 とを備えており、図 3 (b) に示すように、ステージ部材 7 0 は、脚部 7 3 の先端部 7 6 が第 1 電極 3 0 と当接することにより、第 1 電極 3 0 に支持される。

20

【 0 0 3 6 】

本実施形態のステージ部材 2 0 のステージ部 2 1 は、図 2 (a) に示すように、厚み方向 A から見た場合に円形状の外縁を有するが、例えば、図 3 に示すステージ部材 7 0 のように、正方形等の四角形状の外縁を有するステージ部 7 1 としてもよい。

【 0 0 3 7 】

また、図 2 に示すように、本実施形態のステージ部材 2 0 の支持部 2 2 における脚部 2 3 は、円筒形状であるが、例えば、横断面の外形が四角形の筒状 (角筒状) としてもよい。更に、図 2 に示すように、本実施形態の脚部 2 3 は、ステージ部 2 1 の厚み方向 A から見た場合に、ステージ部 2 1 の周囲を取り囲むように設けられているが、脚部の先端面と第 1 電極との接触面積を小さくして被加工材から第 1 電極への熱伝導を一層抑制するために、例えば、ステージ部の厚み方向から見た場合に、脚部がステージ部の周方向全域を取り囲んでおらず、脚部がステージ部の周囲の一部のみに設けられた構成としてもよい。

30

【 0 0 3 8 】

また更に、図 2 (a) に示す本実施形態の支持部 2 2 における梁部 2 4 や、図 3 に示す支持部 7 2 における梁部 7 4 は、屈曲部を有する L 字形状であるが、この形状に限られるものではなく、例えば、屈曲部を有さない直線形状とすることもできる。但し、上述したように、ステージ部の熱膨張による応力を逃がす目的で、図 2 (a) や図 3 に示すような L 字形状や、周方向に弧を描く弦の形状とすることが好ましい。また、図 2 に示すように、本実施形態のステージ部材 2 0 の支持部 2 2 における脚部 2 3 は、単一部材で構成されているが、脚部の上端部 (基端部) と下端部 (先端部) とが別々の部材で構成されていてもよい。

40

【 0 0 3 9 】

また、図 4 は、ステージ部材 2 0 の別の変形例としてのステージ部材 8 0 を示す図であり、図 4 (a) は、ステージ部材 8 0 が設置された状態の第 1 電極 3 0 をステージ部材 8 0 の上面側から見た上面図であり、図 4 (b) は、図 4 (a) の I I I - I I I 断面図である。図 4 (a) 、図 4 (b) に示すように、ステージ部材 8 0 は、被加工材 X (図 1 参照) が固定される平板状のステージ部 8 1 と、このステージ部 8 1 を支持する支持部 8 2 と、を備えており、ステージ部 8 1 と第 1 電極 3 0 との間に空隙 V 3 が形成された状態で

50

、支持部 8 2 が第 1 電極 3 0 に支持される。支持部 8 2 は、ステージ部 8 1 の厚み方向 A において、ステージ部 8 1 よりも第 1 電極 3 0 側に向かって突出している脚部 8 3 を備えており、ステージ部材 8 0 は、脚部 8 3 の先端部 8 6 が第 1 電極 3 0 と当接することにより、第 1 電極 3 0 に支持される。

【 0 0 4 0 】

より具体的には、図 4 (a)、図 4 (b) に示すように、脚部 8 3 は、ステージ部 8 1 の第 1 電極 3 0 側の下面に第 1 電極 3 0 側に向かって突設されている複数の円筒部 (図 4 の例では 8 つの円筒部) で構成されており、これら複数の円筒部は、ステージ部 8 1 の厚み方向 A から見た場合に、同心円状に配置されている。つまり、同心円状に配置された複数の円筒部間が空隙 V 3 となっている。なお、図 4 に示す脚部 8 3 としての複数の円筒部の数は、被加工材から第 1 電極への熱伝導を考慮して適宜増減することができる。また、図 4 に示す脚部 8 3 としての複数の円筒部はいずれも、ステージ部 8 1 の厚み方向 A から見た場合に、周方向に切れ目なく連続する円形であるが、脚部の先端面と第 1 電極との接触面積を小さくして被加工材から第 1 電極への熱伝導を一層抑制するために、例えば、脚部を、ステージ部の厚み方向から見た場合に、周方向の一部のみに設ける構成としてもよい。更に、図 4 に示す脚部 8 3 は、ステージ部 6 1 の下面から同心円状に垂下した複数の円筒部で構成されているが、脚部を、ステージ部の下面に形成された複数の凸部として、凸部間の凹部と第 1 電極との間で空隙を形成するようにしてもよい。

