

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-33167  
(P2005-33167A)

(43) 公開日 平成17年2月3日(2005.2.3)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/3065	H O 1 L 21/302 I O 1 D	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/455	C 2 3 C 16/455	5 F O O 4
H O 1 L 21/205	H O 1 L 21/205	5 F O 4 5
H O 5 H 1/46	H O 5 H 1/46 A	

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2003-434769 (P2003-434769)	(71) 出願人	000205041 大見 忠弘 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
(22) 出願日	平成15年12月26日 (2003.12.26)	(74) 代理人	100071272 弁理士 後藤 洋介
(31) 優先権主張番号	特願2003-175473 (P2003-175473)	(74) 代理人	100077838 弁理士 池田 憲保
(32) 優先日	平成15年6月19日 (2003.6.19)	(72) 発明者	大見 忠弘 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	平山 昌樹 宮城県仙台市青葉区貝ヶ森1-25-21

最終頁に続く

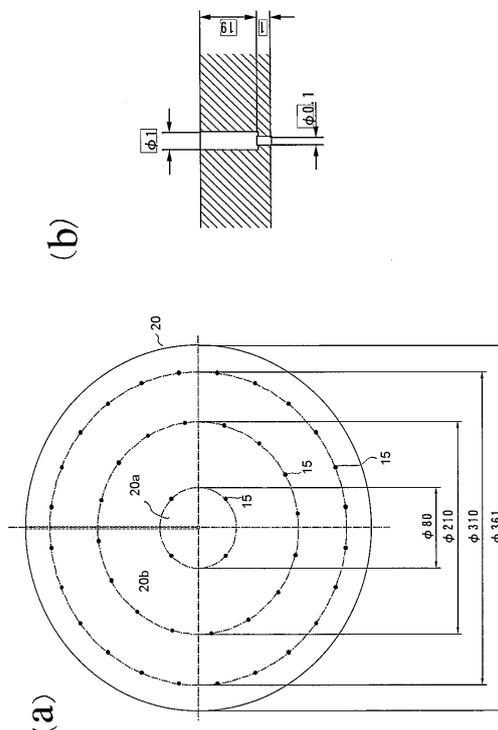
(54) 【発明の名称】 シャワープレート、プラズマ処理装置、及び、製品の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 シャワープレートから均一なプラズマ励起ガス供給が困難であるため、プラズマ励起ガス流が乱れ、この結果、被処理基板の均一な処理が困難であった。

【解決手段】 シャワープレートに配置するガス放出孔の単位面積あたりの配置数を、シャワープレート中心から離れるに従って増加させる、もしくは、ガス放出孔の孔半径をシャワープレート中心から離れるに従って増加させることにより、プラズマ励起ガス流を均一にし、これによって、被処理基板の均一処理を可能にする。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレートの中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積と周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積とが異なることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、前記シャワープレートの中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積が周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積よりも小さいことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 3】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の個々の孔面積が周辺部における前記放出孔の個々の孔の面積よりも小さいことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 4】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレート中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の個数が周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の個数よりも少ないことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 5】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔の面積が前記シャワープレートの中心から径方向に増加していることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 6】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔の単位面積あたりの個数が中心から径方向に増加することを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 7】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の孔の間隔が周辺部における前記放出孔の孔の間隔よりも短いことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 8】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔が同心円状に配置され、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の孔の間隔が周辺部における前記放出孔の孔の間隔よりも短いことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 9】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔は前記ガスが孔から流出する側の直径がプラズマシース厚の 2 倍以下であることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 10】

請求項 9 において、前記放出孔はガスが孔内に流入する側から前記ガスが孔から流出する側に向かって孔径が変化していることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 11】

請求項 10 において、前記ガスが孔から流出する側の直径が 0.02 mm 以上、1.0 mm 以下であることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 12】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔はガスが孔内に流入する側で幅が 0.5 mm 超、5 mm 以下の部分を有し、前記ガスが孔から流出する側で幅が 0.02 mm 以上、0.5 mm 以下の部分を有することを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 13】

請求項 12 において、前記幅が 0.02 mm 以上、0.5 mm 以下の部分は長さが 0.2 mm から 2 mm であることを特徴とするシャワープレート。

10

20

30

40

50

## 【請求項 14】

請求項 11 または 13 において、シャワープレートの厚さが少なくとも 20 mm であることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 15】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔のガスが孔から流出する側における孔径のシャワープレート全体におけるバラツキが 1 % 以内であることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 16】

請求項 15 において、前記放出孔のガスが孔から流出する側の孔径のシャワープレート全体におけるバラツキが 0.25 % 以内であることを特徴とするシャワープレート。

10

## 【請求項 17】

請求項 1 乃至 15 のいずれか一つにおいて、シャワープレートの両面のうち、少なくともガスを流出させる側の面が平坦面ではないことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 18】

請求項 17 において、シャワープレートのガスを流出させる側の面が中央部より周辺部が突出していることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 19】

請求項 17 において、シャワープレートの周辺部の厚さが中央部の厚さよりも大きいことを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 20】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記複数の放出孔のうちの少なくとも一部の放出孔の少なくともガスを流出させる側の部分の中心軸が、シャワープレートの少なくとも中央部の被処理物に対向すべき面の法線に対して傾いていることを特徴とするシャワープレート。

20

## 【請求項 21】

請求項 20 において、前記中心軸の傾きは、前記少なくとも一部の放出孔からのガスがシャワープレートの中心方向であって被処理物の置かれるべき方向に向けて放出されるようになされていることを特徴とするシャワープレート。

## 【請求項 22】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、ガスをシャワープレートの前記放出孔内に流入させる側の面へ前記ガスを系外から導入する手段を前記シャワープレートの周辺部に設けたことを特徴とするシャワープレート。

30

## 【請求項 23】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートを含むプラズマ処理装置において、前記シャワープレート中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積が周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積よりも小さいことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【請求項 24】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートを含むプラズマ処理装置において、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の個々の孔面積が周辺部における前記放出孔の個々の孔の面積よりも小さいことを特徴とするプラズマ処理装置。

40

## 【請求項 25】

ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートを含むプラズマ処理装置において、前記シャワープレート中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の個数が周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の個数よりも少ないことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【請求項 26】

請求項 23 乃至 25 のいずれか一つにおいて、前記放出孔の面積が中心から径方向に増加している前記シャワープレートを含むことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【請求項 27】

50

請求項 23 乃至 25 のいずれか一つにおいて、前記放出孔の単位面積あたりの個数が中心から径方向に増加する前記シャワープレートを含むことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 28】

請求項 1 乃至 22 のいずれか一つに記載されたシャワープレートを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 29】

請求項 1 乃至 22 のいずれか一つに記載されたシャワープレートを使用して処理を行い、製品を製造することを特徴とする製品の製造方法。

【請求項 30】

請求項 29 において、前記製品は半導体装置であることを特徴とする製品の製造方法。

【請求項 31】

請求項 29 において、前記製品は液晶表示装置又は有機 EL 表示装置であることを特徴とする製品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体基板、液晶表示基板等の被処理体に CVD、RIE 等のエッチング、アッシング、酸化、窒化、酸窒化等の処理を行うプラズマ処理装置及び当該プラズマ処理装置を用いて半導体装置等の製品を製造する製造方法に関し、特にこれらプラズマ処理装置または製造方法において使用されるシャワープレートに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の半導体製造装置として、特許文献 1 に記載されたようなプラズマ処理装置が用いられている。特許文献 1 に記載されているように、当該プラズマ処理装置は、処理室内にマイクロ波を放射するラジアルスロットラインアンテナ、アンテナから放射されるマイクロ波の波長を圧縮する遅相板、当該遅相板に対して間隔を置いて配置され配置されたカバープレート、及び、カバープレートの直下に置かれ、多数のガス放出孔を備えた低損失誘電体によって構成されたシャワープレートを備えている。また、シャワープレートの下部には、間隔を置いて、多数のノズルを備えた導体構造物が配置されている。

