

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 10 月 13 日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/125524 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/31 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/057229
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 24 日(24.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-082169 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉川 弥 (YOSHIKAWA, Wataru) [JP/JP]; 〒9813137 宮城県仙台市泉区大沢 3-2-1 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Miyagi (JP). 松本 直樹 (MATSUMOTO, Naoki) [JP/JP]; 〒9813137 宮城県仙台市泉区大沢 3-2-1 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Miyagi (JP). 吉川 潤 (YOSHIKAWA, Jun) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼

崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Hyogo (JP).

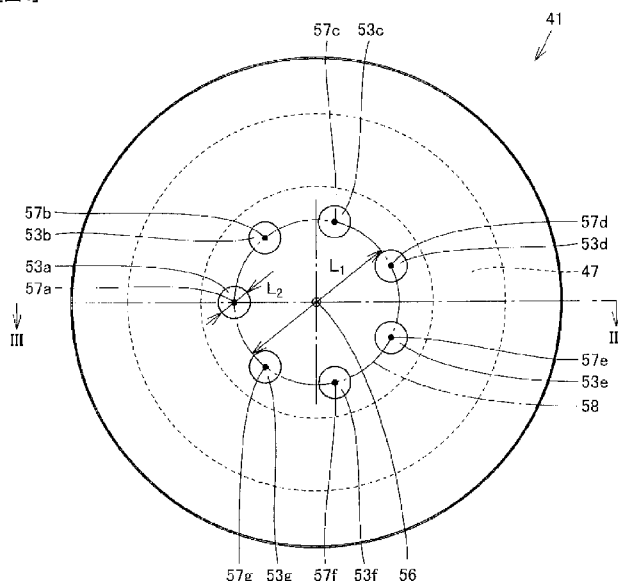
- (74) 代理人: 伊藤 英彦, 外(ITO H, Hidehiko et al.); 〒5420082 大阪府大阪市中央区島之内 1 丁目 2 1 番 19 号 オリエンタル堺筋ビル アイミー国際特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: DIELECTRIC WINDOW FOR PLASMA PROCESSING DEVICE, PLASMA PROCESSING DEVICE, AND METHOD FOR ATTACHING DIELECTRIC WINDOW FOR PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置用誘電体窓、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法

[図4]



(57) Abstract: In a dielectric window (41) for a plasma processing device, a first dielectric window concave section (47) is provided in a region on the radially outward side of a surface on a side which generates plasma, and is concave in a tapered shaped toward the inner side in the plate thickness direction of the dielectric window (41). In a region on the radially inward side of the first dielectric window concave section (47), a plurality of second dielectric window concave sections (53a-53g), which are concave from the surface on the side which generates plasma, toward the inner side in the plate thickness direction of the dielectric window (41), are provided. The plurality of second dielectric window concave sections (53a-53g) are arranged at intervals from one another in the circumferential direction so as to have rotational symmetry centred on the centre (56) of the dielectric window (41) in the radial direction.

(57) 要約: プラズマ処理装置用誘電体窓 41 のうち、プラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、誘電体窓 41 の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部 47 が設けられている。第一の誘電体窓凹部 47 の径方向内側領域には、プラズマを生成する側の第二の誘電体窓凹部 53a~53g が設けられている。複数の第二の誘電体窓凹部 53a~53g は、誘電体窓 41 の径方向の中心 56 を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている。

面から誘電体窓 41 の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部 53a~53g が設けられている。複数の第二の誘電体窓凹部 53a~53g は、誘電体窓 41 の径方向の中心 56 を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている。

WO 2011/125524 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

プラズマ処理装置用誘電体窓、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法

技術分野

[0001] この発明は、プラズマ処理装置用誘電体窓（以下、単に「誘電体窓」ということもある）、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法に関するものであり、特に、略円板状であって、マイクロ波を伝播するプラズマ処理装置用誘電体窓、およびこのようなプラズマ処理装置用誘電体窓を備えるプラズマ処理装置、およびこのようなプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法に関するものである。

背景技術

[0002] L S I (L a r g e S c a l e I n t e g r a t e d c i r c u i t) や M O S (M e t a l O x i d e S e m i c o n d u c t o r) トランジスタ等の半導体素子は、被処理基板となる半導体基板（ウェハ）に対して、エッチングやCVD (C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n) 、スパッタリング等の処理を施して製造される。エッチングやCVD、スパッタリング等の処理については、そのエネルギー供給源としてプラズマを用いた処理方法、すなわち、プラズマエッチングやプラズマCVD、プラズマスパッタリング等がある。

[0003] ここで、プラズマを発生させる際にマイクロ波を用いるマイクロ波プラズマ処理装置に関する技術が、WO 2 0 0 9 / 1 0 1 9 2 7 A 1（特許文献1）に開示されている。特許文献1によると、マイクロ波プラズマ処理装置には、マイクロ波を伝播する天板（誘電体窓）が設けられている。そして、円周方向の伝播の不均一性を改善するために、マイクロ波をその側面で共鳴吸収し、かつマイクロ波がその内部で単一のモードで伝播する凹部を、天板（誘電体窓）のプラズマ発生側の面に設けることとしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：WO 2009/101927 A 1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] プラズマ処理装置においては、処理内容や被処理基板に要求される特性等に応じ、種々のプロセス条件においてプラズマ処理が施される。ここで、プラズマ処理装置においては、広いプロセスマージンおよび生成するプラズマの高い軸対称性が要求される。プロセスマージンとは、プラズマ処理装置の処理容器内の圧力、マイクロ波のパワー、ガスの種類や複数種類のガスを用いた場合のそれぞれの分圧や流量比等、プラズマ処理装置のプロセス条件が変更された場合でも、安定してプラズマを生成し、プラズマ処理を行うことができることをいい、このようなプロセスマージンができるだけ広いことが望まれる。また、プラズマ処理においては、被処理基板の面内における処理の度合いを均一にすることが好ましい。具体的には、例えば、周方向における被処理基板の処理のムラをできるだけなくすことが望ましい。このような被処理基板の処理の均一性を確保するためには、生成するプラズマについて、高い軸対称性を備えることが要求される。すなわち、生成されるプラズマにおいて、誘電体窓の中心やスロットアンテナ板の中心を軸とした対称性が良好であることが望まれる。

[0006] しかし、上記した特許文献1に示すプラズマ処理装置の構成や、従来における平らな誘電体窓を備えるプラズマ処理装置の構成では、広いプロセスマージン、かつ、プラズマの均一性の双方の要求を具備することはできなかった。このような状況下において、例えば、スロットの数の異なる複数のスロットアンテナ板を準備し、これらをプロセス条件の変更に合わせて交換することにより、対応することができる。しかし、プロセス条件を変更する毎に、スロットアンテナ板の交換等の作業が生じると、作業が煩雑になってしま

い、好ましくない。また、複数の形状の異なるスロットアンテナ板を準備する必要もあり、コスト面からも不利である。

[0007] この発明の目的は、広いプロセスマージンを有すると共に、生成するプラズマが高い軸対称性を有するプラズマ処理装置用誘電体窓を提供することである。

[0008] この発明の他の目的は、広いプロセスマージンを有すると共に、処理の均一性を向上させることができるプラズマ処理装置を提供することである。
この発明のさらに他の目的は、広いプロセスマージンを有すると共に、生成するプラズマが高い軸対称性を有するプラズマ処理装置用誘電体窓をプラズマ処理装置に取り付けるに際に、容易に取り付けることが可能なプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] この発明に係るプラズマ処理装置用誘電体窓は、マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置に備えられ、略円板状であり、マイクロ波を伝播する。プラズマ処理装置用誘電体窓のうち、プラズマ処理装置に備えられた際にプラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部が設けられている。第一の誘電体窓凹部の径方向内側領域には、プラズマを生成する側の面からプラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部が設けられている。複数の第二の誘電体窓凹部は、プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている。

[0010] このように構成することにより、誘電体窓の径方向外側領域において、テーパ状の環状の第一の誘電体窓凹部により、誘電体窓の厚みを連続的に変化させる領域を形成して、プラズマを生成する種々のプロセス条件に適した誘電体窓の厚みを有する共振領域を形成することができる。そうすると、種々のプロセス条件に応じて、径方向外側領域におけるプラズマの高い安定性を

確保することができる。また、誘電体窓の径方向内側領域においては、第二の誘電体窓凹部により、強固なモード固定を行なうことができる。そうすると、プロセス条件が種々変更されても、径方向内側領域における強固なモード固定の領域を確保することができる。複数の第二の誘電体窓凹部は、回転対称性を有するため、誘電体窓の径方向内側領域において強固なモード固定の高い軸対称性を確保することができ、生成するプラズマにおいても、高い軸対称性を有する。したがって、このような構成のプラズマ処理装置用誘電体窓は、広いプロセスマージンを有すると共に、生成するプラズマが高い軸対称性を有する。

[0011] 好ましくは、第二の誘電体窓凹部は、プラズマを生成する側の面からプラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって、真直ぐに凹んだ形状である。

[0012] さらに好ましくは、第二の誘電体窓凹部は、プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向から見た場合に、丸穴状である。

[0013] 好ましい一実施形態として、丸穴状の複数の第二の誘電体窓凹部の中心はそれぞれ、プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向から見た場合に、プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心とした円上にある。

[0014] また、プラズマ処理装置用誘電体窓は、プラズマ処理装置用誘電体窓をプラズマ処理装置に取り付ける際に、プラズマ処理装置用誘電体窓の周方向の位置を調整する位置調整機構を備えるよう構成してもよい。

[0015] 好ましくは、位置調整機構は、第一の誘電体窓凹部の径方向外側領域に設けられた誘電体窓目盛りを含む。

[0016] この発明の他の局面において、この発明に係るプラズマ処理装置は、マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置である。また、プラズマ処理装置は、略円板状であり、マイクロ波を伝播するプラズマ処理装置用誘電体窓を備える。ここで、プラズマ処理装置用誘電体窓のうち、プラズマ処理装置に備えられた際にプラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かってテーパ状

に凹む第一の誘電体窓凹部が設けられている。また、第一の誘電体窓凹部の径方向内側領域には、プラズマを生成する側の面からプラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部が設けられている。複数の第二の誘電体窓凹部は、プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている。

[0017] このようなプラズマ処理装置によると、広いプロセスマージンを有すると共に、処理の均一性を向上させることができる。

[0018] 好ましくは、略円板状であって、板厚方向に貫通する複数のスロットが設けられており、プラズマ処理装置用誘電体窓の上方側に配置され、マイクロ波をプラズマ処理装置用誘電体窓に向かって放射するスロットアンテナ板を備える。

[0019] スロットアンテナ板は、スロットアンテナ板の中心部側に位置し、一方方向に延びる第一のスロットおよび一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロットから構成されるスロット対を複数有し、第一のスロット孔は、少なくとも一部が第二の誘電体窓凹部と重なるように設けられていてもよい。

[0020] なお、スロットアンテナ板は、一方方向に延びる第一のスロットおよび一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロットから構成されるスロット対を複数有し、第二の誘電体窓凹部は、板厚方向から見た場合に、スロットアンテナ板における第一のスロットの長手方向の幅の領域と第二のスロットの長手方向の幅の領域とが重なる領域に位置するように設けられることが好ましい。

[0021] また、スロットアンテナ板は、一方方向に延びる第一のスロットおよび一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロットから構成されるスロット対を複数有し、複数の第二の誘電体窓凹部が設けられた位置に対応する位置に、複数のスロット対がそれぞれ設けられることが好ましい。