【 0 0 4 1 】

以上のとおり、本実施形態としてのプラズマエッチング装置 1 では、被加工材 X と第 1 電極 3 0 との間に伝熱抑制部材としてのステージ部材 2 0 を介在させることにより、被加工材 X としてチタンやチタン合金等の難加工材料を使用した場合であっても、被加工材 X から第 1 電極 3 0 への熱伝導が抑制されるため、被加工材 X の昇温を実現することができる。したがって、エッチングガスとして塩素系ガスを使用せずに一般的なフッ素系ガスを使用し、かつ、被加工材 X を高温にするために第 1 電極 3 0 を加熱する外部ヒータ等を用いることなく、例えば冷却器 6 0 によって第 1 電極 3 0 を被加工材 X よりも低温となるように冷却している場合であっても、被加工材 X としての難加工材料を、効率的にエッチングすることが可能となる。

【 0 0 4 2 】

更に、本実施形態としてのプラズマエッチング装置 1 では、伝熱抑制部材としてのステージ部材 2 0 が、比較的簡易な作業により、第 1 電極 3 0 に対して着脱可能に構成されている。そのため、被加工材 X としてシリコンや酸化膜を用いる場合には、ステージ部材 2 0 を第 1 電極 3 0 から取り外し、被加工材 X を第 1 電極 3 0 の上面に固定して、プラズマエッチング処理を行う。このように、本実施形態としてのプラズマエッチング装置 1 では、エッチングガスの変更や第 1 電極 3 0 を高温加熱する外部ヒータあるいは埋め込み式ヒータの有無等の仕様変更を必要とせず、第 1 電極 3 0 からステージ部材 2 0 を取り外す作業及び第 1 電極 3 0 に対してステージ部材 2 0 を取り付ける作業のみで、シリコンや酸化膜のプラズマエッチング処理、及びチタンやチタン合金等の難加工材料のプラズマエッチング処理を実現することができる。

【 0 0 4 3 】

そのため、本実施形態としてのプラズマエッチング装置 1 によれば、半導体ウェハなどのシリコンや酸化膜を対象としたプラズマエッチング処理に加えて、チタンやチタン合金などの各種金属や機能性セラミックスなどの難加工材料を対象としたプラズマエッチング処理をも実現することができる。

【 0 0 4 4 】

次に、本発明に係るプラズマエッチング装置の別の実施形態としてのプラズマエッチング装置 1 0 1 について、図 5 を参照して説明する。図 5 に示すように、本実施形態としてのプラズマエッチング装置 1 0 1 は、上述したプラズマエッチング装置 1 と比較して、被加工材 X の支持構成が異なる点で相違しており、その他の構成は共通している。本実施形態の伝熱抑制部材は、平板状の断熱材で構成された断熱部材 1 2 0 であり、被加工材 X は

10

20

30

40

50

、チャンバー10内に位置し、断熱部材120の上面上に支持された平板状のステージ部材121に固定されている。つまり、第1電極30は、断熱部材120を介して、上面上に被加工材Xが固定されるステージ部材121を下面側から支持している。これにより、被加工材Xから第1電極30への伝熱は、断熱部材120により抑制され、被加工材Xの温度上昇を実現することができる。

【0045】

なお、ステージ部材121の材料としては、上述したプラズマエッチング装置1のステージ部材20と同様、アルミニウム、ステンレス、銅などを使用することができる。また、伝熱抑制部材としての断熱部材120の材料としては、例えば、ガラス繊維やセラミックファイバーなどを使用することができる。