【0003】

シャワープレート内部には、プラズマ発生用のガスが供給され、この状態でアンテナからマイクロ波が与えられると、シャワープレートと導体構造物との間の空間に高密度のプラズマが発生する。当該プラズマは導体構造物を介して、半導体ウェハーを処理する処理空間に導かれる。このような構成では、導体構造物のノズルから放出された処理ガスがシャワープレート下部に形成された高密度プラズマによって励起される。

【0004】

この場合、シャワープレートには、処理室の外壁に設けられたプラズマガス供給ポートに連通するプラズマガスの供給通路が形成されており、プラズマガス供給ポートから Ar や Kr 等のプラズマ励起ガスがシャワープレート内の供給通路に与えられている。更に、励起ガスは供給通路及びシャワープレートのガス放出孔から処理室内に導入されている。

【0005】

上記したラジアルラインスロットアンテナを備えたプラズマ処理装置では、シャワープレート直下の空間に均一な高密度プラズマが形成される。このようにして形成された高密度プラズマは電子温度が低く、そのため被処理基板にダメージが生じることがなく、また処理容器の器壁のスパッタリングに起因する金属汚染が生じることもない。

【0006】

一方、シャワープレートには、同一サイズの多数のガス放出孔が均一且つ一様に配置されている。換言すれば、シャワープレートに配列されるガス放出孔の分布及びサイズはシ

10

20

30

40

50

シャワープレート全面に亘って一様である。

【0007】

【特許文献1】特開2002-299330号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明者等の実験によれば、同一サイズのガス放出孔が全面にわたり一様に分布したシャワープレートを使用して、CVD (Chemical Vapor Deposition) 等の成膜プロセスを行った場合、基板に形成される膜の膜厚が不均一になり、Reactive Ion Etching (RIE) 等のエッチングプロセスを行った場合、エッチングレートが不均一になることが判明した。更に、シャワープレートへの処理ガス堆積によるプロセスの不安定化、歩留まりの劣化、スループットの劣化という問題も生じることが判明した。

10

【0009】

本発明の目的は、前述したプラズマ処理装置に伴う種々の不具合の原因を究明して、これらの不具合を軽減できる手法を提供することである。

【0010】

本発明の具体的な目的は、均一な膜形成或いは均一なエッチングレートを実現できるプラズマ処理装置或いは半導体製造装置を提供することである。

【0011】

本発明に更に具体的な目的は均一な膜形成或いは均一なエッチングレートを実現するのに役立つシャワープレートを提供することである。

20

【0012】

本発明の他の目的は上記したシャワープレートを使用して製品を製造する方法を提供することである。

【0013】

本発明者等は、上記不具合の原因を鋭意検討した結果、同一サイズのガス放出孔が一様に分布したシャワープレートを使用した場合、基板中央部には周辺部に配置されたガス放出孔からのガスも被処理基板に照射されるため、被処理基板へ到達する単位時間、単位面積あたりのガス分子の量について、被処理基板中央部の方が被処理基板周辺部に比べて多くなり、ガス噴出流がシャワープレートから離れた距離において不均一となり、面内均一性が確保できないという事実を見出した。このように、シャワープレートからのガス放出が乱れると、導体構造物に形成された処理ガス放出ノズルから噴出されたガスが、シャワープレートと導体構造物との間の高密度プラズマが形成されている空間に到達してしまい、処理ガスの過剰解離や、シャワープレートへ堆積してしまうという問題点も見出された。

30

【0014】

このことから、本発明では、被処理基板の面内へ均一なガス供給を可能とするシャワープレート、当該シャワープレートを含むプラズマ処理装置、及び、プラズマ処理装置を使用した製造方法を提案する。

【課題を解決するための手段】

40

【0015】

本発明の一態様によれば、ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレートの中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積と周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積とが異なることを特徴とするシャワープレートが得られる。具体的には、前記シャワープレートの中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積が周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の合計面積よりも小さい。

【0016】

本発明の別の態様によれば、ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の個々の孔面積が周辺部にお

50

る前記放出孔の個々の孔の面積よりも小さいことを特徴とするシャワープレートが得られる。

【0017】

本発明の更に別の態様によれば、ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレート中心部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の個数が周辺部における単位面積あたりの前記放出孔の孔の個数よりも少ないことを特徴とするシャワープレートが得られる。

【0018】

本発明の他の態様によれば、ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の孔の間隔が周辺部における前記放出孔の孔の間隔よりも短いことを特徴とするシャワープレートが得られる。

10

【0019】

更に、別の態様によれば、ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔が同心円状に配置され、前記シャワープレート中心部における前記放出孔の孔の間隔が周辺部における前記放出孔の孔の間隔よりも短いことを特徴とするシャワープレートが得られる。

【0020】

本発明の他の態様によれば、ガスを放出する複数の放出孔を備えたシャワープレートにおいて、前記放出孔はガスが孔内に流入する側で幅が0.5mm超、5mm以下の部分を有し、前記ガスが孔から流出する側で幅が0.02mm以上好ましくは0.05mm以上

20

【0021】

本発明のシャワープレートは、放出孔のガス流出側の直径がプラズマシース厚の2倍以下であることを特徴とする。また、前記放出孔はガス流入側からガス流出側に向かって孔径が変化していることを特徴とする。

【0022】

また、本発明のシャワープレートは放出孔のうち、少なくともガス流出側における孔径のシャワープレート全体におけるバラツキが1%以内、好ましくは0.25%以内であることを特徴とする。また、シャワープレートの両面のうち、少なくともガスを流出させる側の面が平坦面ではないこと、例えばシャワープレートのガスを流出させる側の面が中央部より周辺部が突出していること、あるいはシャワープレートの周辺部の厚さが中央部の厚さよりも大きいことを特徴とする。前記複数の放出孔のうちの少なくとも一部の放出孔の少なくともガスを流出させる側の部分の中心軸は、シャワープレートの少なくとも中央部の被処理物に対向すべき面の法線に対して傾いていてもよい。前記中心軸の傾きは、好ましくは、前記少なくとも一部の放出孔からのガスがシャワープレートの中心方向であって被処理物の置かれるべき方向に向けて放出されるようになされている。また、ガスをシャワープレートの前記放出孔内に流入させる側の面へ前記ガスを系外から導入する手段を前記シャワープレートの中心部ではなくて周辺部に設けたことも本発明の特徴の一つである。

30

40

【0023】

前述したシャワープレートはプラズマ処理装置に使用される。また、前述したシャワープレートはプラズマ処理方法に用いられ、プラズマ処理を適用した半導体装置や表示装置の製造に用いられる。

【0024】

以下、本発明の原理について説明する。

【0025】

ガスが半径 $b_0$ の孔から放出された場合の速度 $u(r, z)$ は、ナビエ・ストークス方程式を解くことにより、

【数 1】

$$u(r,z) = \frac{3\rho U_0^2 b_0^2}{8\mu z \left[ 1 + \frac{3\rho 2U_0^2 b_0^2 r^2}{64\mu^2 z^2} \right]^2} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 $r$  はそれぞれ孔の中心軸からの径方向距離、 $z$  は孔の出口からの中心軸上の距離である。また、 $\mu$ 、 $\rho$ 、 $U_0$  はそれぞれガスの粘性係数、ガスの質量密度、ガスの放出孔での初速度である。同時に、孔からのガスが広がる距離は、 $b_{1/2}$  で定義すると、

10

【数 2】

$$b_{1/2}(z) = 23.1 \frac{z}{\sqrt{PQ}} \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 $P$  はガス圧力 (mTorr)、 $Q$  はガス流量 (sccm) である。幅  $b_{1/2}$  はガスの径方向速度分布において、中心軸上の速度の半分になる径方向位置、すなわちガス速度の半値幅を表している。図 1 に圧力が 1Torr、ガス放出孔直径 0.2mm、Ar ガスを噴出した場合における種々の位置  $z$  におけるガスの速度分布の例を示す。図 2 から明らかとなり、放出孔から噴出するガスは距離  $z$  に比例して、その分布が広がる。

20

【0026】

ここで、上式 (1) 及び (2) に基づいて、シャワープレート全面に単位面積あたり同一に孔を配置した場合における分析結果が図 2 に示されている。図 2 に示すように、被処理基板中央部は周辺部に比べ多くガス分子が到達してしまう。