[0022] さらに好ましくは、プラズマ処理装置用誘電体窓をプラズマ処理装置に取り付けた際に、プラズマ処理装置用誘電体窓の周方向の位置を調整する位置

調整機構を備え、位置調整機構は、プラズマ処理装置用誘電体窓とスロットアンテナ板との周方向の相対的な位置を調整する。

[0023] なお、スロットの長手方向の長さに対する短手方向の長さの比は、 $1/4$ 以上1未満であることが好ましい。

[0024] この発明のさらに他の局面において、この発明に係るプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法は、マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置に備えられ、略円板状であり、マイクロ波を伝播するプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法である。プラズマ処理装置用誘電体窓は、プラズマ処理装置用誘電体窓のうち、プラズマ処理装置に備えられた際にプラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部が設けられており、第一の誘電体窓凹部の径方向内側領域には、プラズマを生成する側の面からプラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部が設けられており、複数の第二の誘電体窓凹部は、プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている。プラズマ処理装置は、略円板状であって、板厚方向に貫通する複数のスロットが設けられており、プラズマ処理装置用誘電体窓の上方側に配置され、マイクロ波をプラズマ処理装置用誘電体窓に向かって放射するスロットアンテナ板を備える。ここで、プラズマ処理装置用誘電体窓をプラズマ処理装置に取り付けるに際し、プラズマ処理装置用誘電体窓に設けられた第二の誘電体窓凹部と、スロットアンテナ板に設けられたスロットとの周方向の位置関係を調整して、プラズマ処理装置用誘電体窓をプラズマ処理装置に取り付ける。

[0025] このようなプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法によれば、より容易に周方向の位置決めを行なって、プラズマ処理装置用誘電体窓を取り付けることができる。

[0026] 好ましくは、プラズマ処理装置用誘電体窓には、周方向の位置を調整するための誘電体窓目盛りが設けられており、スロットアンテナ板には、周方向

の位置の基準となる目印が設けられており、誘電体窓目盛りおよび目印を用いて、プラズマ処理装置用誘電体窓とスロットアンテナ板との周方向の位置関係を調整する。

発明の効果

[0027] このようなプラズマ処理装置用誘電体窓によると、誘電体窓の径方向外側領域において、テーパ状の環状の第一の誘電体窓凹部により、誘電体窓の厚みを連続的に変化させる領域を形成して、プラズマを生成する種々のプロセス条件に適した誘電体窓の厚みを有する共振領域を形成することができる。そうすると、種々のプロセス条件に応じて、径方向外側領域におけるプラズマの高い安定性を確保することができる。また、誘電体窓の径方向内側領域においては、第二の誘電体窓凹部により、強固なモード固定を行なうことができる。そうすると、プロセス条件が種々変更されても、径方向内側領域における強固なモード固定の領域を確保することができる。複数の第二の誘電体窓凹部は、回転対称性を有するため、誘電体窓の径方向内側領域において強固なモード固定の高い軸対称性を確保することができ、生成するプラズマにおいても、高い軸対称性を有する。したがって、このような構成のプラズマ処理装置用誘電体窓は、広いプロセスマージンを有すると共に、生成するプラズマが高い軸対称性を有する。

[0028] また、このようなプラズマ処理装置によると、広いプロセスマージンを有すると共に、処理の均一性を向上させることができる。

[0029] また、このようなプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法によると、より容易に周方向の位置決めを行なって、プラズマ処理装置用誘電体窓を取り付けることができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す概略断面図である。

[図2]この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置に備えられるスロットアンテナ板を板厚方向から見た図である。

[図3] 図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる誘電体窓の断面図である。

[図4] 図 3 に示す誘電体窓を、図 3 中の矢印 I V の方向から見た図である。

[図5] 図 3 に示す誘電体窓を、図 3 中の矢印 I V の方向と逆の方向から見た図である。

[図6] 図 3 に示す誘電体窓を、横側から見た側面図である。

[図7] スロットアンテナ板と誘電体窓との取り付け状態を示す図である。

[図8] 図 2 に示すスロットアンテナ板よりもスロットの数を減少させたスロットアンテナ板を板厚方向から見た図である。

[図9] 第一のプラズマ処理装置において、プラズマを生成した状態を示す写真である。

[図10] 図 1 に示すプラズマ処理装置において、プラズマを生成した状態を示す写真である。

[図11] 生成されたプラズマの電子密度と被処理基板 W の中心からの距離との関係を示すグラフである。

[図12] マイクロ波パワー 2000 (W) 等の条件下において、第一のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。

[図13] マイクロ波パワー 2000 (W) 等の条件下において、第二のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。

[図14] マイクロ波パワー 2000 (W) 等の条件下において、図 1 に示すプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。

[図15] マイクロ波パワー 2000 (W) 等の条件下において、第一のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。

[図16] マイクロ波パワー 2000 (W) 等の条件下において、第二のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中

心からの距離との関係を示すグラフである。

[図17] マイクロ波パワー 2000 (W) 等の条件下において、図 1 に示すプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。

[図18] マイクロ波パワー 3000 (W) 等の条件下において、第二のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。

[図19] マイクロ波パワー 3000 (W) 等の条件下において、図 1 に示すプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。

[図20] マイクロ波パワー 3000 (W) 等の条件下において、第二のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。

[図21] マイクロ波パワー 3000 (W) 等の条件下において、図 1 に示すプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。

[図22] 偏りファクターとプロセス条件との関係を示すグラフである。

[図23] この発明の他の実施形態に係る誘電体窓を示す断面図である。

[図24] この発明のさらに他の実施形態に係る誘電体窓を示す断面図である。

[図25] 第 5 のプロセス条件で、図 3 および図 23 に示す誘電体窓を備えるプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。

[図26] 第 6 のプロセス条件で、図 3 および図 23 に示す誘電体窓を備えるプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、この発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。まず、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成について説明する。図 1 は、

この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す概略断面図である。図 2 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられるスロットアンテナ板を、板厚方向から見た図である。

[0032] 図 1 および図 2 を参照して、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置 11 は、マイクロ波をプラズマ源とするマイクロ波プラズマ処理装置である。プラズマ処理装置 11 は、その内部で被処理基板 W にプラズマ処理を行う処理空間を有する処理容器 12 と、処理容器 12 内にプラズマ処理用のガス等を供給するガス供給部 13 と、処理容器 12 内に設けられ、その上に被処理基板 W を保持する保持台 14 と、処理容器 12 の外部に設けられ、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器 15 と、マイクロ波発生器 15 により発生させたマイクロ波を処理容器 12 内に導入する導波管 16 および同軸導波管 17 と、同軸導波管 17 の下方端部に連結されており、同軸導波管 17 によって導入されたマイクロ波を径方向に伝播する誘電体板 18 と、誘電体板 18 の下方側に配置されており、誘電体板 18 によって伝播されたマイクロ波を放射するスロット 32 を複数有するスロットアンテナ板 31 と、スロットアンテナ板 31 の下方側に配置されており、スロット 32 から放射されたマイクロ波を径方向に伝播すると共に処理容器 12 内に透過させる誘電体窓 41 と、プラズマ処理装置 11 全体を制御する制御部（図示せず）とを備える。制御部は、ガス供給部 13 におけるガス流量、処理容器 12 内の圧力等、被処理基板 W をプラズマ処理するためのプロセス条件を制御する。なお、理解の容易の観点から、図 1 において、スロット 32 の開口形状を概略的に示している。

[0033] 処理容器 12 は、保持台 14 の下方側に位置する底部 19a と、底部 19a の外周から上方向に延びる側壁 19b と、側壁 19b の上方側に載置するようにして配置され、その上に誘電体窓 41 を載置可能な環状部材 19c とを含む。側壁 19b は、円筒状である。処理容器 12 の底部 19a の径方向の中央側には、排気用の排気孔 20 が設けられている。処理容器 12 の上部側は開口しており、処理容器 12 の上部側に配置される誘電体窓 41、およ

び誘電体窓 4 1 と処理容器 1 2、具体的には、処理容器 1 2 を構成する環状部材 1 9 c との間に介在するシール部材としての O リング 2 1 によって、処理容器 1 2 は密封可能に構成されている。

[0034] 保持台 1 4 には、RF (radio frequency) バイアス用の高周波電源がマッチングユニットおよび給電棒 (いずれも図示せず) を介して電氣的に接続されている。この高周波電源は、被処理基板 W に引き込むイオンのエネルギーを制御するのに適した一定の周波数、例えば、13.56 MHz の高周波を所定のパワーで出力する。マッチングユニットは、高周波電源側のインピーダンスと、主に電極、プラズマ、処理容器 1 2 といった負荷側のインピーダンスとの間で整合をとるための整合器を収容しており、この整合器の中にブロッキングコンデンサが含まれている。

[0035] ガス供給部 1 3 は、被処理基板 W の中央に向かってガスを供給するガス供給口 2 3 を有するセンターガス供給部 2 4 と、円環状の中空状部材 2 7 から構成されており、径方向内側に向かってガスを供給するガス供給口 2 5 を有するアウターガス供給部 2 6 とを含む。

[0036] センターガス供給部 2 4 のガス供給口 2 3 は、円板状の誘電体窓 4 1 の径方向の中心領域を開口するようにして設けられている。センターガス供給部 2 4 は、同軸導波管 1 7 を構成する中空状の中心導体 2 2 a の中空部分を、ガスの供給路としている。センターガス供給部 2 4 は、誘電体窓 4 1 に収容され、処理容器 1 2 内にガスを噴出するようにして供給するインジェクター部 4 5 を備える。

[0037] アウターガス供給部 2 6 を構成する中空状部材 2 7 は、処理容器 1 2 内において、側壁 1 9 b の内壁面から径方向に真直ぐに延びる複数の支持部材 2 8 により支持されている。中空状部材 2 7 の内径寸法は、被処理基板 W の外径寸法よりもやや大きく構成されている。中空状部材 2 7 の中空部分については、その断面略矩形状となるように構成されている。中空状部材 2 7 は、保持台 1 4 の上方側において、被処理基板 W の真上領域を避けるようにして配置されている。アウターガス供給部 2 6 のガス供給口 2 5 は、円環状の中

空状部材 27 のうち、内側の壁面を丸穴状に開口するようにして複数設けられている。複数のガス供給口 25 は、所定の間隔を空けて、略等配となるように設けられている。

[0038] センターガス供給部 24 およびアウターガス供給部 26 はそれぞれ、処理容器 12 外から処理容器 12 内にプラズマ処理用のガス等を供給する。ガス供給口 23、25 から供給されるガスのそれぞれの流れ方向については、図 1 中の矢印 F_1 および F_2 で図示している。なお、センターガス供給部 24 およびアウターガス供給部 26 から供給されるガスの流量比やガスの種類については、任意に選択が可能であり、例えば、異なる種類のガスをセンターガス供給部 24 およびアウターガス供給部 26 のそれぞれから供給することや、センターガス供給部 24 からのガスの供給を全く無しにして、アウターガス供給部 26 からのみ処理容器 12 内にガスを供給するということも、もちろん可能である。なお、ガス供給部 13 が、このようなセンターガス供給部 24 およびアウターガス供給部 26 を備える構成とすることにより、径方向における処理の均一性の微調整を図ることができる。具体的には、例えば、被処理基板 W の端部領域の処理が被処理基板 W の中央領域の処理に比べて不十分である場合、センターガス供給部 24 およびアウターガス供給部 26 の流量比において、アウターガス供給部 26 から供給されるガスの流量比を多くして、端部領域のプラズマ処理の促進を図り、処理の均一性の微調整を図ることができる。

[0039] チューナー 29 を有するマイクロ波発生器 15 は、中心導体 22a および外周導体 22b から構成される同軸導波管 17 およびモード変換器 30 を介して、マイクロ波を導入する導波管 16 の上流側に接続されている。同軸導波管 17 を構成し、いずれも円筒状である中心導体 22a および外周導体 22b は、径方向の中心を一致させ、中心導体 22a の外径面と、外周導体 22b の内径面との間隔を開けるようにして、図 3 中の紙面上下方向に延びるようにして配置される。例えば、マイクロ波発生器 15 で発生させた TE モードのマイクロ波は、導波管 16 を通り、モード変換器 30 により TEM モ

