

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6082655号  
(P6082655)

(45) 発行日 平成29年2月15日(2017.2.15)

(24) 登録日 平成29年1月27日(2017.1.27)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302

I O 1 D

H O 5 H 1/46 (2006.01)

H O 5 H 1/46

B

H O 5 H 1/46

C

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-108286 (P2013-108286)  
 (22) 出願日 平成25年5月22日(2013.5.22)  
 (65) 公開番号 特開2014-229752 (P2014-229752A)  
 (43) 公開日 平成26年12月8日(2014.12.8)  
 審査請求日 平成27年11月26日(2015.11.26)

(73) 特許権者 501387839  
 株式会社日立ハイテクノロジーズ  
 東京都港区西新橋一丁目24番14号  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 小野 哲郎  
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式  
 会社日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所  
 内

審査官 鈴木 聡一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体製造装置およびその使用方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体製造用試料がプラズマ処理されるプラズマ処理室と、導波路を介してプラズマを生成するための高周波電力を前記プラズマ処理室に供給する高周波電源と、第一の開口部を有する第一のアンテナと第二の開口部を有する第二のアンテナとを具備し前記導波路と前記プラズマ処理室の間に配置された平面アンテナと、を備える半導体製造装置において

前記第二のアンテナに対して前記第一のアンテナを回転させる回転制御手段と、前記第二の開口部の分布が所望の分布となるように前記回転制御手段を制御する制御装置とをさらに備え、

前記第一の開口部は、第一の径方向に配置された第一のスリットと前記第一の径方向から所望の角度回転した第二の径方向に配置された第二のスリットと前記第二の径方向から所望の角度回転した第三の径方向に配置された第三のスリットとを有し、

前記第二の開口部は、径方向に配置された第四のスリットを有し、

前記第一のスリットは、任意の径方向に配置された第四のスリットを全て開口できるようなスリットであり、

前記第二のスリットは、任意の径方向に配置された第四のスリットの中心部のスリットと前記任意の径方向に配置された第四のスリットの外周部のスリットを開口できるようなスリットであって、

前記第三のスリットは、任意の径方向に配置された第四のスリットの間中部のスリットを

10

20

開口できるようなスリットであり、

前記第四のスリットは、複数の同一形状のスリットを含むことを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体製造装置において、  
前記制御装置は、プラズマ処理条件を規定するステップに基づいて前記回転制御手段を制御  
することを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の半導体製造装置において、  
前記第一のアンテナと前記第二のアンテナは、それぞれ同軸に配置されていることを特徴  
とする半導体製造装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 または 3 に記載の半導体製造装置において、  
前記第一のアンテナは、前記第二のアンテナよりも径方向の寸法が小さいことを特徴と  
する半導体製造装置。

【請求項 5】

請求項 1 または 3 に記載の半導体製造装置において、  
前記第一のアンテナは、中心部に配置された第三のアンテナと前記第三のアンテナの周囲  
に配置された第四のアンテナを有し、  
前記回転制御手段と異なり前記第三のアンテナを回転させる回転手段をさらに備え、  
前記回転制御手段は、前記第四のアンテナを回転させることを特徴とする半導体製造装置  
。

20

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の半導体製造装置において、  
前記プラズマ処理は、マイクロ波平面アンテナ方式のプラズマ源により生成されたプラズ  
マを用いたドライエッチングであることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の半導体製造装置において、  
前記プラズマは、電子サイクロトロン共鳴を用いて生成されたプラズマであることを特徴  
とする半導体製造装置。

30

【請求項 8】

半導体製造用試料がプラズマ処理されるプラズマ処理室と、導波路を介してプラズマを  
生成するための高周波電力を前記プラズマ処理室に供給する高周波電源と、第一の開口部  
を有する第一のアンテナと第二の開口部を有する第二のアンテナとを具備し前記導波路と  
前記プラズマ処理室の間に配置された平面アンテナと、を備える半導体製造装置を用いた  
半導体製造装置の使用方法において、  
前記第二の開口部の分布が所望の分布となるように前記第二のアンテナに対して前記第一  
のアンテナを回転させ、  
前記第一の開口部は、第一の径方向に配置された第一のスリットと前記第一の径方向から  
所望の角度回転した第二の径方向に配置された第二のスリットと前記第二の径方向から所  
望の角度回転した第三の径方向に配置された第三のスリットとを有し、  
前記第二の開口部は、径方向に配置された第四のスリットを有し、  
前記第一のスリットは、任意の径方向に配置された第四のスリットを全て開口できるよ  
うなスリットであり、  
前記第二のスリットは、任意の径方向に配置された第四のスリットの中心部のスリットと  
前記任意の径方向に配置された第四のスリットの外周部のスリットを開口できるようなス  
リットであって、  
前記第三のスリットは、任意の径方向に配置された第四のスリットの間中部のスリットを  
開口できるようなスリットであり、  
前記第四のスリットは、複数の同一形状のスリットを含むことを特徴とする半導体製造装  
置。