【0027】

上記した結果に基づき、本発明では、ガス放出孔の分布をシャワープレートの中心部とその周辺部で変化させる。具体的には、単位面積あたりの配置数を径方向に中心から離れるに従い多くするか、若しくは、放出孔の面積をプレート中心から径方向に増加させることで、被処理基板へ到達するガス分子の面内分布を均一化することが出来る。

【0028】

このことをより具体的に説明すると、まず、ガス放出孔から放出されるガス流量  $Q$  は次

30

【0029】

【数 3】

$$Q = 1349 \times d^4 / L \times (P_1 - P_0) \times (P_1 + P_0) / 2 \quad (\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}) \quad (3)$$

【0030】

ただし、ここで  $d$  は放出孔の孔の直径、 $L$  は孔の長さ、 $P_1$ 、 $P_0$  はそれぞれ孔の入口側の圧力、出口側の圧力である。

【0031】

ガス放出孔の直径は高密度プラズマが孔へ入り込まないように設計する必要がある。ガス放出孔にプラズマが流入すると、異常放電やガスの堆積が発生し、マイクロ波の伝送効率や歩留まりの劣化が発生してしまう。これらを防止するには、孔径をプラズマシース厚の 2 倍以下に設定すれば良い。プラズマのシース厚を  $d$  とすれば、

40

【数 4】

$$d = 1.307 \times \lambda_D \left[ \frac{1}{2} \left\{ 1 + \ln \left( \frac{m_i}{2\pi m_e} \right) \right\} \right]^{\frac{3}{4}}$$

で与えられる。ただし、 $m_i$ 、 $m_e$  はそれぞれプラズマイオン質量、電子質量であり、 $\lambda_D$  はデバイ長であり、

50

【数 5】

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T_e}{n_e e^2}}$$

で与えられる。ここで、 $\epsilon_0$ は真空の誘電率、 $k$ はボルツマン定数、 $T_e$ は電子温度、 $n_e$ はプラズマの電子密度、 $e$ は素電荷量である。これらの式で与えるシース厚は使用されるプラズマのガス種、電子温度、プラズマ電子密度により、0.01 mmから5 mm程度まで変化するので、孔径はその値に対応させてシース厚の2倍以下となる0.02 mm以上、10 mm以下に設定すればよい。孔径は、このようにプラズマシースの厚さの2倍以下であれば、プラズマがガス放出側から孔中に入り込むことが防止できるが、直径は好ましくは0.5 mm以下、より好ましくは0.1 mmから0.3 mmに設定するのが望ましい。また、ガス通過のコンダクタンスを考慮して、0.05 mm以上とするのが好ましい。そして、径が好ましくは0.05 mm以上0.5 mm以下の孔はガス流出側すなわちプラズマ発生側に0.2 mmから2 mmの長さで設け、他の部分、すなわち、ガス流入側はこれよりも大きい、0.5 mm超、5 mm以下の径とする。この程度であれば、孔内でプラズマが立つのを防止できる。もちろん、プラズマのシース厚によっては10 mm以下であってもよい。なお、シャワープレートの厚さは、真空シールのための機械的強度から20 mm以上が好ましく、製造しやすさから30 mm以下が好ましい。

10

【0032】

また、シャワープレート - カバープレート間の空間のコンダクタンスは、前記空間に圧力差が発生すると式(3)より、ガス流量制御が困難となるため、ガス放出孔のコンダクタンスより十分大きく設定することが望ましい。よって、中心部及び周辺部の圧力は実質的に同一である。

20

【0033】

式(3)より、放出孔からのガス流量は孔直径の4乗に比例し、また、式(2)からガス速度広がり半値幅はガス流量の平方根に反比例することが分る。よって、ガス速度広がり半値幅は孔直径の2乗に反比例する。このことより、シャワープレートの周辺部のガス放出孔の孔直径を中心部に比べて大きくすることで、ガス速度広がり半値幅を抑えることで被処理基板へ単位時間・単位面積あたりに到達するガス分子数の分布を均一化することが実現する。若しくは、全ての孔の面積を同じにしたときは、単位面積あたりの放出孔の個数をプレート

30

【0034】

ガス放出孔から放出されるガス流量は孔径の4乗に比例する。図16は、流量誤差の孔径誤差依存性を示している。流量の誤差に対応してプラズマ被処理物のプロセス均一性(成膜厚の均一性、エッチング量の均一性等)が劣化するため、プロセス均一性を4%以内に抑えるためには孔径誤差を1%以内にすることが望ましい。望ましくはプロセス均一性を1%に抑えるために孔径誤差は0.25%以内に抑える事が望ましい。

【発明の効果】

【0035】

本発明によると、シャワープレートは膜形成、エッチング等のプラズマ処理を行うプラズマ装置に適用して、被処理基板表面全体に均一に処理ガスを供給することができ、処理ガスの不均一な接触や解離を防止して、基板全体を均一に処理できるという利点がある。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【0037】

第1実施形態：

図3を参照すると、Reactive Ion Etching (RIE)プロセス用のマイクロ波プラズマ処理装置が示されている。図示されたマイクロ波プラズマ処理装置は複数の排気ポート8を介して排気される処理室10を有し、前記処理室10中には被処理基板12を保持する保持

50

台 1 4 が配置されている。処理室 1 0 を均一に排気するため、処理室 1 0 は保持台 1 4 の周囲にリング状の空間を規定しており、複数の排気ポート 8 は空間に連通するように等間隔で、すなわち、被処理基板 1 2 に対して軸対称に配列されている。この排気ポート 8 の配列により、処理室 1 0 を排気ポート 8 により均一に排気することができる。

#### 【 0 0 3 8 】

処理室 1 0 上には、保持台 1 4 上の被処理基板 1 2 に対応する位置に、処理室 1 0 の外壁の一部として、低マイクロ波誘電損失の誘電体（アルミナが好ましい）よりなり多数の開口部、即ち、ガス放出孔 1 5 を形成された板状のシャワープレート 2 0 がシールリングを介して取り付けられている。更に、処理室 1 0 には、シャワープレート 2 0 の外側、即ち、シャワープレート 2 0 に対して保持台 1 4 とは反対側に、同じく低マイクロ波誘電損失の誘電体よりなるカバープレート 2 2 が、別のシールリングを介して取り付けられている。

10

#### 【 0 0 3 9 】

シャワープレート 2 0 の上面と、カバープレート 2 2 との間には、プラズマ励起ガスを充填するプラズマガス空間が形成されており、複数のガス放出孔 1 5 の各々はプラズマガス空間に連通するように形成されている。さらに、シャワープレート 2 0 の内部には処理室 1 0 の外壁に設けられたプラズマガス供給ポート 2 4 に連通するプラズマガスの供給通路 2 6 が形成されている。プラズマガス供給ポート 2 4 に供給された A r や K r 等のプラズマ励起ガスは、供給通路 2 6 からプラズマガス空間を介してガス放出孔 1 5 に供給され、処理室 1 0 内へ導入される。

20

#### 【 0 0 4 0 】

図示されたプラズマ処理装置では、処理室 1 0 中、シャワープレート 2 0 と被処理基板 1 2 との間に、導体構造物 2 8 が配置されている。この導体構造物 2 8 には、外部の処理ガス源（図示せず）から処理室 1 0 に形成された処理ガス通路を介して処理ガスを供給する多数のノズルが形成されている。当該導体構造物 2 8 のノズルの各々は、供給された処理ガスを、導体構造物 2 8 と被処理基板 1 2 との間の空間に放出する。導体構造物 2 8 には、隣接するノズルとの間に、前記空間において形成されたプラズマを前記空間から前記空間に拡散により、効率よく通過させるような大きさの開口部が形成されている。

#### 【 0 0 4 1 】

このような構造を有する導体構造物 2 8 からノズルを介して処理ガスを前記空間に放出した場合、放出された処理ガスは空間において形成された高密度プラズマにより励起される。ただし、前記シャワープレート 2 0 からのプラズマ励起ガスがシャワープレート 2 0 と導体構造物 2 8 との間の空間から、導体構造物 2 8 と被処理基板 1 2 との間の空間へ向かって流れているため、処理ガスがシャワープレート 2 0 と導体構造物 2 8 の空間へ戻る成分は少なく、高密度プラズマに晒されることによる過剰解離でガス分子の分解が少ないため、高品質の基板処理が可能である。

