

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4454718号  
(P4454718)

(45) 発行日 平成22年4月21日 (2010. 4. 21)

(24) 登録日 平成22年2月12日 (2010. 2. 12)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

C 2 3 F 4/00 (2006. 01)

H O 1 L 21/31 (2006. 01)

H O 5 H 1/46 (2006. 01)

C 2 3 C 14/34 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 1 O 1 B

C 2 3 F 4/00 A

H O 1 L 21/31 C

H O 5 H 1/46 M

C 2 3 C 14/34 T

請求項の数 30 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-126878  
 (22) 出願日 平成11年5月7日 (1999. 5. 7)  
 (65) 公開番号 特開2000-323456 (P2000-323456A)  
 (43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)  
 審査請求日 平成18年4月27日 (2006. 4. 27)

(73) 特許権者 000219967  
 東京エレクトロン株式会社  
 東京都港区赤坂五丁目3番1号  
 (74) 代理人 100099944  
 弁理士 高山 宏志  
 (72) 発明者 奥石 公  
 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京エ  
 レクトロン株式会社 総合研究所内

審査官 今井 淳一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびそれに用いられる電極

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チャンバー内に第1および第2の電極を互いに平行に設け、前記第2の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第1および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第1の電極は、第2の電極に対向するように設けられた電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、誘電体部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第2電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、前記第1の電極には、その前記第2の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記誘電体部材からなる前記中央部分の直径は10～50mmであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

チャンバー内に第1および第2の電極を互いに平行に設け、前記第2の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第1および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第1の電極は、第2の電極に対向するように設けられた電極板を備え、この電極板

は、導電体または半導体で構成された外側部分と、高抵抗部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第 2 電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記高抵抗部材からなる前記中央部分の直径は 50 ～ 220 mmであることを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記高抵抗部材からなる前記中央部分の以下の (1) 式で表されるスキンドープス が、前記電極板の前記中央部分の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

$$= (2 / \mu)^{1/2} \dots\dots (1)$$

ただし、 $\omega = 2\pi f$  (f : 周波数)、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率

【請求項 6】

前記電極板の前記外側部分および前記中央部分がいずれも Si からなり、ドーパントのドーパ量を異ならせることにより前記外側部分と前記中央部分とを形成することを特徴とする請求項 3 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、誘電体部材がこの電極板の第 2 の電極側と反対側の面の中央部に接するように設けられ、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、高抵抗部材がこの電極板の第 2 の電極側と反対側の面の中央部に接するように設けられ、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記電極板は、以下の (1) 式で表されるスキンドープス が、電極板の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

$$= (2 / \mu)^{1/2} \dots\dots (1)$$

ただし、 $\omega = 2\pi f$  (f : 周波数)、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率

【請求項 10】

前記誘電体部材または前記高抵抗部材の直径は 50 ～ 220 mmであることを特徴とする請求項 7 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記電極板の抵抗は 1 ～ 100  $\Omega \cdot \text{cm}$ であることを特徴とする請求項 7 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記誘電体部材または前記高抵抗部材の全体は、前記電極板と電極支持体とで覆われていることを特徴とする請求項 7 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 13】

電極支持体にはガス供給管が接続され、前記電極板を介して処理ガスが供給されることを特徴とする請求項 7 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 14】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられ、導電体または半導体で構成された電極板を備え、電磁波吸収効果を有する部材がこの電極板の第 2 の電極側と反対側の面の中央部に接するように設けられ、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面の中央部から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

## 【請求項 15】

前記第 1 の電極に印加される高周波電力の周波数が 27 MHz 以上であり、形成されるプラズマの密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 16】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第 1 の電極として用いられる電極であって、

20

第 2 の電極に対向するように設けられる電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、誘電体部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第 2 電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、該電極には、その前記第 2 の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極。

## 【請求項 17】

前記誘電体部材からなる前記中央部分の直径は 10 ~ 50 mm であることを特徴とする請求項 16 に記載の電極。

30

## 【請求項 18】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第 1 の電極として用いられる電極であって、

第 2 の電極に対向するように設けられる電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、高抵抗部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第 2 電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、該電極には、その前記第 2 の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極。

40

## 【請求項 19】

前記高抵抗部材からなる前記中央部分の直径は 50 ~ 220 mm であることを特徴とする請求項 18 に記載の電極。

## 【請求項 20】

前記高抵抗部材からなる前記中央部分の以下の (1) 式で表されるスキンデプス  $\delta$  が、前記電極板の中央部分の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 18 または請求項 19 に記載の電極。

$$\delta = \left( \frac{2}{\mu} \right)^{1/2} \dots \dots (1)$$

ただし、 $\delta$  =  $2 / f$  ( $f$  : 周波数)、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率

50

## 【請求項 2 1】

前記電極板の前記外側部分および前記中央部分がいずれも Si からなり、ドーパントのドーパ量を異ならせることにより前記外側部分と前記中央部分とを形成することを特徴とする請求項 1 8 から請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の電極。

## 【請求項 2 2】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第 1 の電極として用いられる電極であって、

第 2 の電極に対向するように設けられる、導電体または半導体で構成された電極板を備え、誘電体部材がこの電極板の第 2 の電極側となる面と反対側の面の中央部に接するように設けられ、該電極には、その前記第 2 の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極。

## 【請求項 2 3】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第 1 の電極として用いられる電極であって、

第 2 の電極に対向するように設けられる、導電体または半導体で構成された電極板を備え、高抵抗部材がこの電極板の第 2 の電極側となる面と反対側の面の中央部に接するように設けられ、該電極には、その前記第 2 の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極。