ードへ変換され、同軸導波管 17 を伝播する。マイクロ波発生器 15 において発生させるマイクロ波の周波数としては、例えば、2.45 GHz が選択される。

[0040] ここで、上記したスロットアンテナ板 31 の具体的な構成について説明する。スロットアンテナ板 31 は、薄板状であって、円板状である。スロットアンテナ板 31 の板厚方向の両面は、それぞれ平らである。スロットアンテナ板 31 には、板厚方向に貫通する複数のスロット 32 が複数設けられている。スロット 32 は、一方方向に長い第一のスロット 33 と、第一のスロット 33 と直交する方向に長い第二のスロット 34 とが、隣り合っって一対となるように形成されている。具体的には、隣り合う 2 つのスロット 33、34 が一対となって、略ハ字状となるように配置されて構成されている。すなわち、スロットアンテナ板 31 は、一方方向に延びる第一のスロット 33 および一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロット 34 から構成されるスロット対 40 を有する構成である。なお、スロット対 40 の一例については、図 2 中の点線で示す領域で図示している。

[0041] この実施形態においては、第一のスロット 33 の開口幅、すなわち、第一のスロット 33 のうち、長手方向に延びる一方側の壁部 30a と長手方向に延びる他方側の壁部 30b との間の長さ W_1 は、約 12 mm となるように構成されている。一方、図 2 中の長さ W_2 で示す第一のスロット 33 の長手方向の長さ、すなわち、第一のスロット 33 の長手方向の一方側の端部 30c と第一のスロット 33 の長手方向の他方側の端部 30d との間の長さ W_2 は、約 50 mm となるように構成されている。第一のスロット 33 について、長手方向の長さに対する短手方向の長さの比 W_1/W_2 は、 $12/50$ であり、約 $1/4$ である。第一のスロット 33 の開口形状と第二のスロット 34 の開口形状とは、同じである。すなわち、第二のスロット 34 は、第一のスロット 33 を 90 度傾けた形状である。なお、スロットという長孔を構成するに際し、長さの比 W_1/W_2 については、1 未満となる。

[0042] 設けられたスロット対 40 は、内周側に配置される内周側スロット対群 3

５と、外周側に配置される外周側スロット対群３６とに大別される。内周側スロット対群３５は、図２中の一点鎖線で示す仮想円の内側領域に設けられた７対のスロット対４０である。外周側スロット対群３６は、図２中の一点鎖線で示す仮想円の外側領域に設けられた２８対のスロット対４０である。内周側スロット対群３５において、７対のスロット対４０はそれぞれ、周方向に等間隔に配置されている。このように構成することにより、後述する第二の誘電体窓凹部が設けられた位置に対応する位置に、内周側スロット対群３５に配置される７対のスロット対４０をそれぞれ設けることができる。外周側スロット対群３６において、２８対のスロット対４０はそれぞれ、周方向に等間隔に配置されている。スロットアンテナ板３１の径方向の中央にも、貫通孔３７が設けられている。

[0043] なお、外周側スロット対群３６の外径側の領域には、スロットアンテナ板３１の周方向の位置決めを容易にするために、板厚方向に貫通するようにして基準孔３９が設けられている。すなわち、この基準孔３９の位置を目印にして、処理容器１２や誘電体窓４１に対するスロットアンテナ板３１の周方向の位置決めを行なう。スロットアンテナ板３１は、基準孔３９を除いて、径方向の中心３８を中心とした回転対称性を有する。

[0044] マイクロ波発生器１５により発生させたマイクロ波は、同軸導波管１７を通して、誘電体板１８に伝播され、スロットアンテナ板３１に設けられた複数のスロット３２から誘電体窓４１に放射される。誘電体窓４１を透過したマイクロ波は、誘電体窓４１の直下に電界を生じさせ、処理容器１２内にプラズマを生成させる。誘電体窓４１の直下で生成されたプラズマは、誘電体窓４１から離れる方向、すなわち、保持台１４に向かう方向に拡散していく。そして、拡散したプラズマで形成され、保持台１４に載置された被処理基板を含むプラズマ拡散領域で、被処理基板Wに対するプラズマエッチング処理等のプラズマ処理を行う。プラズマ処理装置１１において処理に供されるマイクロ波プラズマは、上記した構成のスロットアンテナ板３１および誘電体窓４１を含むラジアルラインスロットアンテナ（RLSA: Radial

Line Slot Antenna) により生成されている。

[0045] 次に、この発明の一実施形態に係る誘電体窓 4 1 の構成について、具体的に説明する。図 3 は、この発明の一実施形態に係る誘電体窓 4 1 の断面図であり、図 1 に示す断面に相当する。図 4 は、図 3 に示す誘電体窓 4 1 を、下側、すなわち、図 3 中の矢印 I V の方向から見た図である。図 5 は、図 3 に示す誘電体窓 4 1 を、上側、すなわち、図 3 中の矢印 I V の方向と逆の方向から見た図である。図 6 は、図 3 に示す誘電体窓 4 1 を、横側から見た側面図である。図 4 中の I I I - I I I 断面が、図 3 に相当する。

[0046] 図 1 ～図 6 を参照して、この発明の一実施形態に係る誘電体窓 4 1 は、略円板状であって、所定の板厚を有する。誘電体窓 4 1 は、誘電体で構成されており、誘電体窓 4 1 の具体的な材質としては、石英やアルミナ等が挙げられる。誘電体窓 4 1 は、図 3 における下側を処理容器 1 2 の側壁 1 9 b の一部を構成する環状部材 1 9 c の上に載せるようにしてプラズマ処理装置 1 1 に取り付けられ、備えられる。

[0047] 誘電体窓 4 1 の径方向の中央には、板厚方向、すなわち、図 3 中の紙面上下方向に貫通する貫通孔 4 2 が設けられている。貫通孔 4 2 のうち、下側領域は、センターガス供給部 2 4 におけるガス供給口 2 3 となり、上側領域は、センターガス供給部 2 4 を構成するインジェクター部 4 5 を受け入れる受け入れ凹部 4 3 となる。なお、誘電体窓 4 1 の径方向の中心 4 4 を、図 3 中の一点鎖線で示す。

[0048] 誘電体窓 4 1 のうち、プラズマ処理装置 1 1 に備えられた際にプラズマを生成する側となる下面 4 6 の径方向外側領域には、環状に連なり、誘電体窓 4 1 の板厚方向内方側、ここでは、図 3 における紙面上方向に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部 4 7 が設けられている。下面 4 6 は、誘電体窓 4 1 の径方向の中央領域に設けられており、後述する第二の誘電体窓凹部 5 3 a ～ 5 3 g が設けられる領域を除いて、平ら、すなわち、径方向に真直ぐに延びる平面で構成されている。第一の誘電体窓凹部 4 7 は、下面 4 6 の外径領域から外径側に向かってテーパ状、具体的には、下面 4 6 に対して図

3における紙面上方向に傾斜して延びる内側テーパ面48、内側テーパ面48から外径側に向かって径方向に真直ぐ、すなわち、下面46と平行に延びる平面49、平面49から外径側に向かってテーパ状、具体的には、下面46に対して図3における紙面下方向に傾斜して延びる外側テーパ面50から構成されている。テーパの角度、すなわち、例えば、平面49に対して内側テーパ面が延びる方向で規定される角度や平面49に対して外側テーパ面50が延びる方向で規定される角度については、任意に定められ、この実施形態においては、周方向のいずれの位置においても同じように構成されている。内側テーパ面48、平面49、外側テーパ面50はそれぞれ滑らかな曲面で連なるように形成されている。なお、外側テーパ面50の外径領域は、外径側に向かって径方向に真直ぐ、すなわち、下面46と平行に延びる平面52が設けられている。この平面52が誘電体窓41の支持面となる。すなわち、誘電体窓41は、平面52を環状部材19cの内径側領域において設けられた上部側の端面19dに載置するようにして、プラズマ処理装置11に取り付けられる。なお、端面19dには、上記したリング21を配置可能なように、図1における紙面下方向に凹むリング受け入れ凹部19eが設けられている。また、理解の容易の観点から、図4において、第一の誘電体窓凹部47が設けられる領域を、点線で示している。

[0049] この第一の誘電体窓凹部47により、誘電体窓41の径方向外側領域において、誘電体窓41の厚みを連続的に変化させる領域を形成して、プラズマを生成する種々のプロセス条件に適した誘電体窓41の厚みを有する共振領域を形成することができる。そうすると、種々のプロセス条件に応じて、径方向外側領域におけるプラズマの高い安定性を確保することができる。

[0050] ここで、誘電体窓41のうち、第一の誘電体窓凹部47の径方向内側領域には、下面46から板厚方向内方側、ここでは、図3における紙面上方向に向かって凹む第二の誘電体窓凹部53aが設けられている。第二の誘電体窓凹部53aは、下面46から図3における紙面上方向に向かって真直ぐに凹んだ形状である。第二の誘電体窓凹部53aは、誘電体窓41の板厚方向か

ら見た場合、ここでは、図3における紙面下方向から見た場合に、丸穴状である。すなわち、第二の誘電体窓凹部53aは、下面46から図3における紙面上方向に真直ぐに延びる円筒面54と、円筒面54の上側端部において、径方向に真直ぐ、すなわち、下面46と平行に延びる平面55とから構成されている。

[0051] 第二の誘電体窓凹部53aは、この実施形態においては、合計7つ設けられている。7つの第二の誘電体窓凹部53a、53b、53c、53d、53e、53f、53gの形状はそれぞれ等しい。すなわち、第二の誘電体窓凹部53a～53gの凹み方やその大きさ、穴の径等については、それぞれ等しく構成されている。7つの第二の誘電体窓凹部53a～53gは、誘電体窓41の径方向の中心56を中心として、回転対称性を有するように、それぞれ間隔を空けて配置されている。この場合、丸穴状の7つの第二の誘電体窓凹部53a～53fの中心57a、57b、57c、57d、57e、57f、57gはそれぞれ、誘電体窓41の板厚方向から見た場合に、誘電体窓41の径方向の中心56を中心とした円58上にあるように構成されている。すなわち、誘電体窓41を径方向の中心56を中心として360度／7である51.42度回転させた場合に、回転させる前と同じ形状となるよう構成されている。円58は、図4において、一点鎖線で示している。なお、この実施形態において、図4中の長さ L_1 で示す円58のPCD (Pitch Circle Diameter)、すなわち、ピッチ円の径は、約154mmとし、図4中の長さ L_2 で示す第二の誘電体窓凹部53a～53gの径は、約 $\phi 30$ mmとしている。また、第二の誘電体窓凹部53aの凹み量、すなわち、図3中の長さ L_3 で示す下面46と平面55との板厚方向の間隔は、任意に定められ、この実施形態においては、約32mmとしている。なお、この実施形態においては、誘電体窓41の径は、約458mmとしている。

[0052] この第二の誘電体窓凹部53a～53gにより、マイクロ波の電界を集中させることができ、誘電体窓41の径方向内側領域において、強固なモード

固定を行なうことができる。そうすると、プロセス条件が種々変更されても、径方向内側領域における強固なモード固定の領域を確保することができる。7つの第二の誘電体窓凹部53a～53gは、回転対称性を有するため、誘電体窓41の径方向内側領域において強固なモード固定の高い軸対称性を確保することができ、生成するプラズマにおいても、高い軸対称性を有する。

[0053] 以上より、このような構成の誘電体窓41は、広いプロセスマージンを有すると共に、生成するプラズマが高い軸対称性を有する。

[0054] なお、プロセスマージンの広さについては、要求されるプロセスマージンの広さに応じて、第二の誘電体窓凹部の大きさやその位置を変更することにより、対応することができる。また、径方向の処理の均一性について述べると、被処理基板において径方向の中心側が径方向の外側、いわゆる端部側よりもエッチング処理の早いセンターファーストという現象、およびその逆の現象であって、径方向の中心側が径方向の外側よりもエッチング処理の遅いエッジファーストという現象があるが、第二の誘電体窓凹部の大きさやその位置を変更することにより、対応することができる。一方、上記したこの発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成とし、プロセス条件を調整して、センターファーストやエッジファーストとなる現象を低減させ、その影響を小さくすることもできる。すなわち、上記したこの発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成として要求される広いプロセスマージンおよび周方向の処理の均一性を確保し、プロセス条件を調整して、径方向の処理の均一性を向上させることができるものである。この点については、後述する。