10

【0046】

このように、被加工材Xと第1電極30との間に断熱部材120を介在させる構成とすれば、上述したプラズマエッチング装置1のステージ部材20とは異なり、ステージ部材121を、断熱部材120上に設置された状態で断熱部材120との間に空隙が形成されるような形状としなくてもよく、本実施形態のように平板状とすることができる。但し、伝熱抑制部材を断熱材で形成された断熱部材とする場合であっても、断熱部材上に設置されるステージ部材を、上述したステージ部材20のように、断熱部材上に設置された状態で断熱部材との間に空隙が形成されるような形状としてもよい。ステージ部材をこのような構成とすれば、被加工材Xから第1電極30への熱伝導を一層抑制することができる。

【0047】

20

次に、図3(a)、図3(b)に示すステージ部材70と同様のステージ部材を、反応性イオンエッチング装置であるプラズマエッチング装置1の第1電極30上に設置し、被加工材Xとしてチタンウェハ、マスクとしてパターンニングしたレジストを鑄型に電解めっきでチタン上に成膜したニッケル、エッチングガスとして六フッ化硫黄(SF_4)を用いて行った実験の実験概要及び実験結果について説明する。なお、この実験で用いたステージ部材は、図3に示すステージ部材70の脚部73の中間部及び下端部(先端部)を熱伝導グリスG(図7参照)により代用したものであり、このステージ部材の熱伝導性能は、図3に示すステージ部材70の熱伝導性能と同様である。したがって、以下、この実験で用いたステージ部材を「ステージ部材70」とし、この実験で用いたステージ部材の脚部を「脚部73'」として説明する。

30

【0048】

この実験で用いたステージ部材70の各部の寸法を図6に示す。図6に示すように、ステージ部71の上面及び下面が25mm×25mmの面積を有し、その厚みTが2.0mmである。また、梁部74は、屈曲部を挟んで2つの直線部分(脚部73'と連続する第1直線部分と、ステージ部71と連続する第2直線部分)で構成されたL字状の棒状部であり、横断面形状が矩形で、その幅Wが1.0mmである。更に、図6に示すように、2つの直線部分のうち脚部73'と連続する第1直線部分と、ステージ部71との間の離隔距離は4mmである。また更に、図6に示すように、ステージ部71を厚み方向Aから見た場合に、脚部73'の内径は50mm、外径は75mmである。なお、上述したように、この実験で用いたステージ部材70の脚部73'は、図3に示す脚部73の上端部のみであり、図3に示す脚部73の中間部及び下端部(先端部)は熱伝導グリスGにより代用されている。そのため、この実験で用いたステージ部材70の脚部73'の厚みは、ステージ部71と同様、2.0mmである。

40

【0049】

図7は、上述したステージ部材70をプラズマエッチング装置1の第1電極30上に、空隙V2が形成されるように設置した状態を示している。図7に示すように、ステージ部材70のステージ部71上に被加工材Xを固定し、プラズマPを発生させて、プラズマエッチング処理を行った。

【0050】

上記実験の実験結果を図8に示す。図8における実線は、上述したステージ部材70を

50

第1電極30上に設置して行った実験での、被加工材Xとしてのチタンのエッチング速度（エッチレート）の結果を示し、図8における破線は、同実験での、チタン（Ti）/ニッケル（Ni）の選択比（被加工材Xのエッチレート/マスク材のエッチレートで表される値）の結果を示している。なお、図8における縦線はエラーバーを示している。

【0051】

ステージ部材70を用いずに被加工材Xを第1電極30上に直接固定する場合のエッチング速度が約 $0.2\mu\text{m}/\text{min}$ であるのに対して、図8の実線で示すように、ステージ部材70を用いた本発明の実施例のエッチング速度は最大約 $1.0\mu\text{m}/\text{min}$ である。すなわち、本発明の実施例のエッチング速度は、ステージ部材70を用いない場合のエッチング速度と比較して最大5倍に改善していることがわかる。また、図8の破線で示すように、チタン（Ti）/ニッケル（Ni）の選択比についても、本部材なしの場合の値10に対して、本発明の実施例では約30と向上していることがわかる。なお、図8の凡例に示すように、この実験において、RF電源50により第1電極30に印加された高周波による電力密度は $1.6\text{W}/\text{cm}^2$ であり、チャンバー10内の圧力は 0.3Pa である。