40

50

置の使用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ドライエッチング装置等の半導体製造装置およびその使用方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体の微細加工には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。ウエハを処理する真空容器内にプラズマを発生させる手段の例が、特許文献1や特許文献2に開示されている。これらの文献においては、導体板にスリット状の穴を多数開けたスロットアンテナと呼ばれる導体にマイクロ波領域の電磁波を流し、スリットの周囲に流れる電流で電磁波を真空容器中に放出させ、高密度のプラズマを発生させている。

10

【0003】

また真空容器内で発生するマイクロ波の導波路のインピーダンスを変えるために空洞共振内に2枚のスリットを設ける技術が特許文献3に記載されている。この技術により安定で均一なプラズマが発生できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5-190501号公報

20

【特許文献2】特開2009-259863号公報

【特許文献3】特開平2-138735号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体素子の製造に使用するSiウエハの径は量産性向上、コスト削減のために大口径化が進んでいる。現在主流は直径300mmのウエハだが、近い将来450mmへの移行も検討されている。一方、半導体製造装置では、ウエハの大口径化に伴い処理特性のウエハ面内均一性が課題となる。プラズマを用いたドライエッチング装置では、エッチング速度と加工形状をウエハ面内で均一に保つことが必要で、ウエハ大口径化に伴い均一化技術は困難さを増している。

30

【0006】

ドライエッチング装置で均一性を向上するためには、エッチング速度や形状に直接影響を与えているチャンバ内のプラズマ密度を制御する必要がある。プラズマの密度を均一化する方法の一つとして、特許文献1に記載されているアンテナの形状を最適化する方法が考えられる。たとえば、ウエハ大口径化に伴い、ウエハ周囲側のエッチング速度が中心付近と比較して遅くなる場合には、電界を放射するスリットの数を外周部に多く設けて、外周部のプラズマ密度が強くなるように設計すればよい。

【0007】

しかし、プラズマの均一性が最も良くなる条件は、プラズマを構成するガスの種類、圧力に依存する。また目的はウエハ上のエッチング速度と加工形状の均一化で、両者はプラズマの密度だけではなく、プラズマ中の反応生成物の密度分布などにも依存する。反応生成物の密度分布は処理するウエハの材料などにも依存するために、場合により異なる。つまり、均一なエッチング特性を得るためのプラズマ分布は、一定ではなく処理条件や処理ウエハにより異なる。

40

【0008】

しかし、従来技術には条件やウエハによりプラズマの密度分布を変える機能はない。現在主流の300mm径のウエハではこの機能が無くてもある程度対応できたが、さらにウエハの径が大きくなると課題の重要性は大きくなる。

【0009】

50

本発明の目的は、処理条件やウエハ（被加工物）の寸法が変わっても、均一なエッチング特性を得ることのできる半導体製造装置およびその使用方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成と処理手順を採用する。

【0011】

本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、一例を挙げるならば、半導体製造用試料をプラズマ処理するプラズマ処理室と、プラズマを生成するための高周波電力を導波路を介して前記プラズマ処理室に供給する高周波電源と、前記導波路と前記プラズマ処理室の間に配置された平面アンテナとを備える半導体製造装置において、

10

前記平面アンテナは、第一の開口部を有する第一のアンテナと第二の開口部を有する第二のアンテナとを具備し、

さらに、前記第二のアンテナに対して相対的に前記第一のアンテナの位置を制御する位置制御手段と、前記第二の開口部の分布が所望の分布となるように前記位置制御手段を制御する制御装置とを備えることを特徴とする半導体製造装置とする。

【0012】

また、半導体製造用試料をプラズマ処理するプラズマ処理室と、プラズマを生成するための高周波電力を導波路を介して前記プラズマ処理室に供給する高周波電源と、前記導波路と前記プラズマ処理室の間に配置された平面アンテナとを備える半導体製造装置を用いた半導体製造装置の使用法において、