[0055] ここで、誘電体窓41には、誘電体窓41の周方向の位置を調整する位置調整機構として、誘電体窓41の上面59において、誘電体窓目盛り60が設けられている。誘電体窓目盛り60は、周方向に等間隔を空けて記されている。この誘電体窓目盛り60は、誘電体窓41の上にスロットアンテナ板31を配置させた際に、スロットアンテナ板31に覆われない領域に設けら

れている。具体的には、第一の誘電体窓凹部 4 7 の外径側領域に設けられている。このような誘電体窓目盛り 6 0 を設けることにより、誘電体窓 4 1 の周方向の位置決めを行なうことが容易になる。なお、理解の容易の観点から、図 5 においては、誘電体窓目盛り 6 0 の一部の図示を省略している。

[0056] 次に、この誘電体窓 4 1 の取り付け方法について、説明する。図 7 は、スロットアンテナ板 3 1 と誘電体窓 4 1 との取り付け状態を示す図である。図 7 は、誘電体窓 4 1 の上側に、スロットアンテナ板 3 1 を載置した状態に相当する。図 7 を参照して、誘電体窓 4 1 に設けられた第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g の周方向の位置、およびスロットアンテナ板 3 1 に設けられたスロットアンテナ板 3 1 のスロット 3 2 により、誘電体窓 4 1 における電界の周方向の強度分布が変わり、それに応じて生成されるプラズマの強度も変化する。特に、内径側領域においては、第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g が設けられた領域と、スロット 3 2 が設けられた領域とが板厚方向に重なるか否か、またはその重なり具合によって、電界の周方向の強度分布が大きく変化する。

[0057] 例えば、図 7 に示すように、第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g は、板厚方向から見た場合に、スロットアンテナ板 3 1 における第一のスロット 3 3 の長手方向の幅の領域 6 5 a と第二のスロット 3 4 の長手方向の幅の領域 6 5 b とが重なる領域 6 5 c に位置するように設けられることが好ましい。ここで、領域 6 5 c に第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g が位置するとは、領域 6 5 c 内に完全に第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g が覆われる状態の他、領域 6 5 c の一部と第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g の一部とが重なり合う状態をも含むものである。このような領域 6 5 c は、マイクロ波の電界強度が強い領域であるので、第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g の内部へ十分にマイクロ波を供給することができる。また、この場合、第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g が設けられた位置に対応する位置に、内周側スロット対群 3 5 内に配置される 7 対のスロット対 4 0 をそれぞれ位置させるよう設けることができるので、効率的に第二の誘電体窓凹部 5 3 a ~ 5 3 g の内部へ

マイクロ波を供給することができる。なお、図7において、領域65a、65b、65cをそれぞれ異なるハッチングで示している。

[0058] 誘電体窓41をプラズマ処理装置11に取り付けるに際し、誘電体窓41に設けられた第二の誘電体窓凹部53a～53gと、スロットアンテナ板31に設けられたスロット32との周方向の位置関係を調整して、誘電体窓41をプラズマ処理装置11に取り付ける。ここで、誘電体窓41の周方向の位置を調整するための誘電体窓目盛り60、およびスロットアンテナ板31に設けられた周方向の位置の基準となる目印としての基準孔39を利用する。具体的には、スロットアンテナ板31および誘電体窓41の中心を中心61として、中心61と基準孔39の中心を結ぶ一点鎖線で示される仮想線62と、中心61と最外周に設けられた任意のスロット32の周方向端部64とを結ぶ二点鎖線で示される仮想線63とのなす角度 θ を、予め求められた角度 θ と形成される電界の強度分布との関係に基づいて、要求される角度 θ となるようにスロットアンテナ板31に対して誘電体窓41を回転させ、要求される角度 θ とする。

[0059] こうすることにより、より容易に、周方向の位置を調整することができる。すなわち、誘電体窓41に設けられた第二の誘電体窓凹部53a～53gは、上方側、すなわち、スロットアンテナ板31からは見ることができず、上方側から見ながら誘電体窓41の周方向の位置決めを行なうことは困難であるが、このような構成によれば、誘電体窓目盛り60および基準孔39を用いて、より容易にスロットアンテナ板31に対する誘電体窓41の周方向の位置を調整することができる。

[0060] ここで、スロットアンテナ板31に対する誘電体窓41の周方向の位置決めの調整においては、上記したプラズマ処理装置11に設けられた制御部により自動で行なってもよい。すなわち、例えば、誘電体窓41の周方向の位置を調整する位置調整機構は、誘電体窓41の周方向への回転を可能とする回転機構を含み、基準孔39の位置や誘電体窓目盛り60の目盛りをセンサによって検出し、制御部に入力された角度 θ となるよう誘電体窓41を回転

させる構成としてもよい。

[0061] なお、上記の実施の形態においては、プラズマ処理装置において、図2に示す形状のスロットアンテナ板を備えることとしたが、これに限らず、例えば、スロットの数やその配置状態を変更したものであってもよい。例えば、内周側スロット対群のスロットの配置および数は同じであるが、図8で示すスロットアンテナ板66のように、外周側スロット対群のスロットを28対から26対に変更し、略等配に配置させたものについても適用可能である。なお、図8は、図2に示すスロットアンテナ板よりもスロットの数を減少させ、スロット67の開口幅を狭くしたスロットアンテナ板66を板厚方向から見た図である。この実施形態においては、スロット67の開口幅、すなわち、スロット67のうち、長手方向に延びる一方側の壁部68aと長手方向に延びる他方側の壁部68bとの間の長さ W_3 は、約6mmとなるように構成されている。この長さ W_3 は、図2に示すスロットアンテナ板に設けられるスロット33の場合の長さ W_1 の約半分である。一方、図8中の長さ W_4 で示すスロット67の長手方向の長さ、すなわち、スロット67の長手方向の一方側の端部68cとスロット67の長手方向の他方側の端部68dとの間の長さ W_4 は、約50mmとなるように構成されている。この長さ W_4 は、図2に示すスロットアンテナ板に設けられるスロット33の場合の長さ W_2 と同等である。スロット67について、長手方向の長さに対する短手方向の長さの比 W_3/W_4 は、6/50であり、約1/8である。その他のスロットの構成等については、図2で示すスロットアンテナ板31と同様であるため、その説明を省略する。

[0062] ここで、スロットの開口形状については、幅広になるほど、導入されるマイクロ波のパワーが低下するが、周方向のずれに強いものとなる。すなわち、スロットの開口幅が狭くなれば、それだけマイクロ波を強く放射することができ、スロットアンテナ板の取り付けにおけるスロットの位置が周方向にずれや、マイクロ波の伝播の乱れによって、マイクロ波の放射が極端に弱くなる場合がある。一方、スロットの開口幅が広くなれば、マイクロ波の

放射は全体として弱くなるが、スロットアンテナ板の取り付けにおける周方向のスロットの位置のずれや、マイクロ波の伝播の乱れに対応して、極端に弱くならずマイクロ波を放射することができる。

[0063] 次に、プラズマ処理装置におけるプラズマの生成状態について説明する。図9は、第一のプラズマ処理装置において、プラズマを生成した状態を示す写真である。図10は、上記した構成のプラズマ処理装置11において、プラズマを生成した状態を示す写真である。図9および図10は、誘電体窓を板厚方向から撮影したものである。ここで、第一のプラズマ処理装置とは、図2に示すスロットアンテナ板、および第一の誘電体窓凹部のみが設けられた誘電体窓を備える構成である。また、プロセス条件としては、処理容器内の圧力を100 (mTorr)、マイクロ波パワーを1000 (W)、供給するガスをアルゴン (Ar) ガスおよび酸素 (O₂) ガスとし、Ar/O₂の流量を、300/500 (sccm) としている。

[0064] 図9を参照して、第一のプラズマ処理装置では、径方向外側領域においては、周方向に略等間隔で形成されたプラズマの強発光を確認することができる。しかし、径方向内側領域において、プラズマの強発光を全く確認できない。これに対し、図10を参照して、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置では、径方向外側領域において、周方向に略等間隔で形成されたプラズマの強発光を確認することができ、さらに、径方向内側領域において、第二の誘電体窓凹部に該当する領域における7つのプラズマの強発光を確認することができる。

[0065] 次に、プラズマ処理装置におけるプラズマの電子密度の状態について説明する。図11は、生成されたプラズマの電子密度と被処理基板Wの中心からの距離との関係を示すグラフである。図11において、縦軸は、プラズマの電子密度 (cm⁻³) を示し、横軸は、被処理基板Wの中心Oからの距離 (mm) を示す。なお、電子密度の計測においては、PAP (Plasma Absorption Probe: プラズマ振動プローブ) を用いた。PAPを用いて計測した処理容器内の高さ方向の位置については、図1において

上記した平面 52 である支持面を基準として下方向に 100 mm の位置としている。測定は、-240 mm 付近から +100 mm の範囲で行なった。また、ガスの供給については、センターガス供給部からのガス供給は行なわず、アウターガス供給部のみからのガス供給としている。

[0066] なお、図 11 において、白抜き菱形は、図 1 に示すプラズマ処理装置で、処理容器内圧力 50 (mTorr)、マイクロ波パワー 1500 (W)、Ar/O₂ の流量を 500/300 (sccm) とした場合を示し、白抜き四角は、図 1 に示すプラズマ処理装置で、処理容器内圧力 50 (mTorr)、マイクロ波パワー 2000 (W)、Ar/O₂ の流量を 200/600 (sccm) とした場合を示し、黒三角は、図 9 に示されるプラズマ発光である第一のプラズマ処理装置で、処理容器内圧力 50 (mTorr)、マイクロ波パワー 1500 (W)、Ar/O₂ の流量を 500/300 (sccm) とした場合を示し、黒丸は、図 9 に示されるプラズマ発光である第一のプラズマ処理装置で、処理容器内圧力 50 (mTorr)、マイクロ波パワー 2000 (W)、Ar/O₂ の流量を 200/600 (sccm) とした場合を示す。

[0067] 図 11 を参照して、第一のプラズマ処理装置の場合、-150~-130 mm 辺りを電子密度のピークとし、被処理基板の中央付近、すなわち、距離 0 mm 付近に向かって、グラフの形状が凹んでおり、被処理基板の中央領域付近において電子密度の低下が見られる。これに対し、図 1 に示すプラズマ処理装置の場合、第一のプラズマ処理装置のような中央付近における電子密度の低下は見られず、-100 mm から中央領域においては、電子密度がほぼ等しいことが把握できる。

[0068] 次に、上記した構成のプラズマ処理装置 11 と、他のプラズマ処理装置との処理の程度の差について説明する。図 12 および図 13 は、他のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。図 12 は、上記した第一のプラズマ処理装置、具体的には、スロットアンテナ板として図 2 に示すものを用い、誘電体窓として第一の誘電体窓凹部

のみが設けられたものを用いたプラズマ処理装置の場合である。図 1 3 は、第二のプラズマ処理装置、具体的には、スロットアンテナ板として、図 8 に示すものを用い、誘電体窓として、第一の誘電体窓凹部のみが設けられたものを用いたプラズマ処理装置の場合である。図 1 4 は、図 1 に示すプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際の被処理基板の処理状態を示す図である。図 1 2 ~ 図 1 4 において、画像の濃度の濃淡度合いが、処理の度合いを示している。すなわち、画像の濃度の同じ領域が、エッチング深さの同じ領域であることを示す。