30

#### 【 0 0 4 2 】

図 4 ( a ) 及び ( b ) を参照して、図 3 に示されたシャワープレート 2 0 の構成をより具体的に説明する。図 4 ( a ) に示されたシャワープレート 2 0 は 3 6 1 m m の直径を有し、シャワープレート 2 0 の表面領域は直径 8 0 m m の中心部 2 0 a とその周辺部 2 0 b とに分けることができ、この例では、中心部 2 0 a には、4 つのガス放出孔 1 5 が設けられ、他方、周辺部 2 0 b の直径 2 1 0 m m の位置に、1 6 個のガス放出孔 1 5 が設けられ、更に、周辺部 2 0 b の直径 3 1 0 m m の位置には、2 4 個のガス放出孔 1 5 が設けられている。この例では、各ガス放出孔 1 5 のサイズは同一であるものとする。

40

#### 【 0 0 4 3 】

このことから明らかな通り、図示されたシャワープレート 2 0 は中心部 2 0 a から外側に行く程、ガス放出孔 1 5 の数が多くなっている。換言すると、図 4 ( a ) に示された例では、ガス放出孔 1 5 の数がシャワープレート 2 0 の中心からの距離に依存して増加していることが分る。即ち、周辺部 2 0 b のガス放出孔 1 5 の分布が中心部 2 0 a におけるガス放出孔 1 5 の分布よりも高くなっている。尚、図 4 は本発明を簡略化して説明するた

50

めに、ガス放出孔 15 の数を実際の数よりも著しく少なく示している。

【0044】

図 4 (b) に示されているように、シャワープレート 20 に設けられている各ガス放出孔 15 はカバープレート側に、直径 1mm の開口を有し、処理室 10 の空間側に直径 0.1mm の開口を有している。また、ガス放出孔 15 のカバープレート 22 の開口深さは 1.9 mm であり、ガス放出孔 15 の空間側開口深さは 1mm である。

【0045】

図 5 を参照すると、シャワープレート 20 の中心からの距離と、ガス放出孔 15 の数との関係が示されている。ここでは、横軸にシャワープレートの中心からの距離及び縦軸に単位面積当りのガス放出孔の個数 (個 / m<sup>2</sup>) がそれぞれ示されている。図からも明らか  
10  
なとおり、中心から 50 mm の位置に、単位面積当り約 300 個 / m<sup>2</sup>、100 mm の位置に、単位面積当り約 450 個 / m<sup>2</sup>、150 mm の位置に、単位面積当り約 490 個 / m<sup>2</sup> のガス放出孔が形成されている。このように、本発明に係るシャワープレートは、シャワープレート 20 の外側に向かうにつれ増加させるガス放出孔の配置を有している。換言すれば、本発明に係るシャワープレートのガス放出孔の配置は径方向依存性を有している。このグラフの関数形は

$$y = -0.0173x^2 + 5.3574x + 71.517$$

である。

【0046】

図 6 を参照すると、本発明に係るシャワープレートを使用して、200mm ウェハーをプラ  
20  
ズマ処理した場合におけるウェハー上での単位時間・単位面積あたりに到達するガス分子数のウェーハ面内分布が示されている。図に示すように、従来のシャワープレートを使用した場合、均一性が 2.9% であったが、本発明のシャワープレートでは、より高い均一性 (0.23%) を実現できた。

【0047】

第 2 実施形態：

図 7 (a) 及び (b) を参照すると、CVD 及び酸窒化膜プロセス用マイクロ波プラズマ  
30  
処理装置に適したシャワープレート 20 が示されている。CVD 及び酸窒化膜プロセス用マイクロ波プラズマ処理装置全体の構造自体は図 3 と同様であるので、ここでは説明を省略する。当該マイクロ波プラズマ処理装置内に使用されているシャワープレート 20 は 400m  
m の直径、20mm の厚さを有している。ガス放出孔 15 は 20mm 間隔に設けられている。図 7 (a) に示されたシャワープレート 20 は、直径がシャワープレート 20 の外側に行く程、広くなるようなガス放出孔 15 を有している。言い換えれば、図示されたシャワープレート 20 は、その外側に向かうに従ってガス放出孔 15 の直径が増加する構造を有している。

【0048】

図 7 (b) には、単一のガス放出孔 15 の一例が示されており、図示されたガス放出孔  
40  
15 はカバープレート側から直径 1mm の開口を有し、処理室側に直径 a(mm) の開口を有している。カバープレート側の開口深さは 1.9 mm であり、処理室側の開口深さは 1mm である。ここで、直径 a は、図 8 に示すように、シャワープレートの外側へ向かうに従って開口  
直径が 0.1 ~ 0.11 mm 範囲で増加する構造とした。

【0049】

このようなシャワープレート 20 を用いて、300mm ウェハーを処理すると、図 9 に示す  
ような結果が得られた。即ち、図 9 には、ウェハー上での単位時間・単位面積あたりに到達するガス分子数のウェーハ面内分布が示されており、開口直径を外側に向かうに従って  
増加させた本発明の構造を有するシャワープレートを使用した場合、均一性において従来  
構造では 1.9% であったのに対し、本発明では、0.9% という高均一な到達ガス分布が得  
られた。

【0050】

第 3 実施形態：

10

20

30

40

50

本発明の第3実施形態に係るシャワープレートはR I E用マイクロ波プラズマ処理装置に適用される。この場合、R I E用マイクロ波プラズマ処理装置は導体構造物28からノズルを介して処理ガスとして $C_5F_8$ 、 $O_2$ 、Arを空間に放出する点で第1実施形態に係るプラズマ処理装置とは異なっている。

#### 【0051】

このようなR I E用マイクロ波プラズマ処理装置に用いられるシャワープレート20は、図5及び図6に示されたシャワープレート20と同様に、単位面積当りのガス放出孔の個数を径方向依存性を持たせて配置している。また、この実施形態に係るシャワープレート20の上面の空間には、プラズマ励起ガスとして、Arガスが充填され、このArガスは供給通路からガス放出孔20に供給して、処理室10内へ導入される。

10

#### 【0052】

この構成のR I E用マイクロ波プラズマ処理装置においても、均一なガスフローを実現でき、処理ガスがシャワープレート20と導体構造物28の間の空間へ戻ることなく、処理ガスの過剰解離を防いで、高アスペクト比のコンタクトホールエッチングを高エッチングプレートで均一に行うことができた。

#### 【0053】

上に説明した実施形態では、被処理基板として半導体ウェハーを処理する場合についてのみ説明したが、本発明は何等これに限定されることなく、液晶表示装置用基板、有機EL表示装置等の処理にも適用できる。また、シャワープレートの中心から周辺へのガス放出孔の数又は径の変化は連続的に行われても良いし、或いは、不連続的に行われても良い。

20

#### 【0054】

##### 第4実施形態：

図10を参照すると、Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)プロセス用マイクロ波プラズマ処理装置が示されている。図示されたマイクロ波プラズマ処理装置は複数の排気ポート101を介して排気される処理室102を有し、前記処理室102中には被処理基板103を保持する保持台104が配置されている。処理室102を均一に排気するため、処理室102は保持台104の周囲にリング状の空間を規定しており、複数の排気ポート101は空間に連通するように等間隔で、すなわち、被処理基板103に対して軸対称に配列されている。この排気ポート101の配列により、処理室102を排気ポート101より均一に排気することができる。

30

#### 【0055】

処理室102上には、保持台104の処理基板103に対応する位置に、処理室102の外壁の一部として、比誘電率が9.8で、かつ低マイクロ波誘電損失(誘電損失が $1 \times 10^{-4}$ 以下)である誘電体のアルミナよりなり、多数(238個)の開口部、即ちガス放出孔105が形成された板状のシャワープレート106がシールリング107を介して取り付けられている。更に、処理室102には、シャワープレート106の外側、即ち、シャワープレート106に対して保持台104とは反対側に、アルミナよりなるカバープレート108が、別のシールリング109を介して取り付けられている。シャワープレート106の上面と、カバープレート108との間には、プラズマ励起ガスを充填する空間110が形成されている。換言すると、前記カバープレート108において、前記カバープレート108の前記シャワープレート106側の面に多数の突起物111が形成され、さらに前記カバープレート108の周辺も前記突起物111と同一面まで突起している突起リング112が形成されているため、前記シャワープレート106と前記カバープレート108の間に前記空間110が形成される。前記ガス放出孔105は前記空間110に配置されている。