## 【請求項 2 4】

前記電極板は、以下の ( 1 ) 式で表されるスキンドープス が、電極板の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 2 2 または請求項 2 3 に記載の電極。

$$= ( 2 / \mu )^{1/2} \dots \dots ( 1 )$$

ただし、 $\omega = 2 \pi f$  (  $f$  : 周波数 )、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率

## 【請求項 2 5】

前記誘電体部材または前記高抵抗部材の直径は 5 0 ~ 2 2 0 mm であることを特徴とする請求項 2 2 から請求項 2 4 のいずれか 1 項に記載の電極。

## 【請求項 2 6】

前記電極板の抵抗は 1 ~ 1 0 0  $\Omega \cdot \text{cm}$  であることを特徴とする請求項 2 2 から請求項 2 5 のいずれか 1 項に記載の電極。

## 【請求項 2 7】

前記誘電体部材または前記高抵抗部材の全体は、前記電極板と電極支持体とで覆われていることを特徴とする請求項 2 2 から請求項 2 6 のいずれか 1 項に記載の電極。

## 【請求項 2 8】

電極支持体にはガス供給管が接続され、前記電極板を介して処理ガスが供給されることを特徴とする請求項 2 2 から請求項 2 7 のいずれか 1 項に記載の電極。

## 【請求項 2 9】

チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置に第 1 の電極として用いられる電極であって、

第 2 の電極に対向するように設けられる、導電体または半導体で構成された電極板を備え、電磁波吸収効果を有する部材がこの電極板の第 2 の電極側となる面と反対側の面の中央部に接するように設けられ、該電極には、その前記第 2 の電極と反対側となる面から高

10

20

30

40

50

周波電力が印加されることを特徴とする電極。

【請求項 30】

印加される高周波電力の周波数が  $27\text{ MHz}$  以上であり、プラズマの密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上で使用されることを特徴とする請求項 16 から請求項 29 のいずれか 1 項に記載の電極。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板等の基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置およびそれに用いられる電極に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば半導体デバイスの製造プロセスにおいては、被処理基板である半導体ウエハに対して、エッチングやスパッタリング、CVD（化学気相成長）等のプラズマ処理が多用されている。

【0003】

このようなプラズマ処理を行うためのプラズマ処理装置としては、種々のものが用いられているが、その中でも容量結合型平行平板プラズマ処理装置が主流である。

【0004】

容量結合型平行平板プラズマ処理装置は、チャンバー内に一对の平行平板電極（上部および下部電極）を配置し、処理ガスをチャンバー内に導入するとともに、電極の少なくとも一方に高周波を印加して電極間に高周波電界を形成し、この高周波電界により処理ガスのプラズマを形成して半導体ウエハに対してプラズマ処理を施す。

【0005】

このような容量結合型平行平板プラズマ処理装置により半導体ウエハ上の膜、例えば酸化膜をエッチングする場合には、チャンバー内を中圧にして、中密度プラズマを形成することにより、最適ラジカル制御が可能であり、それによって適切なプラズマ状態を得ることができ、高い選択比で、安定性および再現性の高いエッチングを実現している。

【0006】

しかしながら、近年、ULSIにおけるデザインルールの微細化がますます進み、ホール形状のアスペクト比もより高いものが要求されており、酸化膜のエッチング等において従来の条件では必ずしも十分とはいえなくなりつつある。

【0007】

そこで、印加する高周波電力の周波数を上昇させ、良好なプラズマの解離状態を維持しつつ、高密度プラズマを形成することが試みられている。これにより、より低圧の条件下で適切なプラズマを形成することができるので、さらなるデザインルールの微細化に適切に対応することが可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、本発明者の検討結果によれば、このようなプラズマ処理装置においては、上部電極が導電体または半導体であるため、以下のような不都合が生じることが判明した。

【0009】

上述したように高密度プラズマを形成するために印加周波数を上昇させると、高周波が印加される電極における表面のインダクタンスを無視することができなくなり、径方向での電界分布が不均一になる。

【0010】

また、このようにプラズマを高密度化するとプラズマの非線形性の特性が顕著に現れ、プラズマからの反射波の高調波が増加する。そして、電極径が  $250 \sim 300$  となると、このような高調波により電極表面に定在波が生成され、やはり電極表面の電界分布が不均一になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 1 】

このように電界分布が不均一になるとプラズマ密度が不均一となってエッチングレート分布が不均一となるため、上記いずれかの電界分布不均一の原因を取り除いてエッチングレート分布を均一にすることが必要となる。

## 【 0 0 1 2 】

しかしながら、従来、このような高密度プラズマを用いた場合の問題点が必ずしも明確に認識されていたわけではなく、上記のような電界分布不均一を解消しようとする試みは未だなされていない。

## 【 0 0 1 3 】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、より微細化に対応可能な高密度プラズマを用いたプラズマ処理において、電極表面における電界分布の不均一を小さくすることが可能なプラズマ処理装置およびそれに用いられる電極を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 4 】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の観点によれば、チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられた電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、誘電体部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第 2 電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

前記誘電体部材からなる前記中央部分の直径は 1 0 ～ 5 0 m m であることが好ましい。

## 【 0 0 1 5 】

本発明の第 2 の観点によれば、チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられた電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、高抵抗部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第 2 電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置が形成される。

前記高抵抗部材からなる前記中央部分の直径は 5 0 ～ 2 2 0 m m であることが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

上記第 1 および第 2 の観点において前記高抵抗部材からなる前記中央部分の以下の ( 1 ) 式で表されるスキndeップス が、前記電極板の前記中央部分の厚さよりも大きいことが好ましい。

$$= ( 2 / \mu )^{1/2} \dots\dots ( 1 )$$

ただし、 $\epsilon = 2 / f$  (  $f$  : 周波数 )、 $\epsilon$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率