[0069] 図 1 5 は、第一のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。図 1 6 は、第二のプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。図 1 7 は、図 1 に示すプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。図 1 5 ~ 図 1 7 において、縦軸は、エッチング深さ (Å) を示し、横軸は、被処理基板の中心からの距離 (mm) を示す。また、図 1 5 ~ 図 1 7 において、黒丸は、被処理基板の中心を通り、図 1 2 ~ 図 1 4 に示す被処理基板の左右方向に延びる X 軸の位置で測定した場合であり、黒三角は、被処理基板の中心を通り、X 軸に直交する Y 軸の位置で測定した場合である。すなわち、Y 軸は、図 1 2 ~ 図 1 4 に示す被処理基板の上下方向に延びる軸であり、Y 軸においては、マイナスの距離は、図 1 2 ~ 図 1 4 に示す被処理基板の中心から下側の領域となる。なお、X 軸においては、マイナスの距離は、図 1 2 ~ 図 1 4 に示す被処理基板の中心から左側の領域となる。また、プロセス条件としては、処理容器内圧力 20 (mTorr)、マイクロ波パワー 2000 (W)、RF バイアス 80 (W)、Ar/CHF₃/O₂ の流量を 450/50/2 (sccm) としている。

[0070] 図 1 2、図 1 3、図 1 5、図 1 6 を参照して、他のプラズマ処理装置の場合、エッチング深さのムラ、すなわち、面内における処理の程度の差が大き

い。特に周方向においては、そのエッチング深さの分布のばらつきが大きい。これに対し、図14および図17を参照して、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の場合、エッチング深さのムラは小さく、周方向のエッチング深さの分布のばらつきは小さいものとなっている。

[0071] また、プロセス条件を変更したものについても検討を行なった。具体的には、処理容器内圧力20 (mTorr)、マイクロ波パワー3000 (W)、RFバイアス200 (W)、Ar/CF₄の流量を500/100 (sccm)とした場合について、図18～図21に示す。図18は、図13に示す場合と同様の装置構成の場合であり、図19は、図14に示す場合と同様の装置構成の場合であり、図20は、図16に示す場合と同様の装置構成の場合であり、図21は、図17に示す場合と同様の装置構成の場合である。図18～図21を参照しても、図12～図17に示す場合と同様の傾向となっていることが把握できる。

[0072] 図22は、偏りファクターとプロセス条件との関係を示すグラフである。縦軸は、偏りファクター(%)の値を示し、横軸は、プロセス条件を示す。図22に示す棒グラフにおいて、最も左側が、図8に示すスロットアンテナ、および第一の誘電体窓凹部のみを設けた誘電体窓を備える第二のプラズマ処理装置の場合であり、真中が、図2に示すスロットアンテナ、および第一の誘電体窓凹部のみを設けた誘電体窓を備える第一のプラズマ処理装置の場合であり、最も右側が、図1に示すこの発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の場合である。

[0073] ここで、偏りファクターとは、被処理基板の中心から被処理基板の端部方向に150mmの点まで、径を25mmずつ大きくした位置毎、そして最外周部分である約152mmの位置において、それぞれ算出した周方向の均一性(%)を積算した値である。具体的な算出方法の一例を挙げると、第二のプロセス条件における真中のグラフ、すなわち、図2に示すスロットアンテナ、および第一の誘電体窓凹部のみを設けた誘電体窓を備える第一のプラズマ処理装置の場合について、25mmの位置における周方向の均一性が約2

%、50 mmの位置における周方向の均一性が約6%、75 mmの位置における周方向の均一性が約8%、100 mmの位置における周方向の均一性が約11%、125 mmの位置における周方向の均一性が約11.5%、150 mmの位置における周方向の均一性が約13%、152 mmの位置における周方向の均一性が約13%であり、偏りファクターは、それぞれを足し合わせた値である約64.5%となる。

[0074] 偏りファクターについては、その値自体が小さいほど、周方向の位置における処理の程度の差が小さいことを示すので、その値が小さいことが好ましい。また、プロセスマージンを広く確保するため、各プロセス条件間においても、その値の差が小さいことが好ましい。すなわち、ある一つのプロセス条件で偏りファクターの値が小さくても、他のプロセス条件で偏りファクターの値が大きいことは好ましくない。つまり、周方向における処理の均一性を考慮しながら、プラズマ処理装置のロバスト性向上、すなわち、プロセス条件を変更しても、処理の均一性に対する影響を小さくすることができるという観点からみれば、偏りファクターの値自体が小さく、かつ、各プロセス条件における偏りファクターの値の差が小さければよい。ここで、図22中の横軸で示すプロセス条件については、第1のプロセス条件～第6のプロセス条件まで、6つのパターンで行なった。各プロセス条件の内容を、表1に示す。なお、第1および第2のプロセス条件は、有機膜のエッチング処理の一例を示すものであり、第3～第6のプロセス条件は、酸化膜のエッチング処理の一例を示すものである。

[0075]

[表1]

	処理容器内 圧力 (mTorr)	マイクロ波 パワー (W)	RF バイアス (W)	ガスの 種類	ガスの 流量 (sccm)
第1のプロセス条件	150	1500	200	Ar/HBr/O ₂	300/25/5
第2のプロセス条件	20	3000	300	Ar/Cl ₂	400/50
第3のプロセス条件	20	2000	80	Ar/CHF ₃ /O ₂	450/50/2
第4のプロセス条件	40	3000	200	Ar/CF ₄	500/100
第5のプロセス条件	20	3000	200	Ar/CF ₄	500/100
第6のプロセス条件	20	1500	200	Ar/CF ₄	500/100

[0076] 図22および表1を参照して、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置においては、いずれのプロセス条件においても、偏りファクターの値が小さく、最大でも第6のプロセス条件における17程度の値である。一方、第二のプラズマ処理装置においては、偏りファクターの値が小さいプロセス条件があるものの、第3のプロセス条件および第6のプロセス条件については、その値が大きく、それぞれ60程度となっている。第一のプラズマ処理装置においても、偏りファクターの値が小さいプロセス条件があるものの、第2のプロセス条件および第3のプロセス条件については、その値が大きく、それぞれ55程度となっている。つまり、プラズマ処理装置のロバスト性向上の観点からも、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置は優れている。

[0077] これについては、以下のことが考えられる。第一のプロセス条件については、圧力が150mTorrと比較的高圧であり、それぞれの場合については、偏りファクターの差はほとんど見られない。しかし、第二～第六のプロセス条件については、圧力が20～40mTorrと比較的低圧である。このような低圧の条件下においては、ややプラズマが偏りやすい傾向にあるが、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置においては、上記した誘電体

窓の構造に加え、比較的幅の広いスロットを有するスロットアンテナ板を備える構成であるため、マイクロ波の放射の周方向の均一性をより高くして、ロバスト性の向上に寄与していると考えられる。すなわち、スロットの長手方向の長さに対する短手方向の長さの比を、 $1/4$ 以上とすることにより、低圧条件下においても周方向のずれに対応して、処理の均一性を確保することができ、さらにプラズマ処理装置のロバスト性を向上することができる。

[0078] なお、誘電体窓の形状としては、図3に示す形状に限られず、例えば、図23および図24に示す形状であってもよい。図23は、この発明の他の実施形態に係る誘電体窓を示す断面図である。図24は、この発明のさらに他の実施形態に係る誘電体窓を示す断面図である。図23および図24に示す断面は、図3に示す断面に相当する。

[0079] 図23を参照して、この発明の他の実施形態に係る誘電体窓71は、図3に示す誘電体窓41と同様に、環状に連なるテーパ状の第一の誘電体窓凹部72および板厚方向に真直ぐに凹んだ形状の第二の誘電体窓凹部73が設けられている。ここで、図3に示す誘電体窓41との構造の対比において、第二の誘電体窓凹部73については、上記したPCDは同じであるが、図3に示す誘電体窓41の第二の誘電体窓凹部53a~53gよりも、それらの大きさが小さく設けられている。この実施形態においては、図4における長さ L_2 に相当し、図23中の長さ L_4 で示す第二の誘電体窓凹部73の径は、 $\phi 20\text{ mm}$ としている。また、図24を参照して、この発明のさらに他の実施形態に係る誘電体窓76は、図3に示す誘電体窓41と同様に、環状に連なるテーパ状の第一の誘電体窓凹部77および板厚方向に真直ぐに凹んだ形状の第二の誘電体窓凹部78が設けられている。ここで、第二の誘電体窓凹部78については、図3に示す誘電体窓41との構造の対比において、それらの大きさは同じであるが、図3に示す誘電体窓41の第二の誘電体窓凹部53a~53gよりも、内径側に設けられている。この実施形態においては、図4における長さ L_1 に相当し、図24中の長さ L_5 で示すPCDについては、 140 mm としている。

[0080] 次に、他のプラズマ処理装置およびこの発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置において、プラズマの安定性について評価を行った。表2は、図3に示す誘電体窓、図23に示す誘電体窓、図24に示す誘電体窓、および第一の誘電体窓凹部のみが設けられた誘電体窓において、ガスの流量を変更した場合のプラズマの安定性を示す表である。なお、スロットアンテナ板31については、いずれも図2に示したものを採用している。表2中、丸印は、プラズマが安定している状態を示し、三角印は、ハンチング状態、すなわち、マイクロ波のマッチングユニットにおいて整合がとれない状態で、安定しない状態を示し、×印は、マイクロ波の反射値がプラズマ処理装置に設けられたインターロック値を上回り、プロセス停止した状態を示す。また、「MW」はマイクロ波を示し、それぞれ2000W、2500W、3000Wで評価している。また、表2中の最上段は、Ar/HBrのそれぞれのガスの流量（sccm）を示している。表2における評価は、上段から図3に示す誘電体窓を備えるプラズマ処理装置、図24に示す誘電体窓を備えるプラズマ処理装置、図23に示す誘電体窓を備えるプラズマ処理装置、第一の誘電体窓凹部のみが設けられた誘電体窓を備えるプラズマ処理装置の順に表記している。表2において、評価中、各プロセス条件における左側は、マイクロ波が発生する側、いわゆる誘電体窓が設けられた位置に近い領域におけるプラズマの安定性であり、右側は、RFバイアス側、いわゆる保持台が設けられた位置に近い領域におけるプラズマの安定性である。

[0081]

[表2]

	MW	1400/200	1200/400	1000/600	800/800	600/1000
誘電体窓: ϕ 30 PCD 154	2000	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	△ ○
	2500	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
	3000	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
誘電体窓: ϕ 30 PCD 140	2000	○ ○	○ ○	○ ○	△ ○	△ ○
	2500	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	△ ○
	3000	○ ○	○ ○	○ ○	× ○	○ ○
誘電体窓: ϕ 20 PCD 154	2000		× ○	○ ○	× ○	× ×
	2500		○ ○	○ ○	× ×	○ ○
	3000		○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
第一の誘電体窓 のみが設けられた 誘電体窓	2000	○ ○	○ ○	× —	× —	× —
	2500	△ ○	○ ○	○ ○	× —	× —
	3000	△ ○	○ ○	○ ○	× —	× —

[0082] 表2を参照して、Ar/HBrにおいて、HBrの流量比が相対的に高くなった場合、プラズマが不安定となる傾向となるが、表2の最下段で示す従来の誘電体窓においては、HBrガスの流量が800（sccm）以上の場合、安定するプラズマのプロセス条件は、全くない。これに対し、図24に示す誘電体窓の場合、HBrガスの流量が800（sccm）以上の場合マイクロ波のパワーを高くすれば、安定したプラズマを多くのプロセス条件で生成することができる。さらに、図23に示す誘電体窓の場合、HBrの流量比が相対的に高くなった場合、さらに、プラズマの安定するプロセス条件が多くなる。さらに、図3に示す誘電体窓の場合、一部のプロセス条件を除き、ほとんどのプロセス条件において安定したプラズマを生成することができる。すなわち、上記した条件によると、表2によると、図23に示す誘電体窓、図24に示す誘電体窓、図3に示す誘電体窓の順に、より広いプロセスマージンを確保することができる。

[0083] ここで、図3および図23に示す各誘電体窓において、エッチング深さの評価を行なった。図25および図26は、図3および図23に示す誘電体窓を備えるプラズマ処理装置でエッチング処理を行った際のエッチング深さと