40

#### 【0056】

シャワープレート106は、直径360mm、外周部の厚さは25mmである。直径150mm以内に対しては、10mm凹んだ構造をしている。換言すれば、直径150mm以内において厚さは15mmとなっている。凹部の周辺は45°のテーパ構造としているため、直径170mmより外側の厚

50

さが25mmとなる。テーパの角度は45°に限られることはなく、またテーパの角はRをつけて電界集中を抑える構造にするのが望ましい。図11(a),(b)に、前記シャワープレート6に空けられたガス放出孔105の断面図を示す。(a)は、凹部でない位置(シャワープレートにおいて、直径150mmの外側)に空けられたガス放出孔105である。プラズマが励起される処理室2側は、直径0.1mm、長さ0.5mmの孔が空けられており、45°のテーパ部を介して直径1mmの孔に接続されている。直径1mmの孔とテーパ部を合わせた孔の長さは24.5mmとなる。(b)は、凹部(シャワープレートにおいて直径170mmの内側)に空けられたガス放出孔105の断面図を示している。プラズマが励起される処理室2側は、直径0.1mm、長さ0.5mmの孔が空けられており、45°のテーパ部を介して直径1mmの孔に接続されている。直径1mmの孔とテーパ部を合わせた孔の長さは14.5mmとなる。本実施例ではテーパ部にガス放出孔は空けられていないが、テーパ部にガス放出孔を空けても良い。図12を参照すると、同図には本実施例におけるシャワープレート106に開けられたガス放出孔105の単位面積あたりの個数とシャワープレート中心からの距離の関係を示している。このグラフの関数形は

$$y = 0.018x^2 + 0.71x + 467.2$$

であり、ガス放出孔の配置は径方向依存性を有し、シャワープレート106の外側に向かうにつれ単位面積あたりのガス放出孔の配置数が増加している。

#### 【0057】

本発明にかかるシャワープレートにより被処理基板103へ均一なガス供給を行ない、かつ均一なプラズマ到達分布を同時に達成し、被処理基板103の上面内において均一な処理が可能となった。

#### 【0058】

##### 第5実施形態

図13を参照すると、本発明の第5実施形態に係るシャワープレート201を示している。前記シャワープレートは、RIE用マイクロ波プラズマ処理装置に適用される。このようなRIE用マイクロ波プラズマ装置に用いられるシャワープレート201は、図12と同様に、ガス放出孔が配置されている。ただし、シャワープレートの直径60mm以内に配置されている16個のガス放出孔202においては、前記ガス放出孔202の軸が、シャワープレート201の上面もしくは下面の法線ベクトルに対して、20°の角度をもたせ、被処理基板103の中心方向に向けられている。軸を中心方向に傾ける角度は20°に限られることはなく、またこの角度に径方向依存性を持たせても良い。

#### 【0059】

この構成のシャワープレートにおけるガスフローの検討を行なったところ、被処理基板中央での特異点が消滅し、被処理基板全体にわたる均一なガスフローが実現したことが判明した。

#### 【0060】

##### 第6実施形態

図14を参照すると、本発明の第6実施形態に係るシャワープレートを示している。前記シャワープレートは、RIE用マイクロ波プラズマ処理装置に適用される。この場合、導体構造物28からノズルを介して処理ガスとしてC5F8、O2、Arを空間に放出する点で第1実施形態に係るプラズマ処理装置とは異なっている。

#### 【0061】

このようなRIE用マイクロ波プラズマ装置に用いられるシャワープレート301は、図12と同様に、ガス放出孔が配置されている。ただし、シャワープレートの直径60mm以内に配置されている16個のガス放出孔302においては、前記ガス放出孔302の軸が、シャワープレート301の上面もしくは下面の法線ベクトルに対して、20°の角度をもたせ、被処理基板103の中心方向に向けられている。

#### 【0062】

この構成のRIEマイクロ波プラズマ処理装置を使用した結果、被処理基板中央におけるガスフローの特異点が消滅し、均一なガスフローが実現し、さらに被処理基板へ到達する

10

20

30

40

50

プラズマ流束も均一となり、高エッチングレートで高均一なエッチングプロセスが可能となった。

#### 【0063】

##### 第7実施形態

図15を参照すると、Reactive Ion Etching (RIE)プロセス用マイクロ波プラズマ処理装置が示されている。第1実施例から第6実施例と内容が同じものについては、説明を省略する。図15を参照するに、プラズマ励起ガス供給ポート401がシールリング405を介してシャワープレート406に接続されている。プラズマ励起ガスは、系外から前記プラズマ励起ガス供給ポート401より、シャワープレートとカバープレートの間に形成された前記プラズマガス空間の外周部へ連通するように設けられたプラズマ励起ガス供給通路402を介して前記プラズマガス空間へ導入される。前記プラズマ励起ガス供給ポート401及びそれに対応したプラズマ励起ガス供給通路402は、均一なガス供給を行なうために複数個設置されるのが望ましい。このようなRIE用マイクロ波プラズマ装置に用いられるシャワープレート406は、図14と同様なガス放出孔が配置されている。本実施例においては、さらに前記シャワープレート406の中心に、垂直にもう1つのガス放出孔404が空けられている。この構成のRIEマイクロ波プラズマ処理装置を使用した結果、被処理基板中央におけるガスフローの特異点が消滅し、均一なガスフローが実現し、さらに被処理基板へ到達するプラズマ流束も均一となり、高エッチングレートで高均一なエッチングプロセスが可能となった。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0064】

【図1】本発明における課題を説明するグラフであり、ここでは、ガス噴流の速度分布を示すグラフである。

【図2】従来における単位時間・単位面積当り、基板に到達するガス分子の数の基板位置依存性を示すグラフである。

【図3】本発明に係るマイクロ波プラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【図4】(a)及び(b)はそれぞれ図3に示されたシャワープレートを具体的に説明する平面図及び断面図である。

【図5】本発明に係るシャワープレートにおける単位面積当りの孔個数と、シャワープレート中心からの距離依存性を説明する図である。

【図6】本発明と従来技術におけるガス流束の基板からの距離依存性を示すグラフである。

【図7】(a)及び(b)はそれぞれ本発明第2の実施形態に係るマイクロ波プラズマ処理装置に使用されるシャワープレートの上面図及び断面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係るシャワープレートに形成されるガス放出孔の直径と、シャワープレート中心からの距離との関係を示す図である。

【図9】本発明と従来技術とにおけるガス流束と基板中心からの距離との関係を示すグラフである。

【図10】本発明の第4実施形態に係るマイクロ波プラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【図11】(a)及び(b)はそれぞれシャワープレートの孔を具体的に説明する断面図である。

【図12】シャワープレートにおける単位面積当りの孔個数と、シャワープレート中心からの距離依存性を説明する図である。

【図13】本発明の第5実施形態に用いられるシャワープレートの断面図である。

【図14】本発明の第6実施形態に用いられるシャワープレートの断面図である。

【図15】本発明の第7実施形態に係るマイクロ波プラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【図16】本発明のシャワープレートにおけるガス放出孔の直径誤差と、ガス流量誤差との関係を示すグラフである。