また、前記電極板の前記外側部分および前記中央部分がいずれも Si からなり、ドーパントのドーパ量を異ならせることにより前記外側部分と前記中央部分とを形成することが好ましい。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の第 3 の観点によれば、チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内

10

20

30

40

50

に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、誘電体部材がこの電極板の第 2 の電極側と反対側の面の中央部に接するように設けられ、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【 0 0 1 8 】

本発明の第 4 の観点によれば、チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、高抵抗部材がこの電極板の第 2 の電極側と反対側の面の中央部に接するように設けられ、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【 0 0 1 9 】

上記第 3 および第 4 の観点において、前記電極板は、以下の ( 1 ) 式で表されるスキンドープス が、電極板の厚さよりも大きいことが好ましい。

$$= ( 2 / \mu )^{1/2} \dots\dots ( 1 )$$

ただし、 $\sigma = 2 \pi f$  (  $f$  : 周波数 )、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率

また、前記誘電体部材または前記高抵抗部材の直径は 5 0 ~ 2 2 0 m m であることが好ましい。

さらに、前記電極板の抵抗は 1 ~ 1 0 0  $\Omega$  c m であることが好ましい。

さらにまた、前記誘電体部材または前記高抵抗部材の全体は、前記電極板と電極支持体とで覆われていることが好ましい。

さらにまた、電極支持体にはガス供給管が接続され、前記電極板を介して処理ガスが供給されることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

本発明の第 5 の観点によれば、チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記第 1 の電極は、第 2 の電極に対向するように設けられ、導電体または半導体で構成された電極板を備え、電磁波吸収効果を有する部材がこの電極板の第 2 の電極側と反対側の面の中央部に接するように設けられ、前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面の中央部から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【 0 0 2 1 】

上記各プラズマ処理装置において、前記第 1 の電極に印加される高周波電力の周波数が 2 7 M H z 以上であり、形成されるプラズマの密度が  $1 \times 10^{11}$  個 / c m <sup>3</sup> 以上であることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

本発明の第 6 の観点によれば、チャンバー内に第 1 および第 2 の電極を互いに平行に設け、前記第 2 の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第 1 の電極として用いられる電極であって、

第2の電極に対向するように設けられる電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、誘電体部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第2電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、該電極には、その前記第2の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極が提供される。

前記誘電体部材からなる前記中央部分の直径は10～50mmであることが好ましい。

#### 【0023】

本発明の第7の観点によれば、チャンバー内に第1および第2の電極を互いに平行に設け、前記第2の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第1および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第1の電極として用いられる電極であって、

第2の電極に対向するように設けられる電極板を備え、この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、高抵抗部材で構成された中央部分とを有し、前記電極板の前記第2電極側の面は、前記外側部分と前記中央部分とが平らになるように形成され、該電極には、その前記第2の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極が提供される。

前記高抵抗部材からなる前記中央部分の直径は50～220mmであることが好ましい。

#### 【0024】

上記第6および第7の観点において、前記高抵抗部材からなる前記中央部分の以下の(1)式で表されるスキンドープス  $\delta$  が、前記電極板の前記中央部分の厚さよりも大きいことが好ましい。

$$\delta = \left( \frac{2}{\mu} \right)^{1/2} \dots (1)$$

ただし、 $\delta = 2 / f$  ( $f$ :周波数)、 $\sigma$ :導電率、 $\mu$ :透磁率

また、前記電極板の前記外側部分および前記中央部分がいずれもSiからなり、ドーパントのドーパ量を異ならせることにより前記外側部分と前記中央部分とを形成することが好ましい。

#### 【0025】

本発明の第8の観点によれば、チャンバー内に第1および第2の電極を互いに平行に設け、前記第2の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第1および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第1の電極として用いられる電極であって、

第2の電極に対向するように設けられる、導電体または半導体で構成された電極板を備え、誘電体部材がこの電極板の第2の電極側となる面と反対側の面の中央部に接するように設けられ、該電極には、その前記第2の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極が提供される。

#### 【0026】

本発明の第9の観点によれば、チャンバー内に第1および第2の電極を互いに平行に設け、前記第2の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第1および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置の第1の電極として用いられる電極であって、

第2の電極に対向するように設けられる、導電体または半導体で構成された電極板を備え、高抵抗部材がこの電極板の第2の電極側となる面と反対側の面の中央部に接するように設けられ、該電極には、その前記第2の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極が提供される。

#### 【0027】

上記第8および第9の観点において、前記電極板は、以下の(1)式で表されるスキン



デップス が、電極板の厚さよりも大きいことが好ましい。

$$= (2 / \mu)^{1/2} \dots \dots (1)$$

ただし、 $\sigma = 2 \pi f$  ( $f$ : 周波数)、 $\sigma$ : 導電率、 $\mu$ : 透磁率

また、前記誘電体部材または前記高抵抗部材の直径は 50 ~ 220 mm であることが好ましい。

さらに、前記電極板の抵抗は 1 ~ 100  $\Omega$  cm であることが好ましい。

さらにまた、前記誘電体部材または前記高抵抗部材の全体は、前記電極板と電極支持体とで覆われていることが好ましい。

さらにまた、電極支持体にはガス供給管が接続され、前記電極板を介して処理ガスが供給されることが好ましい。

10

#### 【0028】

本発明の第10の観点によれば、チャンバー内に第1および第2の電極を互いに平行に設け、前記第2の電極に被処理基板を支持させた状態で、減圧下に保持されたチャンバー内に処理ガスを導入しつつ上記第1および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置に第1の電極として用いられる電極であって、