10

【0052】

次に、ステージ部材の有無、及びステージ部材の梁部の断面積を変えて行った実験の結果について説明する。図9は、ステージ部材70を全く用いず、被加工材Xを第1電極30上に直接固定した場合（図9において「No.1」で示すグラフ）、脚部73'の下部に熱伝導グリスGを設けて第1電極30と接触させた場合において、ステージ部71と第1電極30を熱伝導グリスで接触させて真空絶縁層無しで第1電極30上に設置した場合（図9において「No.2」で示すグラフ）、真空絶縁層を与えるように梁部74を用いて第1電極30上に設置し、ステージ部71の上面上に被加工材Xを固定した場合において、被加工材Xを、梁部74の断面幅が 1.5mm のステージ部材70を介して、第1電極30に支持させた場合（図9において「No.3」で示すグラフ）、及び被加工材Xを、梁部74の断面幅が 1.0mm のステージ部材70を介して、第1電極30に支持させた場合（図9において「No.4」で示すグラフ）の4つの実験における平均エッチング速度を示している。

20

【0053】

なお、これら4つの実験それぞれにおいて、RF電源50により第1電極30に印加された高周波による電力密度は $1.6\text{W}/\text{cm}^2$ であり、チャンバー10内の圧力は 0.3Pa である。また、これらの実験では、冷却器60により第1電極30を常温に冷却した状態で行っている。更に、図9に示す4つのグラフは、60分間での平均エッチング速度を示している。

30

【0054】

図9に示すように、ステージ部材70を全く用いない場合（図9において「No.1」で示すグラフ）と、ステージ部71と第1電極30を熱伝導グリスで接触させて真空絶縁層無しで第1電極30上に設置した場合（図9において「No.2」で示すグラフ）とでは、エッチング速度の向上は観察されなかった。また、梁部74の断面積の小さい、すなわち梁部74が細い程、被加工材Xから第1電極30への梁部74を通じた熱伝導が低下するため、エッチング速度が向上することがわかる（図9における「No.3」及び「No.4」参照）。更に、脚部73'の下部に熱伝導グリスGを設けたステージ部材70を用いた実験（図9において実験結果を「No.3」、「No.4」で示した実験）では、真空中で温度を測定するシール材での計測により、被加工材Xの温度が 240 度以上になっていることが確認された。したがって、ステージ部71の下面と第1電極30の上面との間に形成された空隙V2、及び梁部74により、被加工材Xから第1電極30への伝熱が抑制され、被加工材Xの温度上昇を実現でき、その結果、エッチレート的大幅な上昇が可能になることがわかる。

40

【0055】

このように、本発明に係るプラズマエッチング装置によれば、金属の難加工材料として

50

代表的なチタンについても、深掘り反応性イオンエッチングが可能になる。なお、図6に示すステージ部材70を用いて、図10に示すチタンウェハの貫通加工や、図11に示す加工面の表面粗さの低減も実現できた。

【0056】

以上のとおり、本発明に係るプラズマエッチング装置によれば、半導体ウェハなどのシリコンや酸化膜を対象としたプラズマエッチング処理に加えて、チタンやチタン合金などの各種金属や機能性セラミックスなどの難加工材料を対象としたプラズマエッチング処理をも実現することができる。特に、センサ・マイクロマシン分野では、各種センサ・アクチュエータ用の材料や、金属製マイクロ部品やその鑄型のための材料として、シリコン以外に多種多様な難加工材料が利用されており、加工量も多く、その材料とエッチングガスとの反応生成物の揮発性も材料によって大きく異なる。そのため、従来は、材料に応じてプラズマエッチング装置の仕様を大きく変更する対応や、高額ではあるが、材料に応じて別々のプラズマエッチング装置を用意する対応が必要であった。