被処理基板の中心からの距離との関係を示すグラフである。図 2 5 に示す場合において、プロセス条件としては、上記した表 1 に示す第 5 のプロセス条件とし、図 2 6 に示す場合において、プロセス条件としては、上記した表 1 に示す第 6 のプロセス条件としている。図 2 5 および図 2 6 中、白抜き菱形は、図 2 3 に示す誘電体窓を用いた場合の Y 軸方向の値、白抜き四角は、図 2 3 に示す誘電体窓を用いた場合の X 軸方向の値、黒三角は、図 3 に示す誘電体窓を用いた場合の Y 軸方向の値、黒丸は、図 3 に示す誘電体窓を用いた場合の X 軸方向の値を示す。

[0084] 図 2 5 および図 2 6 を参照して、図 2 3 に示す誘電体窓を用いた場合のグラフの形状は、図 3 に示す誘電体窓を用いた場合のグラフの形状よりも、横方向にフラットな形状となっている。すなわち、センターファーストの傾向を抑制するためには、図 2 3 に示す誘電体窓を用いるのがよい。すなわち、上記した径方向の処理の均一性向上の観点から、図 2 3 に示す誘電体窓を用いれば、少なくとも上記した第 5 および第 6 のプロセス条件において、処理におけるセンターファーストの傾向を改善して、センターファーストとなる影響を低減することができる。なお、上記したように、ガス供給部が、センターガス供給部およびアウターガス供給部を備える構成とすれば、ガスの流量比を調整して、径方向における処理の均一性の微調整、すなわち、ここでは、センターファーストの傾向のさらなる改善を図ることができる。

[0085] なお、上記の実施の形態においては、第二の誘電体窓凹部を合計 7 個設けることとしたが、これに限らず、6 個や 8 個等、要求されるプロセスマージンの幅や用いるスロットアンテナ板の構成に応じて、その数や大きさ、径方向の位置が任意に定められる。さらには、径方向に複数設けることとしてもよい。すなわち、径方向の中心が一致する 2 つの同心円上に、第二の誘電体窓凹部の中心が配置されるような構成であってもよい。

[0086] また、上記の実施の形態においては、第二の誘電体窓凹部の形状を、丸穴状としたが、これに限らず、例えば、周方向や径方向に長い長孔や楕円形状としてもよい。さらには、四角形状や三角形状等、多角形状であっても構わ

ない。さらには、第二の誘電体窓凹部は、真直ぐに凹むようにして設けることとしたが、これに限らず、例えば、テーパ面を構成するように傾斜するように延びる面を含むよう構成してもよいし、曲面を含むようにしてもよい。

[0087] なお、上記の実施の形態においては、エッチング処理について述べたが、CVD処理、プラズマ酸化、プラズマ窒化、プラズマドーピングを行う場合においても、適用されるものである。

[0088] また、上記の実施の形態においては、RLSAを採用することとしたが、これに限らず、マイクロ波をプラズマ源とする種々のマイクロ波プラズマ処理装置に適用することもできる。

[0089] 以上、図面を参照してこの発明の実施形態を説明したが、この発明は、図示した実施形態のものに限定されない。図示した実施形態に対して、この発明と同一の範囲内において、あるいは均等の範囲内において、種々の修正や変形を加えることが可能である。

産業上の利用可能性

[0090] この発明に係るプラズマ処理装置用誘電体窓およびプラズマ処理装置は、広いプロセスマージンを有すると共に、低圧時における処理の均一性が要求される場合に、有効に利用される。

[0091] また、この発明に係るプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法は、上記したような誘電体窓の容易かつ確実な取り付けが要求される場合に、有効に利用される。

符号の説明

[0092] 11 プラズマ処理装置、12 処理容器、13 ガス供給部、14 保持台、15 マイクロ波発生器、16 導波管、17 同軸導波管、18 誘電体板、19a 底部、19b 側壁、19c 環状部材、19d 端面、19e オリング受け入れ凹部、20 排気孔、21 オリング、22a 中心導体、22b 外周導体、23, 25 ガス供給口、24 センターガス供給部、26 アウターガス供給部、27 中空状部材、28 支持部材、29 チューナー、30 モード変換器、30a, 30b, 68a, 6

8 b 壁部、30 c, 30 d, 68 c, 68 d 端部、31, 66 スロットアンテナ板、32, 33, 34, 67 スロット、35 内周側スロット対群、36 外周側スロット対群、37, 42 貫通孔、38, 44, 56, 57 a, 57 b, 57 c, 57 d, 57 e, 57 f, 57 g, 61 中心、39 基準孔、40 スロット対、41, 71, 76 誘電体窓、43 受け入れ凹部、45 インジェクター部、46 下面、47, 72, 77 第一の誘電体窓凹部、48 内側テーパ面、49, 52, 55 平面、50 外側テーパ面、53 a, 53 b, 53 c, 53 d, 53 e, 53 f, 53 g, 73, 78 第二の誘電体窓凹部、54 円筒面、58 円、59 上面、60 誘電体窓目盛り、62, 63 仮想線、64 周方向端部、65 a, 65 b, 65 c 領域。

請求の範囲

- [請求項1] マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置であって、
略円板状であり、前記マイクロ波を伝播するプラズマ処理装置用誘電体窓を備え、
前記プラズマ処理装置用誘電体窓のうち、前記プラズマ処理装置に備えられた際にプラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部が設けられており、
前記第一の誘電体窓凹部の径方向内側領域には、前記プラズマを生成する側の面から前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部が設けられており、
複数の前記第二の誘電体窓凹部は、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている、プラズマ処理装置。
- [請求項2] 略円板状であって、板厚方向に貫通する複数のスロットが設けられており、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の上方側に配置され、前記マイクロ波を前記プラズマ処理装置用誘電体窓に向かって放射するスロットアンテナ板を備える、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記スロットアンテナ板は、前記スロットアンテナ板の中心部側に位置し、一方方向に延びる第一のスロットおよび前記一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロットから構成されるスロット対を複数有し、
前記第一のスロット孔は、少なくとも一部が前記第二の誘電体窓凹部と重なるように設けられる、請求項2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記スロットアンテナ板は、一方方向に延びる第一のスロットおよび前記一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロットから構成されるスロット対を複数有し、
前記第二の誘電体窓凹部は、板厚方向から見た場合に、前記スロツ

トアンテナ板における前記第一のスロットの長手方向の幅の領域と前記第二のスロットの長手方向の幅の領域とが重なる領域に位置するように設けられる、請求項2に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記スロットアンテナ板は、一方方向に延びる第一のスロットおよび前記一方方向に対して垂直な方向に延びる第二のスロットから構成されるスロット対を複数有し、

複数の前記第二の誘電体窓凹部が設けられた位置に対応する位置に、複数の前記スロット対がそれぞれ設けられる、請求項2に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記プラズマ処理装置用誘電体窓を前記プラズマ処理装置に取り付けた際に、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の周方向の位置を調整する位置調整機構を備え、

前記位置調整機構は、前記プラズマ処理装置用誘電体窓と前記スロットアンテナ板との周方向の相対的な位置を調整する、請求項2に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記スロットの長手方向の長さに対する短手方向の長さの比は、 $1/4$ 以上1未満である、請求項2に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置に備えられ、略円板状であり、前記マイクロ波を伝播するプラズマ処理装置用誘電体窓であって、

前記プラズマ処理装置用誘電体窓のうち、前記プラズマ処理装置に備えられた際にプラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部が設けられており、

前記第一の誘電体窓凹部の径方向内側領域には、前記プラズマを生成する側の面から前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部が設けられており、

複数の前記第二の誘電体窓凹部は、前記プラズマ処理装置用誘電体

窓の径方向の中心を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されている、プラズマ処理装置用誘電体窓。

[請求項9] 前記第二の誘電体窓凹部は、前記プラズマを生成する側の面から前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって、真直ぐに凹んだ形状である、請求項8に記載のプラズマ処理装置用誘電体窓。

[請求項10] 前記第二の誘電体窓凹部は、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向から見た場合に、丸穴状である、請求項8に記載のプラズマ処理装置用誘電体窓。

[請求項11] 丸穴状の複数の前記第二の誘電体窓凹部の中心はそれぞれ、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向から見た場合に、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心とした円上にある、請求項10に記載のプラズマ処理装置用誘電体窓。

[請求項12] 前記プラズマ処理装置用誘電体窓を前記プラズマ処理装置に取り付ける際に、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の周方向の位置を調整する位置調整機構を備える、請求項8に記載のプラズマ処理装置用誘電体窓。

[請求項13] 前記位置調整機構は、前記第一の誘電体窓凹部の径方向外側領域に設けられた誘電体窓目盛りを含む、請求項12に記載のプラズマ処理装置用誘電体窓。

[請求項14] マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置に備えられ、略円板状であり、前記マイクロ波を伝播するプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法であって、

前記プラズマ処理装置用誘電体窓は、前記プラズマ処理装置用誘電体窓のうち、前記プラズマ処理装置に備えられた際にプラズマを生成する側の面の径方向外側領域には、環状に連なり、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む第一の誘電体窓凹部が設けられており、前記第一の誘電体窓凹部の径方向内側

領域には、前記プラズマを生成する側の面から前記プラズマ処理装置用誘電体窓の板厚方向内方側に向かって凹む複数の第二の誘電体窓凹部が設けられており、複数の前記第二の誘電体窓凹部は、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の径方向の中心を中心として回転対称性を有するように、それぞれ周方向に間隔を空けて配置されており、

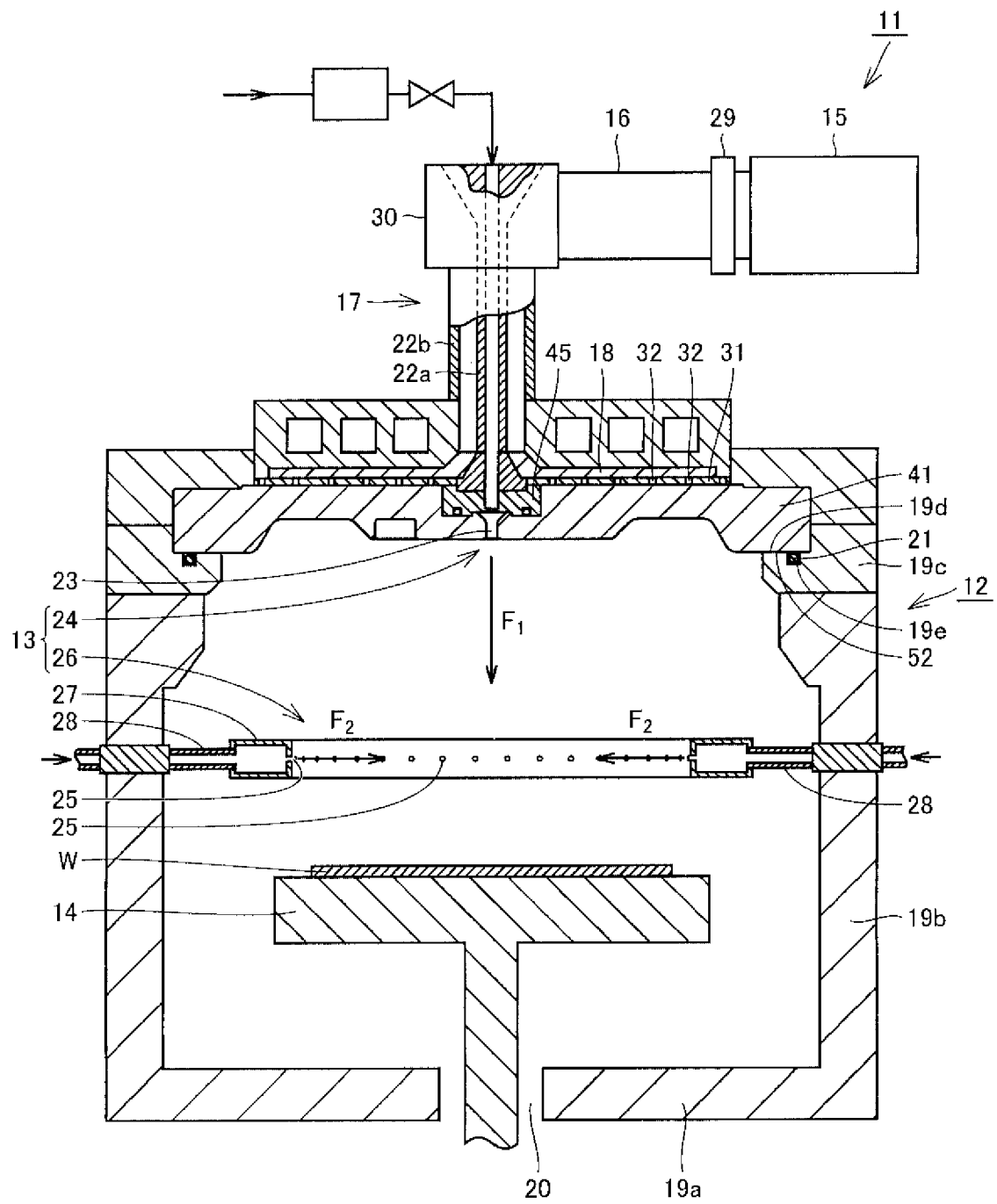
前記プラズマ処理装置は、略円板状であって、板厚方向に貫通する複数のスロットが設けられており、前記プラズマ処理装置用誘電体窓の上方側に配置され、前記マイクロ波を前記プラズマ処理装置用誘電体窓に向かって放射するスロットアンテナ板を備え、