第2の電極に対向するように設けられる、導電体または半導体で構成された電極板を備え、電磁波吸収効果を有する部材がこの電極板の第2の電極側となる面と反対側の面の中央部に接するように設けられ、該電極には、その前記第2の電極と反対側となる面から高周波電力が印加されることを特徴とする電極が提供される。

20

#### 【0029】

上記各電極において、印加される高周波電力の周波数が 27 MHz 以上であり、プラズマの密度が  $1 \times 10^{11}$  個 / cm<sup>3</sup> 以上で使用されることが好ましい。

#### 【0030】

上記本発明の第1、第2、第6、第7の観点によれば、第1の電極の中央部分が誘電体部材または高抵抗部材で構成されることにより、誘電体部材の場合には、その容量成分により電極板のプラズマと接する面の径方向のインダクタンス成分を打ち消すことができ、位相によるインピーダンスの変化をほとんどなくすることができるので、また高抵抗部材の場合には、そこでより多くの高周波電力がジュール熱として消費されるので、電極板のプラズマと接する面の中央部の電界強度を低下させることができ、電極板の表面からプラズマへ供給される電界が均一となってプラズマ密度を均一にすることができる。

30

#### 【0031】

上記本発明の第3、第4、第8、第9の観点によれば、電極板の第2の電極側と反対側の面の中央部に接するように誘電体部材または高抵抗部材を設け、かつ誘電体部材または高抵抗部材に高周波電力が供給されるようにすることにより、誘電体部材の場合には、その容量成分により電極板のプラズマと接する面の径方向のインダクタンス成分を打ち消すことができ、位相によるインピーダンスの変化をほとんどなくすることができるので、また高抵抗部材の場合には、そこでより多くの高周波電力がジュール熱として消費されるので、いずれも電極板のプラズマと接する面の中央部の電界強度を低下させることができ、電極板の表面からプラズマへ供給される電界が均一となってプラズマ密度を均一にすることができる。また、電極板を2体化する必要がなく、従来と同様の一体的な導体または半導体からなる電極板を使用することができる。

40

#### 【0033】

上記本発明の第5の観点および第10の観点によれば、電極板の第2の電極側と反対側の面の中央部に接するように電磁波吸収効果を有する部材が設けられており、このような電磁波吸収効果を有する部材は高周波を吸収する機能を有するので、この電磁波吸収効果を有する部材によりプラズマからの高調波を吸収することができる。これにより電極板のプラズマと接触する面に形成されていた定在波が解消され、電極板のプラズマと接触する面の電界分布が均一となり、プラズマ密度を均一にすることができる。

#### 【0034】

50

**【発明の実施の形態】**

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置を模式的に示す断面図である。このプラズマ処理装置1は、電極板が上下平行に対向し、一方にプラズマ形成用電源が接続された容量結合型平行平板エッチング装置として構成されている。

**【0035】**

このプラズマ処理装置1は、例えば表面がアルマイト処理（陽極酸化処理）されたアルミニウムからなる円筒形状に成形されたチャンバー2を有しており、このチャンバー2は接地されている。前記チャンバー2内の底部にはセラミックなどの絶縁板3を介して、被処理体、例えば半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）Wを載置するための略円柱状のサセプタ支持台4が設けられており、さらにこのサセプタ支持台4の上には、下部電極を構成するサセプタ5が設けられている。このサセプタ5にはハイパスフィルター（HPF）6が接続されている。

10

**【0036】**

前記サセプタ支持台4の内部には、冷媒室7が設けられており、この冷媒室7には、例えば液体窒素などの冷媒が冷媒導入管8を介して導入されて循環し、その冷熱が前記サセプタ5を介して前記ウエハWに対して伝熱され、これによりウエハWの処理面が所望の温度に制御される。

**【0037】**

前記サセプタ5は、その上中央部が凸状の円板状に成形され、その上にウエハWと略同形の静電チャック11が設けられている。静電チャック11は、絶縁材の間に電極12が介在されており、電極12に接続された直流電源13から例えば1.5kVの直流電圧が印加されることにより、例えばクーロン力によってウエハWを静電吸着する。

20

**【0038】**

そして、前記絶縁板3、サセプタ支持台4、サセプタ5、さらには前記静電チャック11には、被処理体であるウエハWの裏面に、伝熱媒体、例えばHeガスなどを供給するためのガス通路14が形成されており、この伝熱媒体を介してサセプタ5の冷熱がウエハWに伝達されウエハWが所定の温度に維持されるようになっている。

**【0039】**

前記サセプタ5の上端周縁部には、静電チャック11上に載置されたウエハWを囲むように、環状のフォーカスリング15が配置されている。このフォーカスリング15はシリコンなどの導電性材料からなっており、これによりエッチングの均一性が向上される。

30

**【0040】**

前記サセプタ5の上方には、このサセプタ5と平行に対向して上部電極21が設けられている。この上部電極21は、絶縁材25を介して、チャンバー2の上部に支持されており、サセプタ5との対向面を構成し、多数の吐出孔24を有する電極板23と、この電極板23を支持し、導電性材料、例えば表面がアルマイト処理されたアルミニウムからなる水冷構造の電極支持体22とによって構成されている。この電極21の詳細な構成については後述する。なお、サセプタ5と上部電極21とは、例えば10～60mm程度離間している。

40

**【0041】**

前記上部電極21における電極支持体22にはガス導入口26が設けられ、さらにこのガス導入口26には、ガス供給管27が接続されており、このガス供給管27には、バルブ28、およびマスフローコントローラ29を介して、処理ガス供給源30が接続されている。処理ガス供給源30から、プラズマ処理、例えばエッチングのための処理ガスが供給される。