10

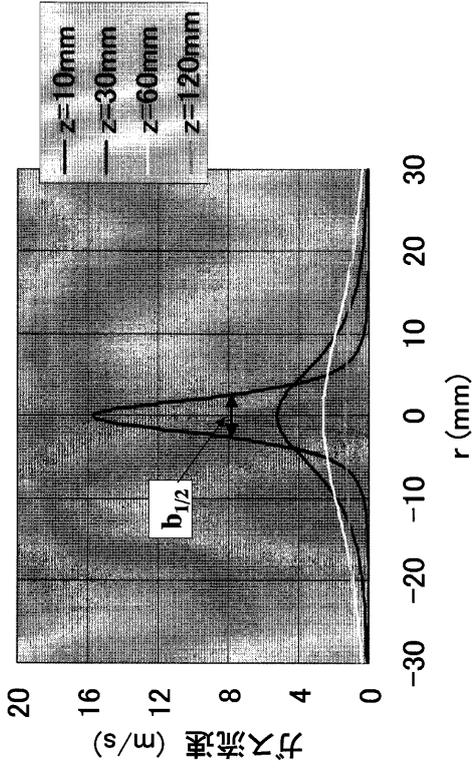
20

30

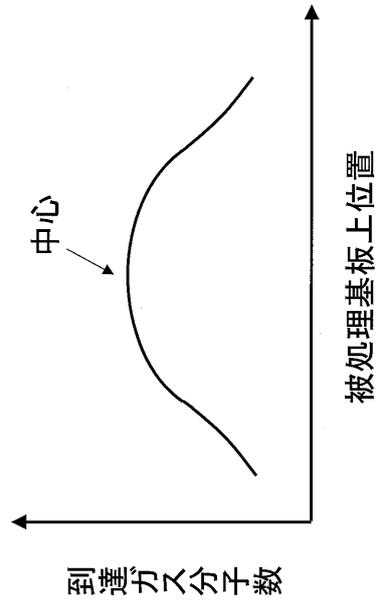
40

50

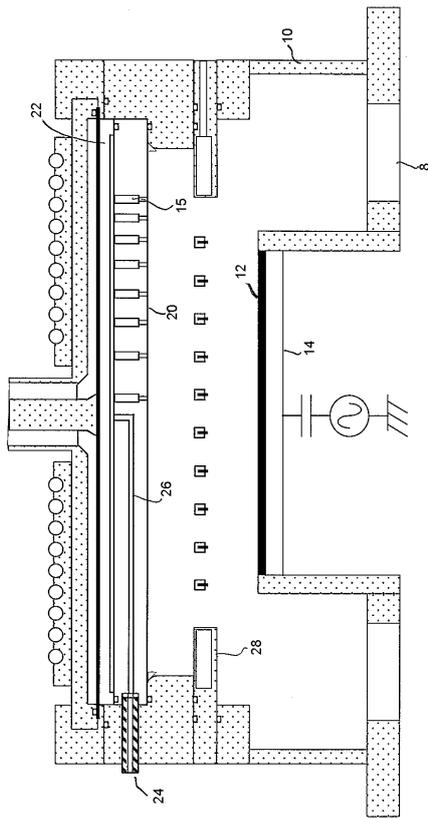
【 図 1 】



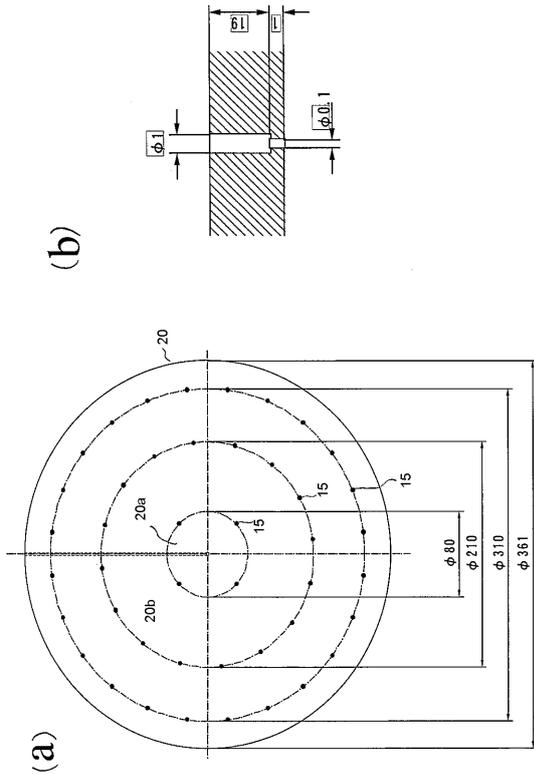
【 図 2 】



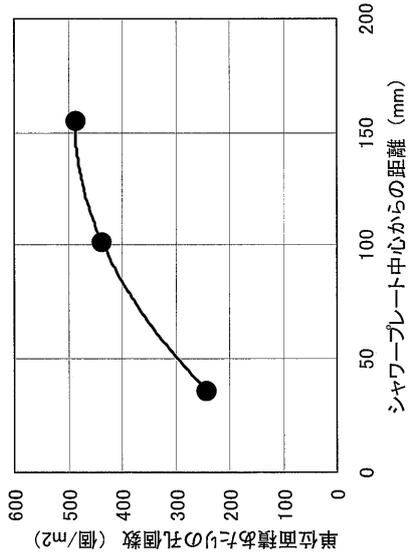
【 図 3 】



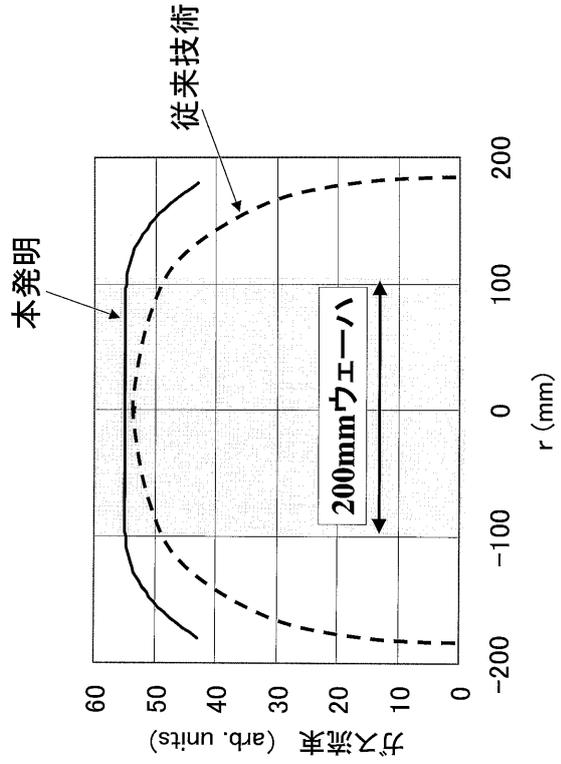
【 図 4 】



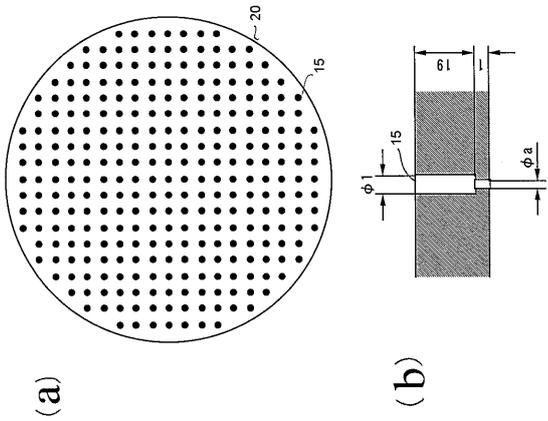
【 図 5 】



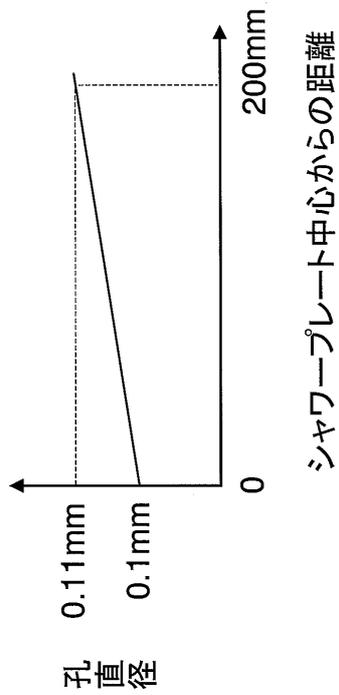
【 図 6 】



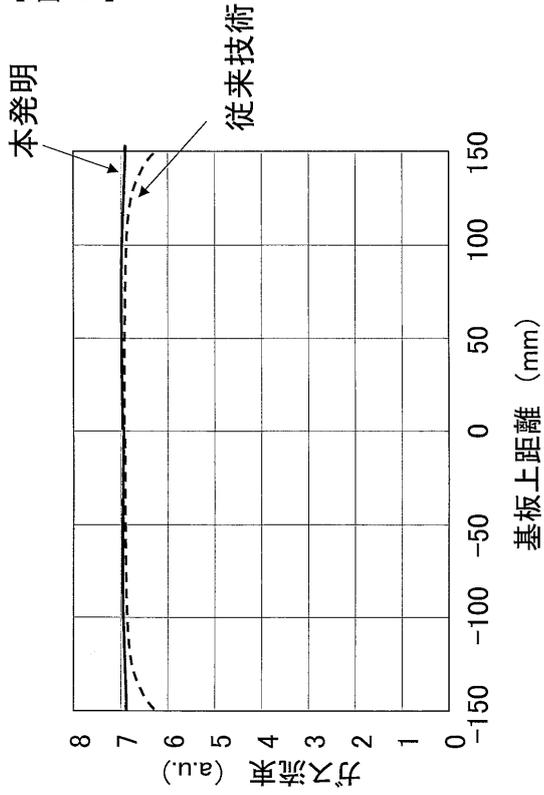