前記プラズマ処理装置用誘電体窓を前記プラズマ処理装置に取り付けるに際し、前記プラズマ処理装置用誘電体窓に設けられた第二の誘電体窓凹部と、前記スロットアンテナ板に設けられたスロットとの周方向の位置関係を調整して、前記プラズマ処理装置用誘電体窓を前記プラズマ処理装置に取り付ける、プラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法。

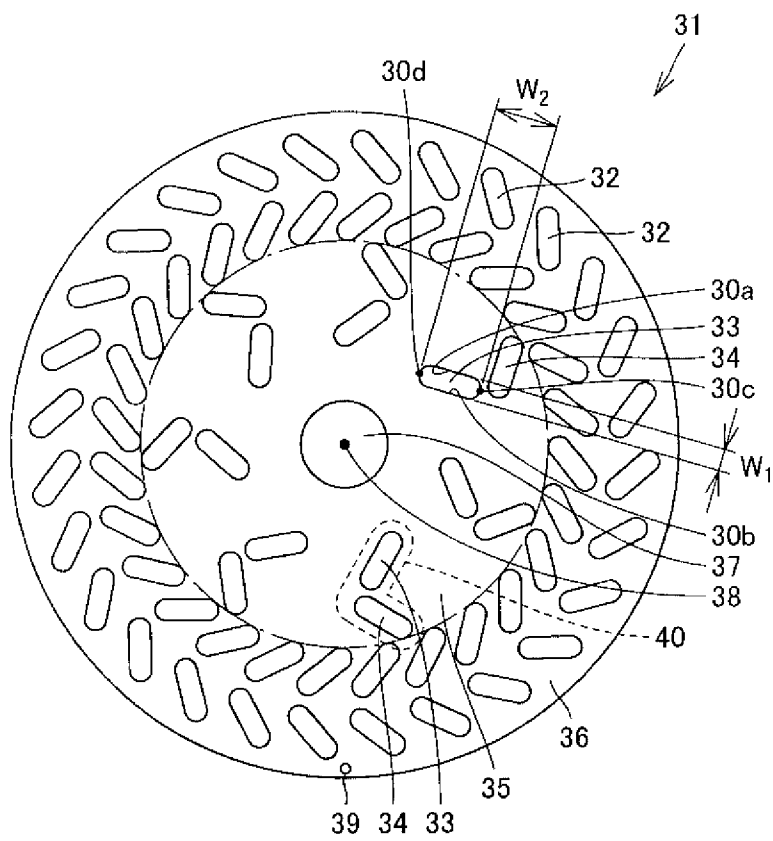
[請求項15] 前記プラズマ処理装置用誘電体窓には、周方向の位置を調整するための誘電体窓目盛りが設けられており、

前記スロットアンテナ板には、周方向の位置の基準となる目印が設けられており、前記誘電体窓目盛りおよび前記目印を用いて、前記プラズマ処理装置用誘電体窓と前記スロットアンテナ板との周方向の位置関係を調整する、請求項14に記載のプラズマ処理装置用誘電体窓の取り付け方法。

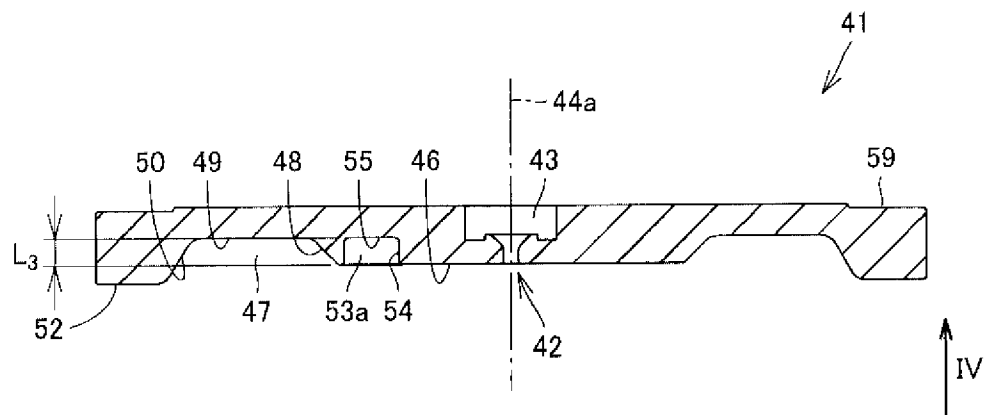
[図1]



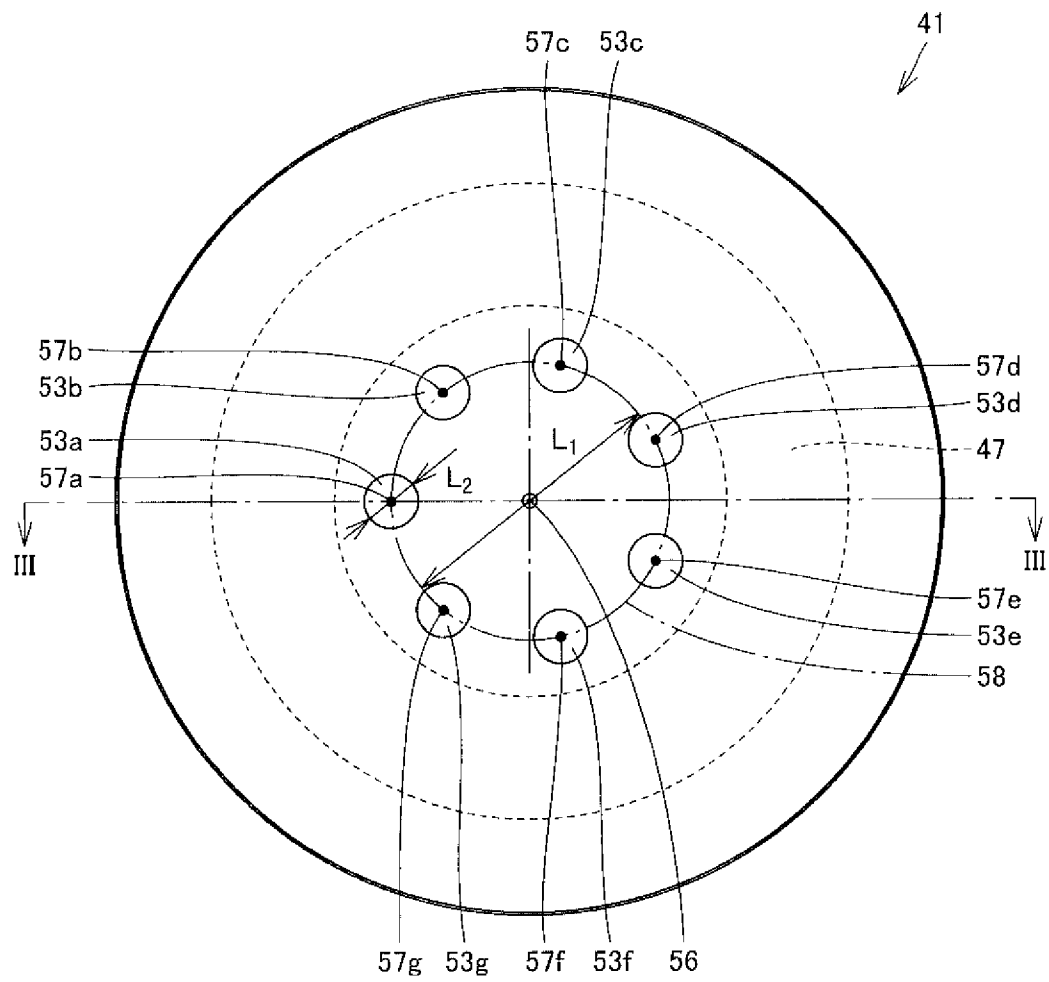
[図2]



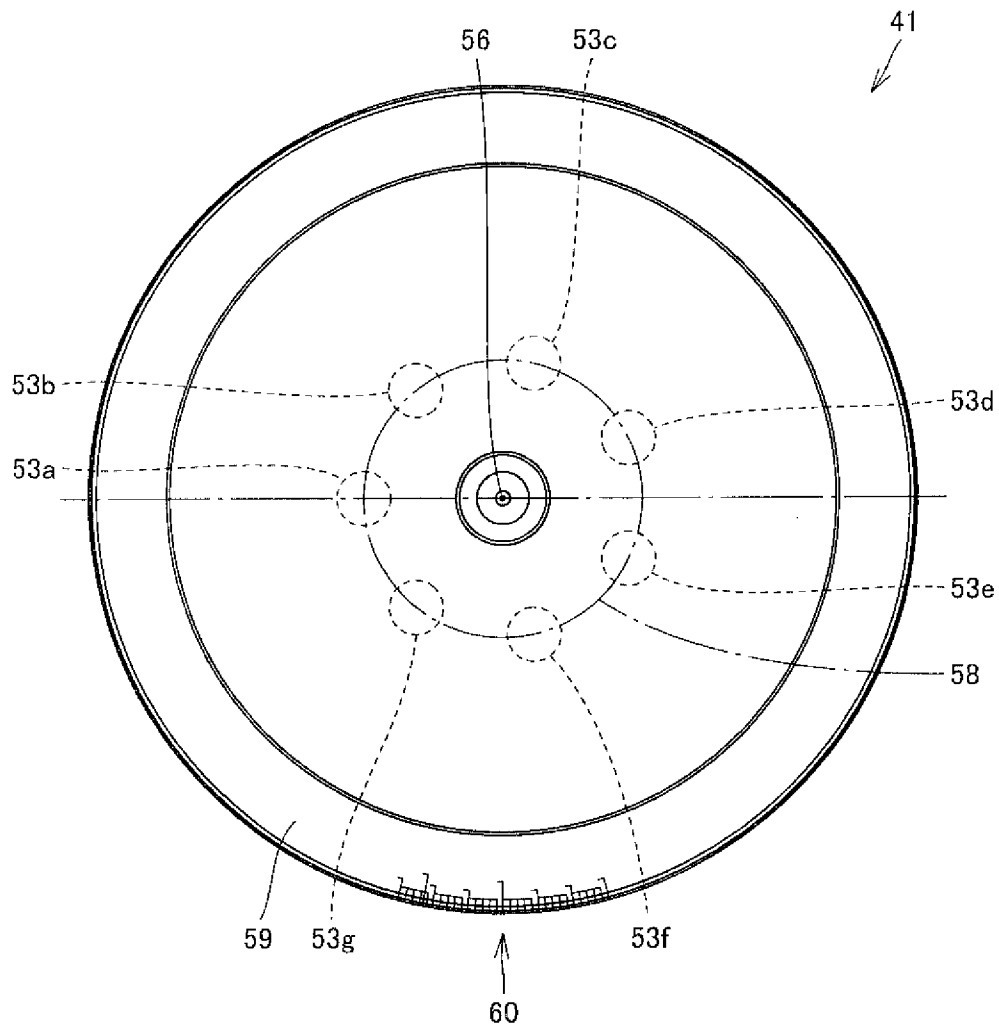
[図3]