**【0042】**

処理ガスとしては、従来用いられている種々のものを採用することができ、例えばフッ素カーボンガス（ $C_xF_y$ ）やハイドロフルオロカーボンガス（ $C_pH_qF_r$ ）のようなハロゲン元素を含有するガスを好適に用いることができる。他にAr、He等の希ガスやN<sub>2</sub>

50

を添加してもよい。

#### 【0043】

前記チャンバー2の底部には排気管31が接続されており、この排気管31には排気装置35が接続されている。排気装置35はターボ分子ポンプなどの真空ポンプを備えており、これによりチャンバー2内を所定の減圧雰囲気、例えば1Pa以下の所定の圧力まで真空引き可能なように構成されている。また、チャンバー2の側壁にはゲートバルブ32が設けられており、このゲートバルブ32を開にした状態でウエハWが隣接するロードロック室（図示せず）との間で搬送されるようになっている。

#### 【0044】

上部電極21には、整合器41を介して第1の高周波電源40が接続されており、その際の給電は上部電極21の上面中央部に接続された給電棒33により行われる。また、上部電極21にはローパスフィルター(LPF)42が接続されている。この第1の高周波電源40は、27～150MHzの範囲の周波数を有しており、このように高い周波数を印加することによりチャンバー2内に好ましい解離状態でかつ高密度のプラズマを形成することができ、低圧条件下のプラズマ処理が可能となる。この例では、高周波電源40として60MHzのものをを用いている。

#### 【0045】

下部電極としてのサセプタ5には、第2の高周波電源50が接続されており、その給電線には整合器51が介在されている。この第2の高周波電源50は1～4MHzの範囲の周波数を有しており、このような範囲の周波数を印加することにより、被処理体であるウエハWに対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えることができる。この例では、第2の高周波電源50として2MHzのものをを用いている。

#### 【0046】

次に、上部電極21の構成について詳細に説明する。

上部電極21の電極板23は、通常、SiやSiC等の導電体または半導体で構成されており、高周波電源40から給電棒33を介して供給される高周波電流が高周波数化すると、表皮効果により電極の極表面にしか電力が供給されず、図2に示すように、電力は給電棒33の表面、電極支持体22の上面、電極支持体22の側面、電極板23の側面を通過してプラズマ接触面である電極板23の下面に達する。この場合に、給電棒33は上部電極21の中心に存在しているため、電極板23下面のエッジ部ではどこも電力が同じ位相であり、図3に示すように、電極板23のエッジ部から同位相で中心方向へ徐々に電力が供給されるため、電極板23の中心とエッジ部とで位相差 $d/\lambda$ （ $\lambda$ は電極表面波の波長、 $d$ は電極の半径）が生じる。印加周波数が高くなると、電極板23下面の径方向のインダクタンス( $L_j$ )を無視できなくなり、上記位相差による干渉作用によって、電極板23下面の中央部分のインピーダンスが低くなるため、電極板23下面の中心部分の電界強度がエッジ部分の電界強度よりも高くなる。また、中心位置はプラズマと接しているため、RF等価回路的には開放端となっている。したがって、プラズマへ供給される電界分布が定在波動的となり、プラズマ密度の不均一を生じる。

#### 【0047】

このようなプラズマ密度の不均一を解消するために、第1の例では、図4に示すように、電極板23を、例えば50mm×cm程度の低抵抗の導電体または半導体からなる外側部分61と、誘電体からなる中央部分62とにより構成する。このように誘電体により中央部分62を構成することにより、その部分においてプラズマとの間の容量成分が付加されることとなる。ここで、インピーダンス $Z$ は

$$Z = L - (1/C)j \quad (\text{ただし、} \omega = 2\pi f \text{ (} f: \text{周波数)})$$

で表すことできるから、誘電体部材62の容量 $C$ により、インピーダンス $Z$ における径方向のインダクタンス成分( $L$ )を容量成分( $-1/C$ )で打ち消すことができる。したがって、電極板23下面中央部において位相によるインピーダンス $Z$ の大きさの変化をほとんどなくすることができ、電極板23下面中央部の電界強度が低下し、電極下面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。

## 【 0 0 4 8 】

なお、この際の誘電体からなる中央部分 6 2 の径は、電極 2 1 の直径が 3 0 0 m m の場合には、1 0 ~ 5 0 m m が好ましい。また、中央部分 6 2 を構成する誘電体 6 2 の誘電率は、 $L$  を打ち消すことができる大きさであればよく、例えば誘電率 3 程度のポリイミド系樹脂を適用することができる。さらに、外側部分 6 1 としては、従来から電極板材料として使用されている S i、S i C 等の導体または半導体を用いることができる。

## 【 0 0 4 9 】

次に、上部電極 2 1 の第 2 の例について説明する。

第 2 の例では、図 5 に示すように、電極板 2 3 を、例えば 5 0 m ・ c m 程度の低抵抗の導電体または半導体からなる外側部分 6 3 と、例えば 1 ~ 1 0 0 ・ c m の相対的に抵抗

10

が高い高抵抗部材からなる中央部分 6 4 とにより構成する。このように高抵抗部材で中央部分 6 4 を構成することにより、その部分で電力が供給される部分の厚さ、いわゆるスキndeップス が変化する。つまり、スキndeップス は、

$$= (2 / \mu)^{1/2} \quad (\text{ただし、} \sigma : \text{導電率、} \mu : \text{透磁率})$$

と表すことができ、抵抗が大きくなって導電率 が低下するとスキndeップス が大きくなる。そして、高抵抗部材 6 4 のスキndeップス がその厚さよりも大きくなると、図 6 に示すように高抵抗部材 6 4 において高周波電力がその裏面にも供給されることとなり、高周波電力が高抵抗部材 6 4 の裏面側から下面に達するまでの間にジュール熱となって放出されることとなる。これにより、電極板 2 3 下面中央部において電界強度が低下することとなる。したがって、電極板 2 3 の下面の電界強度が均一となり、結果として電極下面