20

前記平面アンテナは、第一の開口部を有する第一のアンテナと第二の開口部を有する第二のアンテナとを具備し、

前記第二の開口部の分布が所望の分布となるように、前記第二のアンテナに対して相対的に前記第一のアンテナの位置を調整することを特徴とする半導体製造装置の使用法とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明により、処理条件やウエハ（被加工物）の寸法が変わっても、均一なエッチング特性を得ることのできる半導体製造装置およびその使用方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1の実施例に係る半導体製造装置の概略全体構成図である。

【図2】本発明の第1の実施例に係る半導体製造装置におけるアンテナ板の平面図であり、（a）は平面アンテナAの一例を、（b）は平面アンテナBの一例を示す。

【図3】本発明の第2の実施例に係る半導体製造装置における同軸導波管変換部の詳細断面図である。

【図4】本発明の第2の実施例に係る半導体製造装置におけるアンテナ板の平面図であり、（a）はアンテナAの一例を、（b）はアンテナAの他の例を、（c）はアンテナBの一例を示す。

40

【図5】本発明の第3の実施例に係る半導体製造装置の概略全体構成図である。

【図6】本発明の第4の実施例に係る半導体製造装置におけるアンテナ板の平面図であり、（a）は平面アンテナAの一例を、（b）は平面アンテナBの一例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明ではプラズマを発生する電磁波の分布を時間とともに変化できる機能を提供する。この機能はスロットアンテナのスリットの形や位置の分布を可変な構造にすることで実現する。スリットの形や分布を変えるために複数枚のスロットアンテナを重ねてお互いの相対的な位置を変えることにより、スリットを部分的に塞ぐ機能を付加する。

【0016】

50

スロットアンテナ方式では、スリットから放射される電磁波がスリット近傍で強いプラズマを発生させて電磁波エネルギーが大部分アンテナの近傍、表面に極近い部分で消費される。この方式ではスロットアンテナ近傍で強いプラズマが発生するので、スリットの形や配置によりプラズマ密度分布が変わる。

【0017】

本発明により、条件やウエハの種類が変わっても、それに応じて電界分布を変えることで均一性を改善できる。

【0018】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施例を説明する。

【実施例1】

10

【0019】

図1に本発明の第1の実施例に係る半導体製造装置の一つであるマイクロ波平面アンテナ方式のドライエッチング装置の概略全体構成図を示す。チャンバ101は内部を空排気できる構造になっており、ウエハ102が試料台103上に、ウエハ搬出口110から出し入れできる。なお図では真空排気ポンプやウエハ搬出機構、ガス導入系は省略している。マイクロ波電源104から放出されたマイクロ波（たとえば2.45GHz）は導波管105を通過して同軸導波管変換部106で円柱状の同軸導波管107と内部導体108に変換された導波路を通り、平面アンテナA 111と平面アンテナB 112に供給される。

【0020】

20

図2(a)(b)にそれぞれ平面アンテナA 111と平面アンテナB 112の平面図を示す。平面アンテナAとBは円形（真円が望ましい）であり、それぞれは開口部であるスリット113が開いており、2枚が電氣的に接触するような形態で2枚重なった状態で天板114の上に設置される（図1）。天板114は石英あるいはセラミックなどの電磁波を透過する物質で成る。このスリット113の周囲に流れる電流により、電磁波が発生してチャンバ101内に放出される。チャンバ101内はエッチングガスが一定の圧力で保持されており、電磁波によりガスがプラズマ117化して反応性イオンがウエハ102に入射することでエッチングが進行する。試料台103には、入射イオンを加速するためのバイアス電源109が接続されている。

【0021】

30

この構成において、本実施例では平面アンテナA 111と平面アンテナB 112の相対的な位置を変えることにより、平面アンテナA 111のスリットを一部平面アンテナB 112で塞ぎ、開口するスリットの分布を変える。具体的には、平面アンテナA 111の外周には歯車になるように歯が刻まれており、パルスステップモータ115についた歯車116と噛み合っており、平面アンテナB 112に対して同軸で回転するようになっている。平面アンテナB 112を平面アンテナA 111に対して同軸で回転することもできる。図2に示す位置関係で平面アンテナA 111と平面アンテナB 112を重ねると、平面アンテナB 112のスリットは全て開口する。平面アンテナA 111を時計方向に15度回転すると、平面アンテナB 112の径方向中間部のスリットが塞がれる。また、平面アンテナA 111を時計方向に更に15度（合計で30度）回転すると平面アンテナB 112の径方向中心付近と外周のスリットが塞がれる。なお、符号127は制御装置を示す。今後の図面において同一符号は同一構成要素を示す。