10

【0057】

しかしながら、本発明に係るプラズマエッチング装置では、被加工材と第1電極との間に介在させる伝熱抑制部材の形状や材料等により、被加工材から第1電極への熱伝導を制御することができ、プラズマ生成のための高周波電力を利用して外部ヒータあるいは埋め込み式ヒータを用いることなく、被加工材とエッチングガスとの反応生成物の揮発性に応じた所望の温度まで被加工材を昇温させることが可能となる。そのため、本発明に係るプラズマエッチング装置によれば、シリコンや酸化膜のみならず、多種多様な難加工材料を

20

【0058】

なお、上述した伝熱抑制部材を、シリコンや酸化膜を主な対象としている既存のプラズマエッチング装置の電極に装着することにより、難加工材料のプラズマエッチング処理を実現する本発明に係るプラズマエッチング装置とすることも可能である。例えば、シリコンや酸化膜を主な対象としている既存のプラズマエッチング装置のチャンバー内の第1電極(カソード)上に、この第1電極との間の少なくとも一部に間隙が形成されるように、伝熱抑制部材としてのステージ部材20を設置する工程と、ステージ部材20の第1電極側とは反対側の面上に被加工材を固定する工程と、チャンバー内で第1電極に高周波電圧

30

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明は、プラズマエッチング装置に関する。

【符号の説明】

【0060】

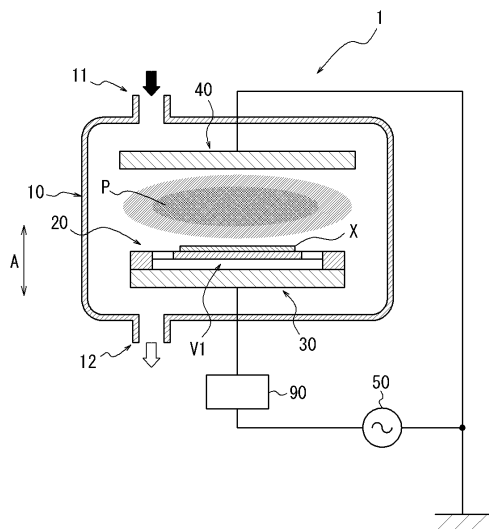
- 1、101：プラズマエッチング装置
- 10：チャンバー
- 11：ガス吸気部
- 12：ガス排気部
- 20、70、80：ステージ部材(伝熱抑制部材)
- 21、71、81：ステージ部
- 22、72、82：支持部
- 23、73、73'、83：脚部
- 24、74：梁部
- 25：外縁
- 26、76、86：脚部の先端部
- 30：第1電極
- 40：第2電極

40

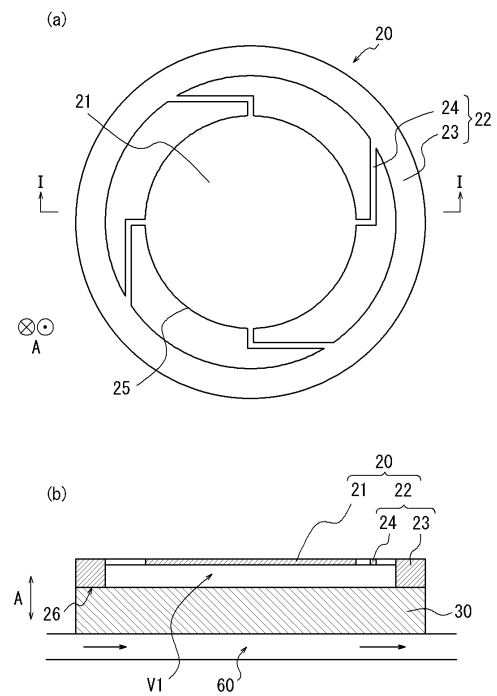
50

- 50 : RF 電源 (電源)
- 60 : 冷却器
- 90 : 整合器
- 120 : 断熱部材 (伝熱抑制部材)
- 121 : ステージ部材
- A : ステージ部の厚み方向
- G : 熱伝導グリス
- P : プラズマ
- T : ステージ部の厚み
- V1 ~ V3 : 空隙
- W : 梁部の横断面における幅
- X : 被加工材