【 図 7 】



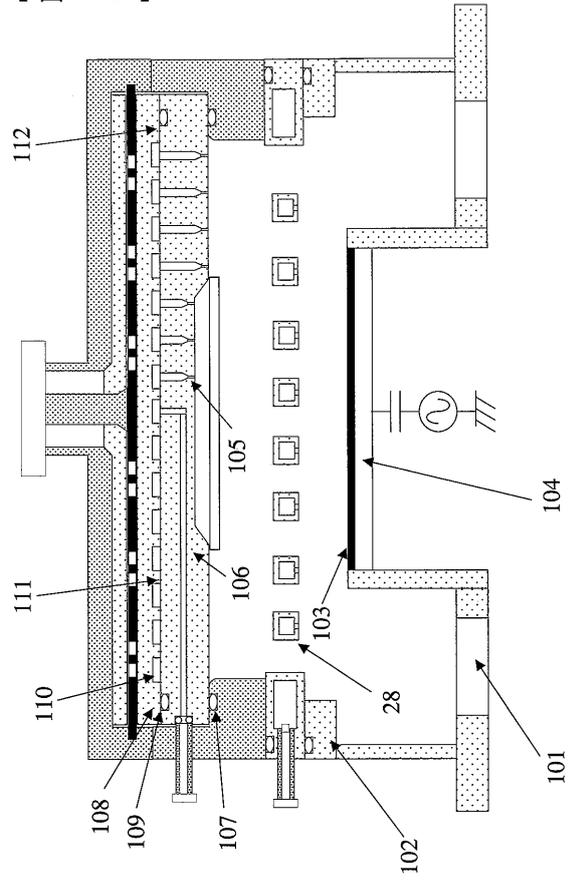
【 図 8 】



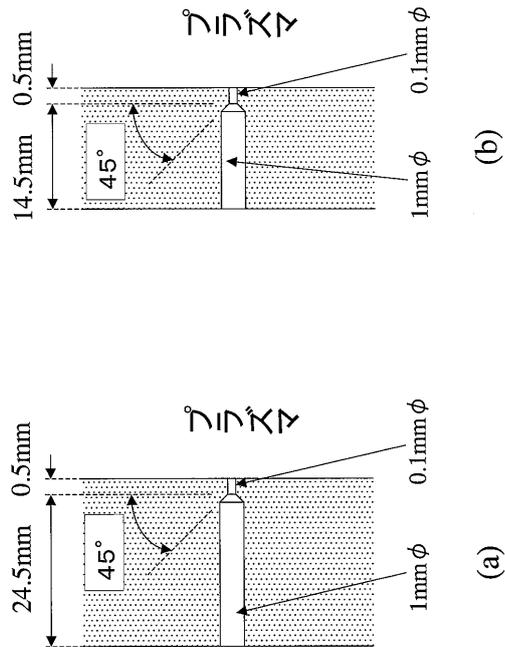
【 図 9 】



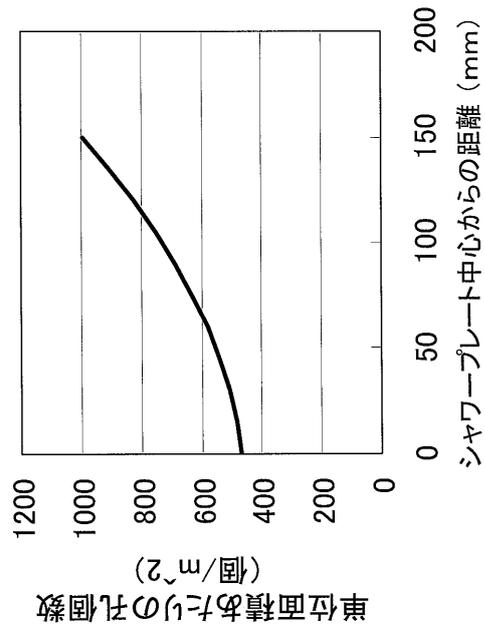
【 図 10 】



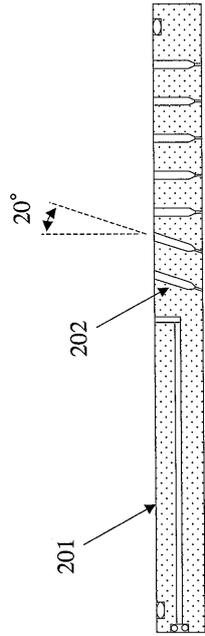
【 図 11 】



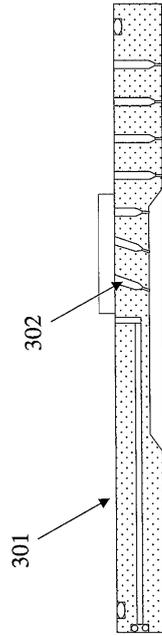
【 図 12 】



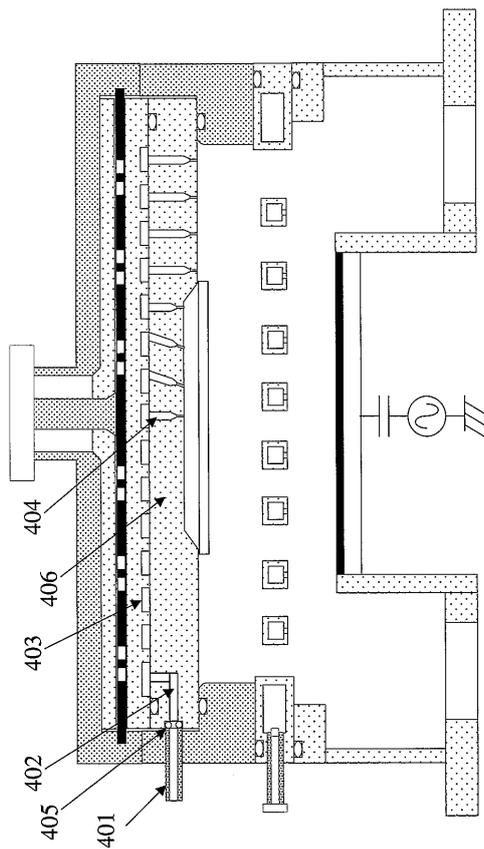
【 図 1 3 】



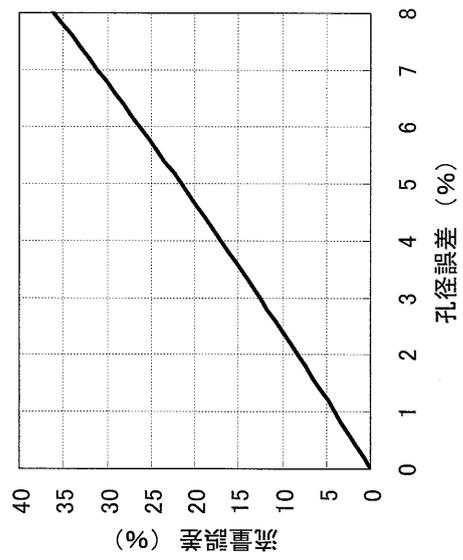
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【手続補正書】