40

【0022】

以上のように平面アンテナA 111を回転させることによりスリットの配置を変えることができ、従ってチャンバ内のプラズマ117の強度分布を変えることができる。また平面アンテナA 111と平面アンテナB 112のスリット113やその配置は図2に示される形には限らない。どのエッチング条件のときにどのスリット位置分布にするかは試験的に決める必要があるが、一般的には圧力が高くなると、イオンの平均自由行程が小さくなり、中心部でプラズマ密度が高くなる傾向があるので、中心部のスリット密度を減らすようにすればエッチング速度の均一性が向上する。

50

## 【 0 0 2 3 】

以上の構成により、エッチング条件あるいは被エッチング材料によって最適なプラズマ条件を設定可能となる。エッチング条件が複数のステップから成る場合はステップごとに平面アンテナ A 1 1 1 の回転角を変えて、プラズマの分布を制御することができる。また、制御装置 1 2 7 により、プラズマ処理条件を規定するステップに基づいて所望のプラズマ分布となるように平面アンテナ A 1 1 1 の回転角は制御される。

## 【 0 0 2 4 】

本実施例によれば、処理条件やウエハ（被加工物）の寸法が変わっても、平面アンテナ A のスリットの位置を平面アンテナ B のスリットの位置に対して変更することにより均一なエッチング特性を得ることのできる半導体製造装置およびその使用方法を提供することができる。

10

## 【実施例 2】

## 【 0 0 2 5 】

本発明の第 2 の実施例について図 3 と図 4 を用いて説明する。なお、実施例 1 に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。

## 【 0 0 2 6 】

図 3 は同軸導波管変換部 1 0 6 の断面図で、平面アンテナ A 1 1 1 を回転させる別の機構を示す。平面アンテナ A 1 1 1 は内部導体 1 0 8 に接続されているが、本実施例では内部導体 1 0 8 が絶縁物 3 0 3 を介してパルスステップモータ 3 0 1 の回転軸 3 0 2 につながっている。この機構により、平面アンテナ B 1 1 2 のスリットを部分的に塞ぎ、プラズマの強度分布すなわちエッチング特性の分布を制御できる。尚、本実施例では、絶縁物 3 0 3 を介して内部導体 1 0 8 を回転軸 3 0 2 につながっているが、内部導体 1 0 8 は、直接、回転軸 3 0 2 に接続されても良い。

20

## 【 0 0 2 7 】

また、図 4 は本実施例に係る半導体製造装置におけるアンテナ板の平面図であり、図 4 ( a ) はアンテナ A の一例を、図 4 ( b ) はアンテナ A の他の例を、図 4 ( c ) はアンテナ B の一例を示す。図 4 ( c ) は平面アンテナ B 4 0 1 で、T 字型のスリット 4 0 2 が設けられている。図 4 ( a ) は平面アンテナ A 4 0 3 で、径が平面アンテナ B 4 0 1 より小さい。この 2 つを組み合わせ、平面アンテナ A 4 0 3 を回転すると平面アンテナ B 4 0 1 の内周のスリットの一部を塞ぐことができる。本平面アンテナ A 4 0 3 は、図 3 の構成で用いるのに好適である。また図 4 ( b ) に示す平面アンテナ A 4 0 4 は広い開口部 4 0 5 を有しており、これを平面アンテナ B 4 0 1 と組み合わせることで外周部スリットの一部を塞ぐことができる。本平面アンテナ A 4 0 4 は、図 2 ( a ) で説明したように外周に歯を刻み、パルスステップモータ 1 1 5 についた歯車 1 1 6 と噛み合わせて、平面アンテナ B 4 0 1 に対して同軸で回転するようにできる。また、平面アンテナ B 4 0 1 に対し、平面アンテナ A 4 0 3 と平面アンテナ A 4 0 4 とを同時に組み合わせる用いることもできる。これにより、互いに独立して平面アンテナ B 4 0 1 のスリットの開閉状態を調整することができる。

30

## 【 0 0 2 8 】

本実施例によれば、処理条件やウエハ（被加工物）の寸法が変わっても、平面アンテナ A のスリットの位置を平面アンテナ B のスリットの位置に対して変更することにより均一なエッチング特性を得ることのできる半導体製造装置およびその使用方法を提供することができる。また、平面アンテナ A を 2 つ備えることにより、エッチング速度等の均一性を得るための組合せの自由度を増やすことができる。

40

## 【実施例 3】

## 【 0 0 2 9 】

本発明の第 3 の実施例について図 5 を用いて説明する。なお、実施例 1 又は 2 に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。