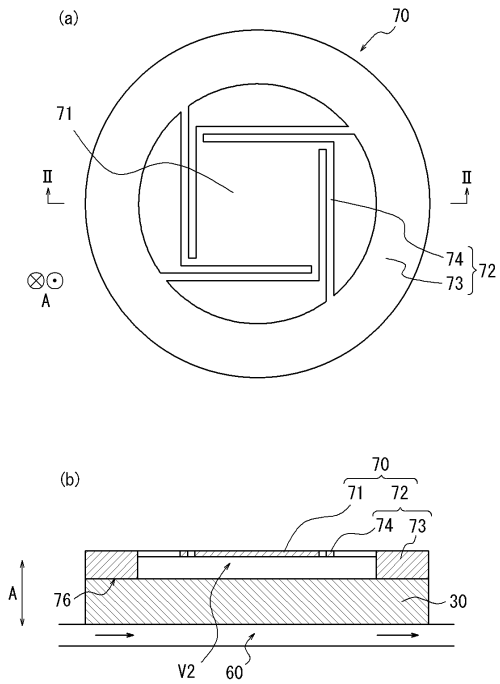
【 図 1 】



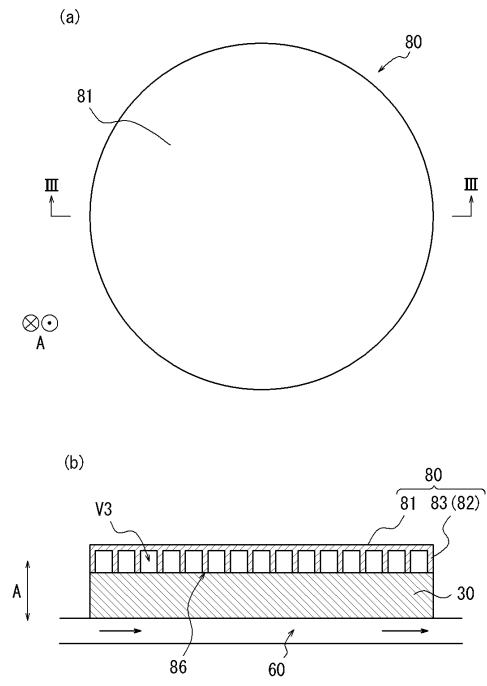
【 図 2 】



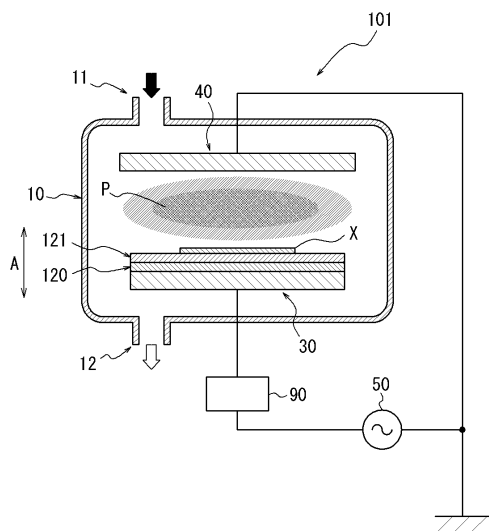
【図3】



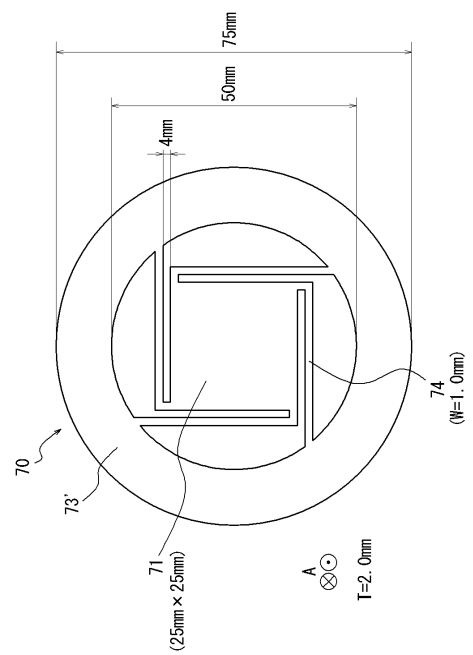
【図4】



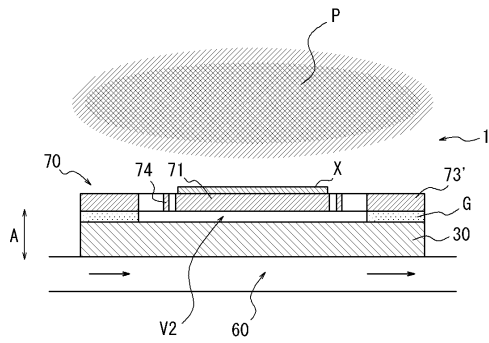
【図5】



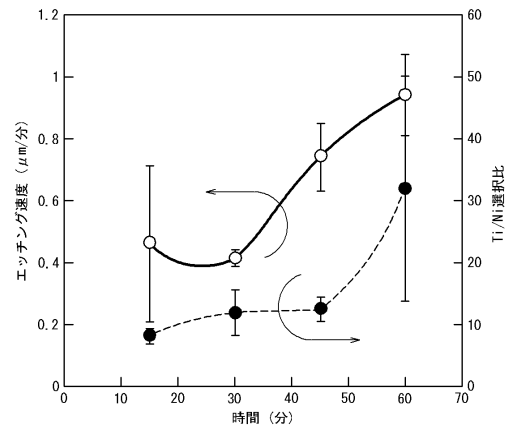
【図6】



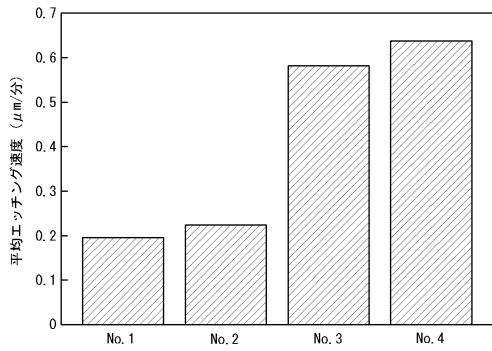
【図7】



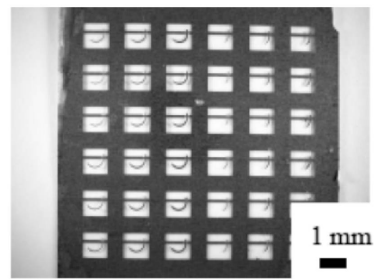
【図8】



【図9】

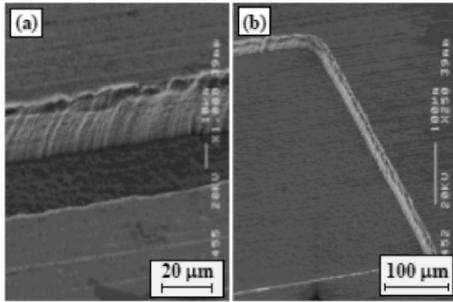


【図10】



チタンウェハの貫通加工による
微小手術針の作製例

【 図 1 1 】



チタンウェハの加工面形状の走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像の例 (斜め上方から観察した断面) チタンウェハの加工面形状の走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像の例 (斜め上方から観察したエッチング面)

フロントページの続き

(72)発明者 山田 周史

新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 大学院自然科学研究科内

審査官 高橋 宣博

(56)参考文献 特開平04 - 364725 (JP, A)
特開2014 - 150186 (JP, A)
特開2012 - 230900 (JP, A)
特開2008 - 069382 (JP, A)
特開2006 - 261541 (JP, A)
特開2002 - 299319 (JP, A)
特開2001 - 203257 (JP, A)
国際公開第2007/018157 (WO, A1)
特開平4 - 299832 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46