【提出日】平成16年1月5日(2004.1.5)

【手続補正1】

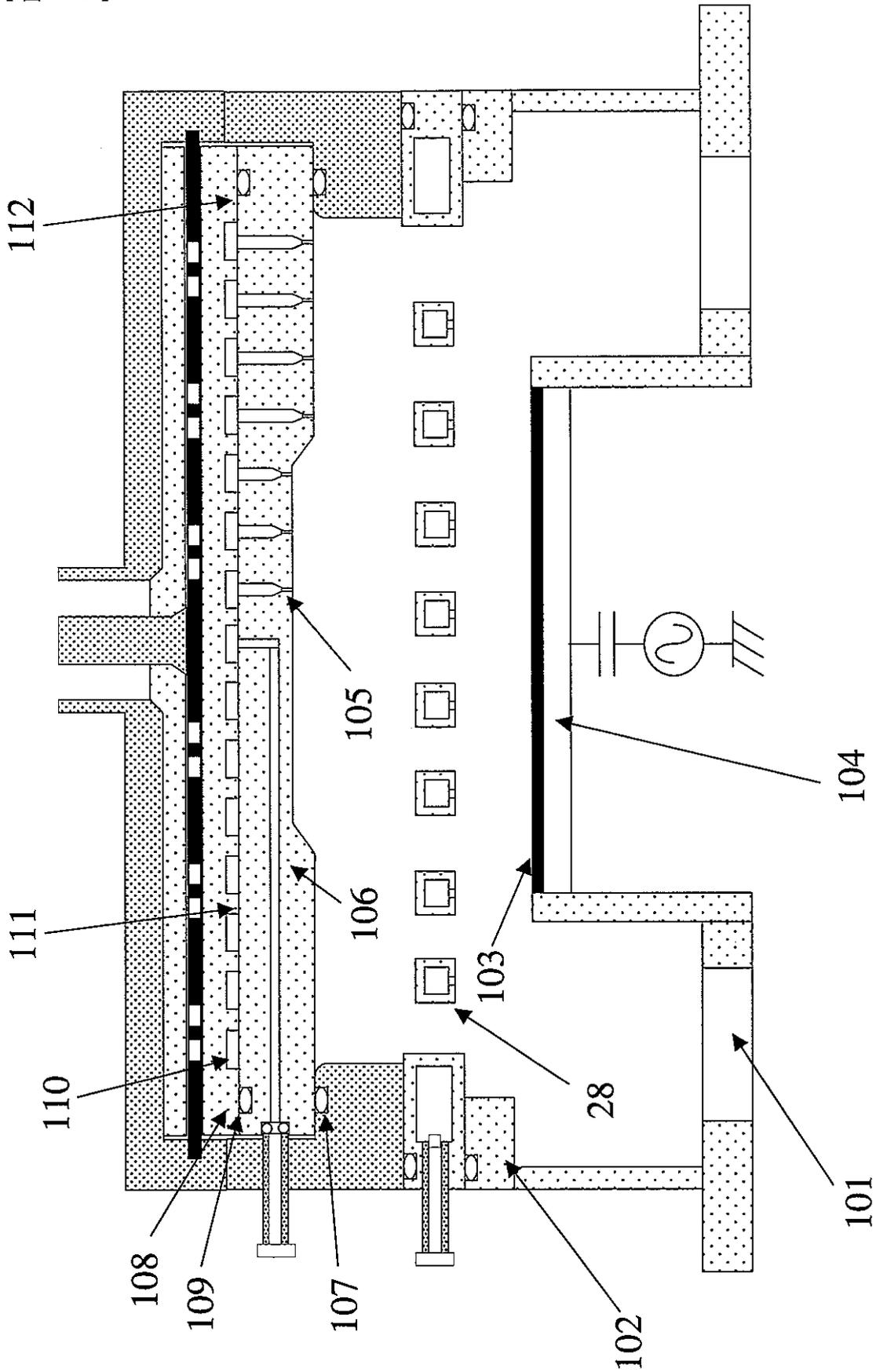
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 10】



【手續補正 2】

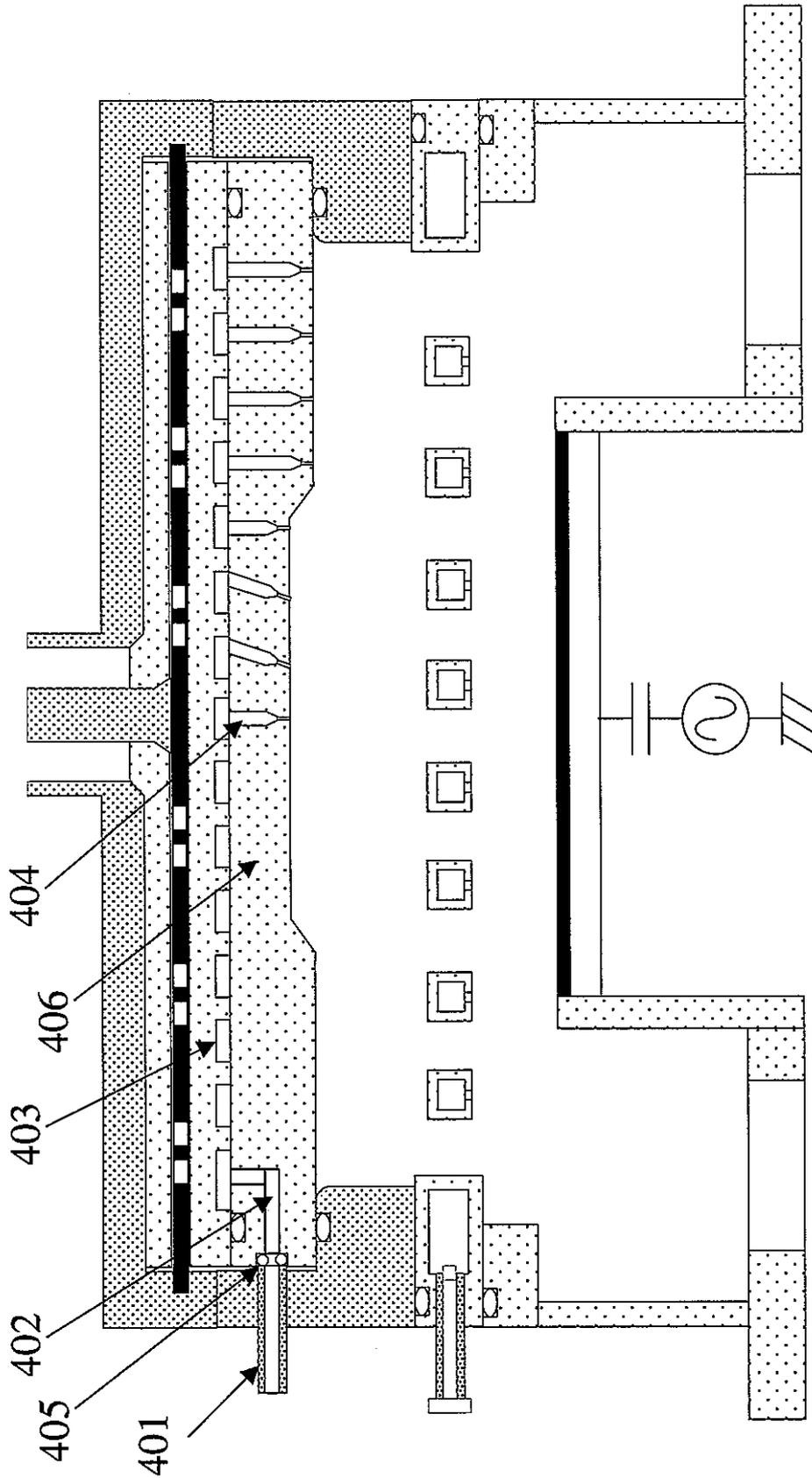
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 後藤 哲也

宮城県仙台市太白区山田本町1-11 テェエラ・リバーサイドA203

Fターム(参考) 4K030 EA05 FA01 LA15 LA18

5F004 AA01 BA20 BB14 BC03 BD04

5F045 AA09 AA20 AB32 AB33 AB34 BB03 DP03 EF05 EF07 EF08

EH02 EH03