## 【 0 0 3 0 】

図 5 は、本実施例に係る半導体製造装置の概略全体構成図である。本半導体製造装置は

50

、チャンバ 101 の周囲に電磁コイル 501 を付加したものであり、これによりチャンバ内に磁場を生成することができる。生成された磁場の磁場強度をプラズマ中の電子のサイクロトロン周波数とマイクロ波の周波数が一致するように設定することにより、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) が生じて、電磁波がアンテナから離れた位置に生成可能になると同時にプラズマ密度を上げることもできる。たとえばマイクロ波の周波数が 2.45 GHz では磁場強度は 87.5 mT となる。

【0031】

この構造の装置でも実施例 1、2 同様に平面アンテナのスリットの分布を変えて、プラズマ密度の分布を制御できる。

【0032】

なお以上述べた装置は半導体のドライエッチングだけではなくプラズマを用いた膜堆積、レジストのアッシングなどにも適用できる。

【0033】

本実施例によれば、処理条件やウエハ (被加工物) の寸法が変わっても、平面アンテナ A のスリットの位置を平面アンテナ B のスリットの位置に対して変更することにより均一なエッチング特性を得ることのできる半導体製造装置およびその使用方法を提供することができる。

【実施例 4】

【0034】

本発明の第 4 の実施例について図 6 を用いて説明する。なお、実施例 1 乃至 3 の何れかに記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情がない限り本実施例にも適用することができる。図 6 (a) (b) に、本実施例の半導体製造装置における平面アンテナ A (円形) 111 と平面アンテナ B 601 (四角形) の平面図をそれぞれ示す。2 枚の平面アンテナの相対的な位置を変える方法は、アンテナを回転させる方法には限らない。図 6 (b) に示すようなスライド式平面アンテナ B 601 を直線歯車 602 により直線的に動かして図 6 (a) に示す平面アンテナ A 111 のスリット 113 を一部塞ぐように調整してもよい。

【0035】

本実施例によれば、処理条件やウエハ (被加工物) の寸法が変わっても、平面アンテナ A のスリットの位置を平面アンテナ B のスリットの位置に対して変更することにより均一なエッチング特性を得ることのできる半導体製造装置およびその使用方法を提供することができる。

【0036】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【符号の説明】

【0037】

101 ... チャンバ、102 ... ウエハ、103 ... 試料台、104 ... マイクロ波電源、105 ... 導波管、106 ... 同軸導波管変換部、107 ... 同軸導波管、108 ... 内部導体、109 ... バイアス電源、110 ... ウエハ搬出口、111 ... 平面アンテナ A、112 ... 平面アンテナ B、113 ... スリット、114 ... 天板、115 ... パルスステップモータ、116 ... 歯車、117 ... プラズマ、127 ... 制御装置、301 ... パルスステップモータ、302 ... 回転軸、303 ... 絶縁物、401 ... 平面アンテナ B、402 ... スリット、403 ... 平面アンテナ A、404 ... 平面アンテナ A、405 ... 開口部、501 ... 電磁コイル、601 ... スライド式平面アンテナ B、602 ... 直線歯車。

10

20

30

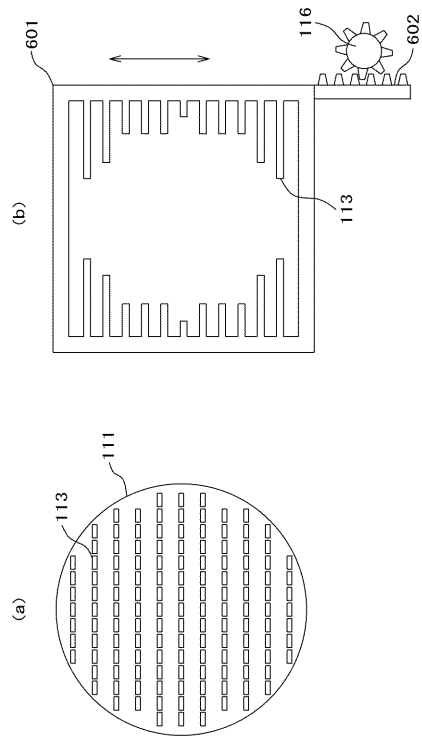
40





【図 6】

図 6



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-150943(JP,A)  
特開2000-150195(JP,A)  
特開2003-188154(JP,A)  
米国特許出願公開第2004/0089631(US,A1)  
特開2001-319884(JP,A)  
特開平05-343334(JP,A)  
特開2005-197759(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56  
H01L 21/205  
H01L 21/302  
H01L 21/3065  
H01L 21/31  
H01L 21/365  
H01L 21/461  
H01L 21/469  
H01L 21/86  
H05H 1/00 - 1/54