20

## 【 0 0 5 0 】

なお、この際の高抵抗部材からなる中央部分 6 4 の直径は、電極 2 1 の直径が 3 0 0 m m の場合に 5 0 ~ 2 2 0 m m であることが好ましい。中央部分 6 4 を構成する高抵抗部材は、ボロン等のドーパントの量を調整するだけで抵抗を調整することができることから S i で構成することが好ましい。また、外側部分 6 3 としては、従来から電極板材料として使用されている S i、S i C 等の導体または半導体を用いることができるが、電極板 2 3 全体を S i で構成し、ドーパント、例えばボロンのドーパ量を変化させることにより外側部分 6 3 および高抵抗部材 6 4 を形成することがより簡便である。

## 【 0 0 5 1 】

30

次に、上部電極 2 1 の第 3 の例について説明する。

この例では、図 7 に示すように、電極板 2 3 の裏面側中央に接するように誘電体部材 6 5 を設けている。ここでは電極板 2 3 として例えば 1 ~ 1 0 0 ・ c m の範囲の高抵抗の導電体または半導体を用い、スキndeップス が電極板 2 3 の厚さよりも厚くなるようにする。これにより、高周波電力は電極板 2 3 の裏面側にも供給されるようになり、このように誘電体部材 6 5 を電極板 2 3 の裏面中央部に配置することにより、その部分においてプラズマとの間の容量成分が付加されることとなる。したがって、第 1 の例と同様、インピーダンスにおける径方向のインダクタンス成分 ( $L$ ) を容量成分 ( $-1/C$ ) で打ち消すことができる。このため、電極板 2 3 下面中央部において位相によるインピーダンスの大きさの変化が小さくなり、電極板 2 3 下面中央部の電界強度が低下し、電極下面

40

からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。この例の場合には、第 1 および第 2 の例のように電極板 2 3 を 2 体化する必要がなく、従来と同様の一体的な導体または半導体からなる電極板を使用することができる。

## 【 0 0 5 2 】

なお、この際の誘電体部材 6 5 の径は、電極 2 1 の直径が 3 0 0 m m の場合には、5 0 ~ 2 2 0 m m が好ましい。また、誘電体部材 6 5 の誘電率は、 $L$  を打ち消すことができる大きさであればよく、例えば誘電率 3 程度のポリイミド系樹脂を適用することができる。

## 【 0 0 5 3 】

次に、上部電極 2 1 の第 4 の例について説明する。

50

この例では、図 8 に示すように、電極板 2 3 の裏面側中央に接するように高抵抗部材 6 6 を設けている。ここでは電極板 2 3 として例えば  $1 \sim 100 \text{ cm}$  の範囲の高抵抗のものを、スキンドープス が電極板 2 3 の厚さよりも厚くなるようにする。これにより、高周波電力は電極板 2 3 の裏面側にも供給されるようになり、このように高抵抗部材 6 6 を電極板 2 3 の裏面中央部に配置することにより、その部分に供給された高周波電力が高抵抗部材 6 6 においてジュール熱として放出され、これにより、電極板 2 3 下面中央部において電界強度が低下することとなる。したがって、電極板 2 3 の下面の電界強度が均一となり、結果として電極下面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。この例の場合にも、第 1 および第 2 の例のように電極板 2 3 を 2 体化する必要がなく、従来と同様の一体的な導体または半導体からなる電極板を使用することができる。

10

#### 【0054】

なお、この際の高抵抗部材 6 6 の直径は、電極 2 1 の直径が  $300 \text{ mm}$  の場合に  $50 \sim 220 \text{ mm}$  であることが好ましい。高抵抗部材 6 6 は Si で構成することによりボロン等のドーパントの量を調整するだけで抵抗を調整することができるので好ましい。

#### 【0055】

次に、上部電極 2 1 の第 5 の例について説明する。

この例では、図 9 に示すように、電極板 2 3 の下面に絶縁層 6 7 を形成している。この絶縁層 6 7 は、例えばセラミックスの溶射等により形成することができるが、その形成方法は問わない。このように絶縁層 6 7 を形成することにより、プラズマと電極板 2 3 とが絶縁層 6 7 を介して容量結合することとなる。したがって、RF 等価回路的には、電極板 2 3 とプラズマとの間に多数のコンデンサーが並列に存在している状態となり、結果として電極板 2 3 下面の径方向のインダクタンス成分 ( $L$ ) を絶縁層 6 7 の容量成分 ( $-1/C$ ) で打ち消すことができる。したがって、電極板 2 3 下面において位相によるインピーダンス  $Z$  の大きさの変化をほとんどなくすることができ、電極下面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。

20

#### 【0056】

なお、この際の絶縁層 6 7 は、インダクタンス成分 ( $L$ ) を打ち消すことができる程度の容量となるように、その材料および厚さが設定される。

#### 【0057】

ところで、上部電極 2 1 の電極板 2 3 下面の電界分布が不均一になるのは、上述のような印加周波数を上昇させた際の電極表面のインダクタンスの径方向の変化に起因するばかりでなく、プラズマの非線形性の特性が顕著に現れ、プラズマからの反射波の高調波が増加し、このような高調波により電極表面に定在波が生成されることによっても生じる。

30

#### 【0058】

つまり、プラズマからの反射波には多数の高調波が含まれており、これら高調波はさらに給電棒 3 3 のインダクタンス成分のため反射されるが、電極径が  $250 \sim 300 \text{ mm}$  となると、高調波の中にはこれと定在波を形成する波長のものが含まれているため、電極板 2 3 の下面に定在波が形成されて電極板 2 3 表面中心部で電界強度が大きくなってしま

40

#### 【0059】

そこで、上部電極 2 1 の第 6 の例では、図 10 に示すように、電極板 2 3 裏面側の中央部に接するように、例えばフェライト焼結体のような、電磁波吸収効果を有する部材 6 8 を設ける。このような電磁波吸収効果を有する部材 6 8 は高周波を吸収する機能を有するから、この部材 6 8 によりプラズマからの高調波を吸収する。これにより定在波が解消され、電極板 2 3 下面の電界分布が均一となり、プラズマ密度を均一にすることができる。この場合に、電磁波吸収効果を有する部材 6 8 としては、プラズマからの高調波は吸収するが、高周波電源 4 0 からの印加周波数は吸収しない特性を有するものを用いる。部材 6 8 の吸収周波数領域は、材料および組成によって調整することができる。

#### 【0060】

50

以上の第 1 ~ 第 6 の例の上部電極は、印加周波数が  $27\text{ MHz}$  以上で、プラズマ密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上の高密度の場合に特に有効である。

【0061】

次に、以上のような上部電極 21 を備えたプラズマ処理装置 1 における処理動作について、ウエハ W に形成された酸化膜をエッチングする場合を例にとって説明する。

【0062】

まず、被処理体であるウエハ W は、ゲートバルブ 32 が開放された後、図示しないロードロック室からチャンバー 2 内へと搬入され、静電チャック 11 上に載置される。そして、高圧直流電源 13 から直流電圧が印加されることによって、ウエハ W が静電チャック 11 上に静電吸着される。次いで、ゲートバルブ 32 が閉じられ、排気機構 35 によって、チャンバー 2 内が所定の真空度まで真空引きされる。

10

【0063】

その後、バルブ 28 が開放されて、処理ガス供給源 30 から処理ガスがマスフローコントローラ 29 によってその流量が調整されつつ、処理ガス供給管 27、ガス導入口 26 を通って上部電極 21 の内部へ導入され、さらに電極板 23 の吐出孔 24 を通って、図 1 の矢印に示すように、ウエハ W に対して均一に吐出され、チャンバー 2 内の圧力が所定の値に維持される。

【0064】

そして、その後、第 1 の高周波電源 40 から  $27 \sim 150\text{ MHz}$ 、例えば  $60\text{ MHz}$  の高周波が上部電極 21 に印加される。これにより、上部電極 21 と下部電極としてのサセプタ 5 との間に高周波電界が生じ、処理ガスが解離してプラズマ化する。

20

【0065】

他方、第 2 の高周波電源 50 からは、 $1 \sim 4\text{ MHz}$ 、例えば  $2\text{ MHz}$  の高周波が下部電極であるサセプタ 5 に印加される。これにより、プラズマ中のイオンがサセプタ 5 側へ引き込まれ、イオンアシストによりエッチングの異方性が高められる。

【0066】

このように、上部電極 21 に印加する高周波の周波数を  $27\text{ MHz}$  よりも高くすることにより、プラズマ密度を上げることができるが、従来の上部電極構造では、上述したように、印加周波数を上昇させた際の電極表面のインダクタンスの径方向の変化によって、または、プラズマからの反射波の高調波により電極板 23 下面に定在波が生成されることによって、電極板 23 下面での電界の不均一が生じる。これに対して、上部電極 21 を上記第 1 ~ 第 6 の例に示す構造にすることによって、これら電極板 23 下面での電界の不均一の原因のいずれかを解消することができるので、電極板 23 下面での電界分布を従来よりも均一にすることができ、プラズマ密度をより均一化することができる。すなわち、上記上部電極構造を採用することにより、印加する高周波の周波数が上昇し、プラズマ密度が上昇した際に生じる特有の問題を解消することができ、高密度でありながら均一なプラズマを形成することができる。したがって、エッチングの均一性が向上し、一層のデザインルールの微細化に適切に対応することが可能となる。特に、印加周波数が  $27\text{ MHz}$  以上で、プラズマ密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上の場合に上記問題が生じやすく、以上のような上部電極構造はこのような場合に特に有効である。

30

40

【0067】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されることなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、上下電極に高周波を印加したが、上部電極のみに高周波を印加するタイプであってもよい。また、上部電極に  $27 \sim 150\text{ MHz}$  の高周波を印加した場合について示したが、この範囲に限るものではない。さらに、被処理基板として半導体ウエハを用い、これにエッチングを施す場合について説明したが、これに限らず、処理対象としては液晶表示装置 (LCD) 基板等の他の基板であってもよく、またプラズマ処理もエッチングに限らず、スパッタリング、CVD 等の他の処理であってもよい。さらに、上記実施形態で示した上部電極の複数の例のいくつかを併用することも可能である。

【0068】

50

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、印加周波数を上昇させた際の電極板のプラズマ接触面のインダクタンスの径方向の変化による電界の不均一、または、プラズマからの反射波の高調波により電極板のプラズマ接触面に定在波が生成されることによって生じる電界の不均一を解消することができるので、電極板のプラズマ接触面での電界分布を従来よりも均一にすることができ、高密度プラズマにおけるプラズマ密度をより均一化することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態に係るエッチング装置を示す断面図。

【図 2】従来の上部電極における高周波電力の供給系路を模式的に示す断面図。

10

【図 3】従来の上部電極における高周波電力の供給系路を模式的に示す底面図。

【図 4】上部電極の第 1 の例を模式的に示す断面図。

【図 5】上部電極の第 2 の例を模式的に示す断面図。

【図 6】上部電極の第 2 の例の高周波電力の経路を模式的に示す図。

【図 7】上部電極の第 3 の例を模式的に示す断面図。

【図 8】上部電極の第 4 の例を模式的に示す断面図。

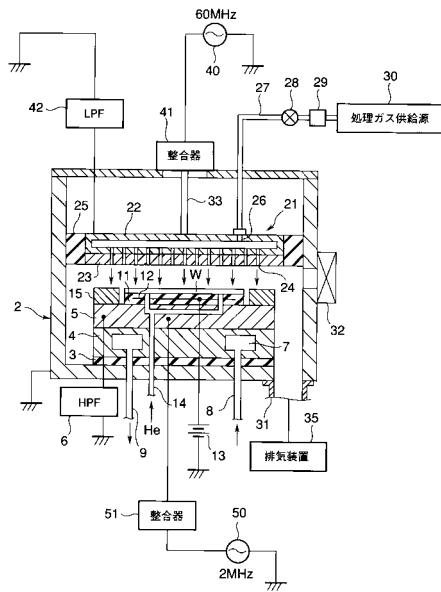
【図 9】上部電極の第 5 の例を模式的に示す断面図。

【図 10】上部電極の第 6 の例を模式的に示す断面図。

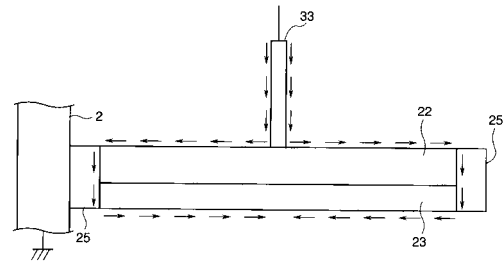
## 【符号の説明】

- |                      |    |
|----------------------|----|
| 1 ; エッチング装置          | 20 |
| 2 ; チャンバー            |    |
| 5 ; サセブタ (第 2 の電極)   |    |
| 6 ; ハイパスフィルタ         |    |
| 2 1 ; 上部電極 (第 1 の電極) |    |
| 2 3 ; 電極板            |    |
| 3 0 ; 処理ガス供給源        |    |
| 3 5 ; 排気装置           |    |
| 4 0 ; 第 1 の高周波電源     |    |
| 4 2 ; ローパスフィルタ       |    |
| 4 1 , 5 1 ; 整合器      | 30 |
| 5 0 ; 第 2 の高周波電源     |    |
| 6 1 , 6 3 ; 外側部分     |    |
| 6 2 ; 誘電体部材からなる中央部分  |    |
| 6 4 ; 高抵抗部材からなる中央部分  |    |
| 6 5 ; 誘電体部材          |    |
| 6 6 ; 高抵抗部材          |    |
| 6 7 ; 絶縁層            |    |
| 6 8 ; 電磁波吸収効果を有する部材  |    |
| W ; 半導体ウエハ           |    |

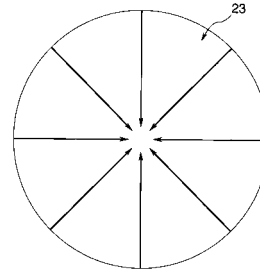
【図 1】



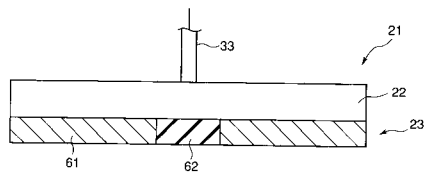
【図 2】



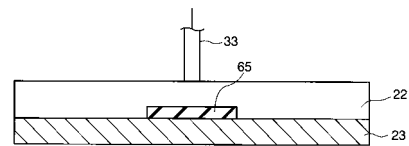
【図 3】



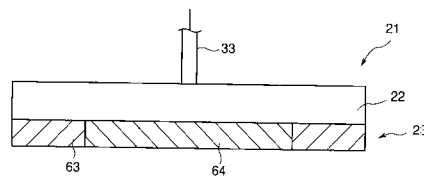
【図 4】



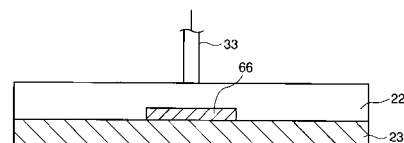
【図 7】



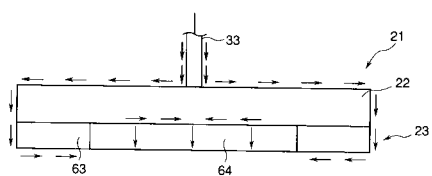
【図 5】



【図 8】

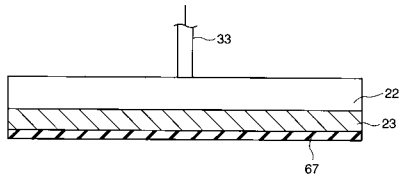


【図 6】

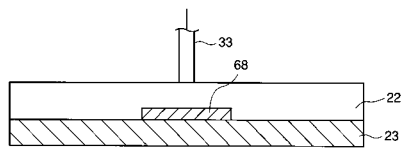




【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 3 C 14/50 (2006.01) C 2 3 C 14/50 Z

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 6 1 4 5 2 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 2 7 9 3 5 0 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 1 7 2 7 9 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 9 8 0 1 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/3065  
C23F 4/00  
H01L 21/31  
H05H 1/46  
C23C 14/34  
C23C 14/50