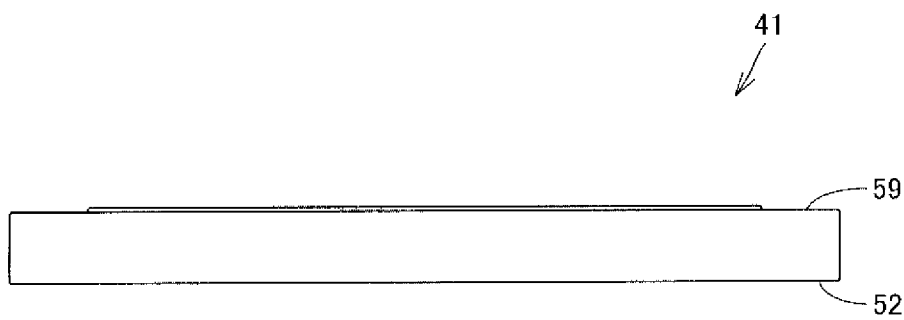
[図4]



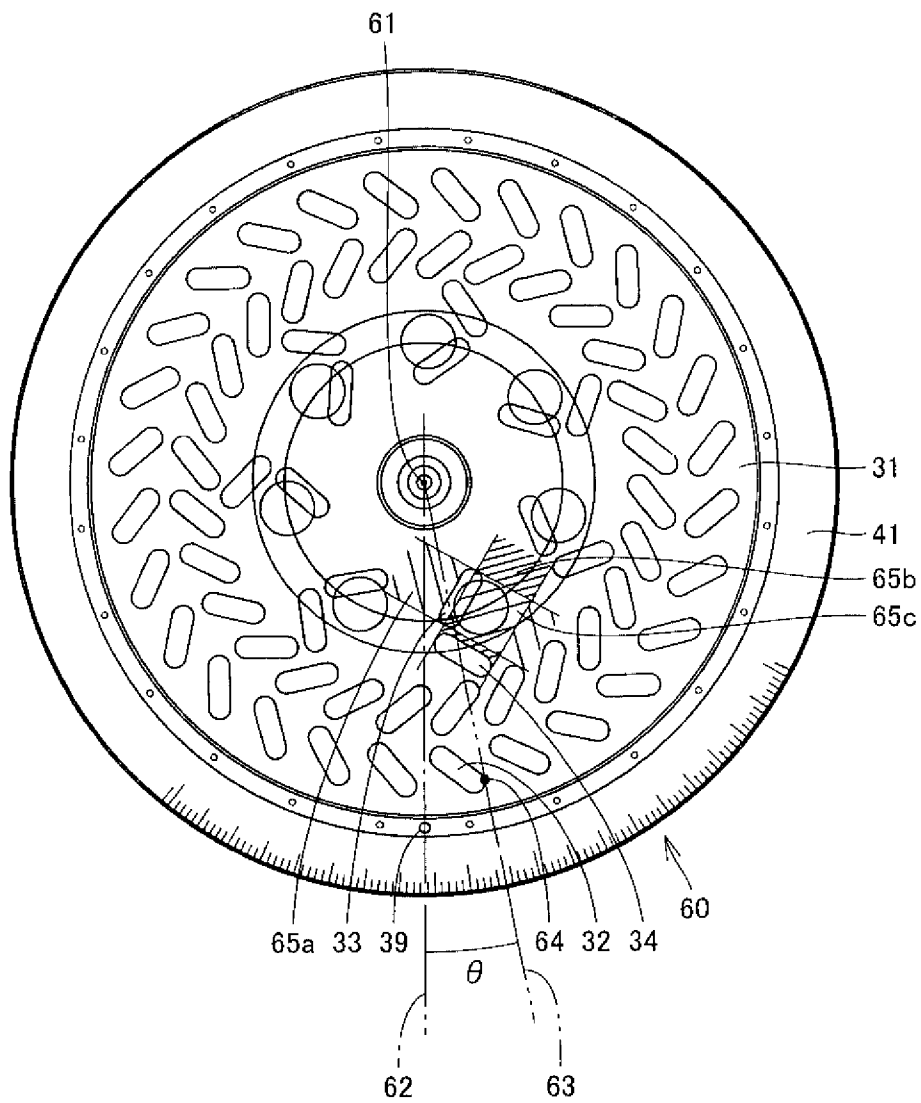
[図5]



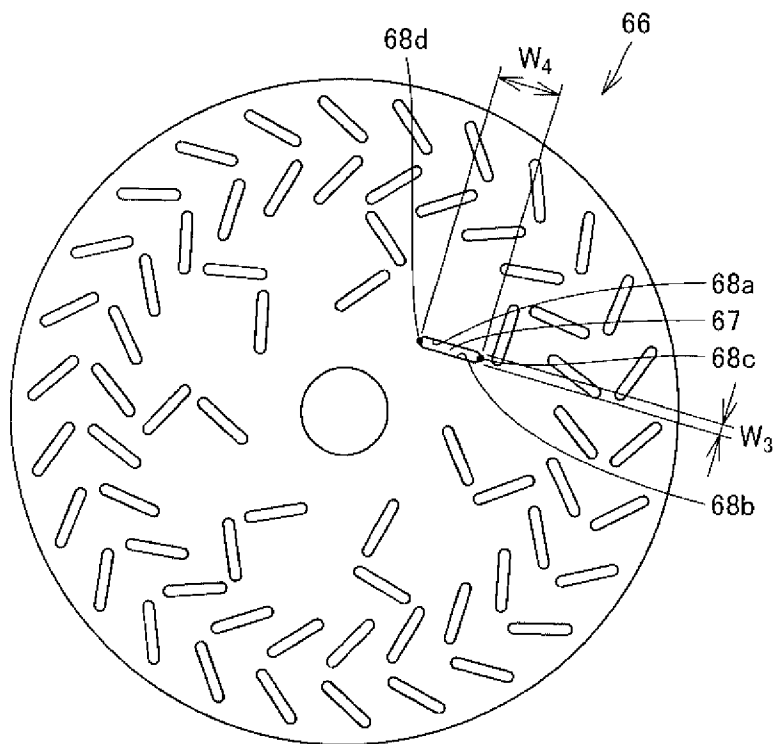
[図6]



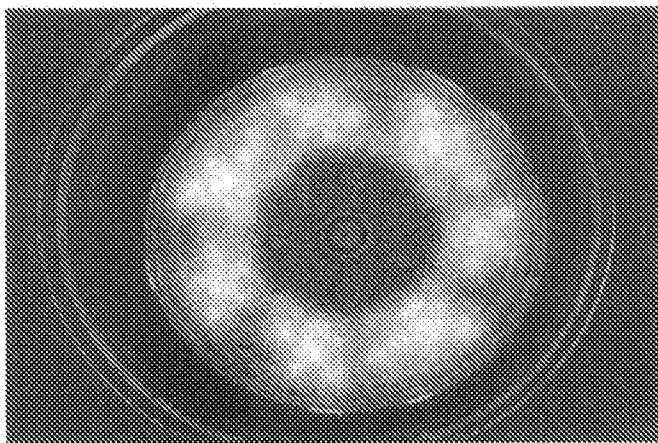
[図7]



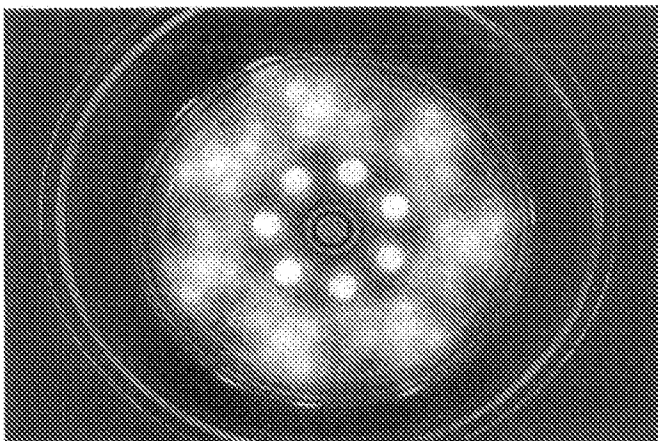
[図8]



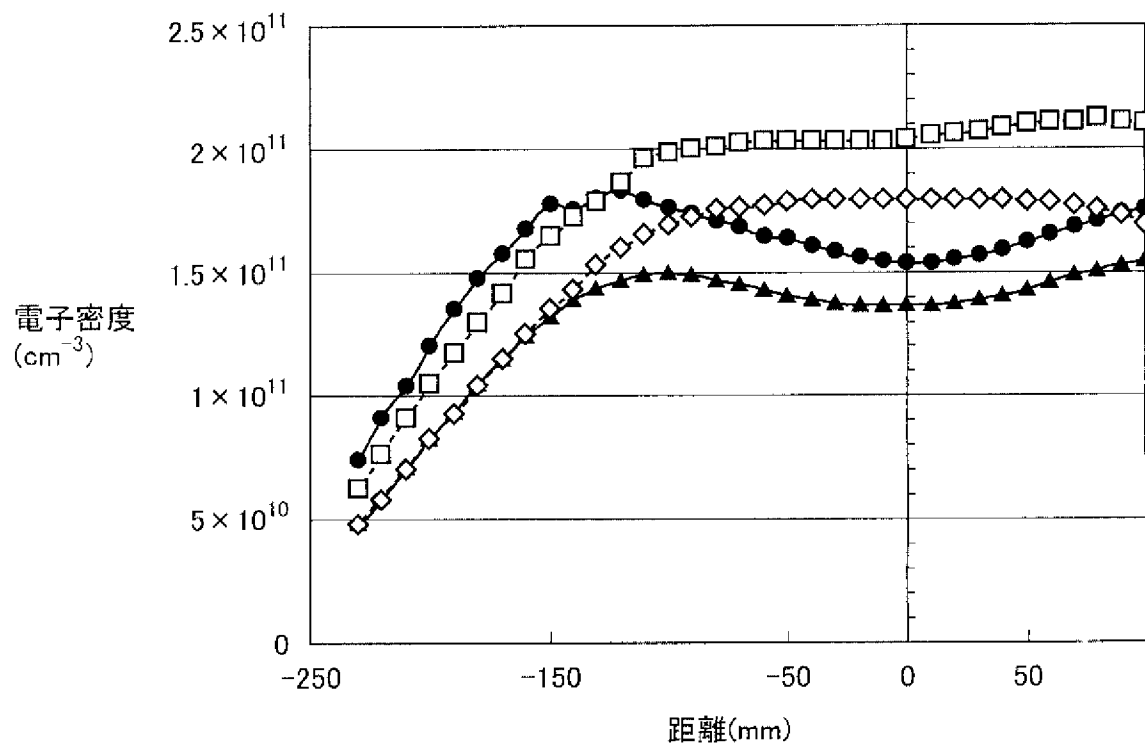
[図9]



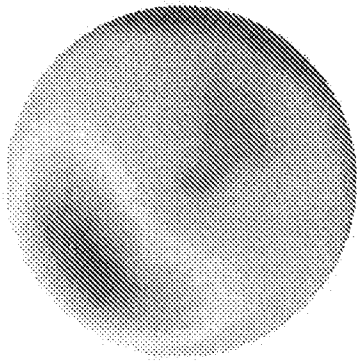
[図10]



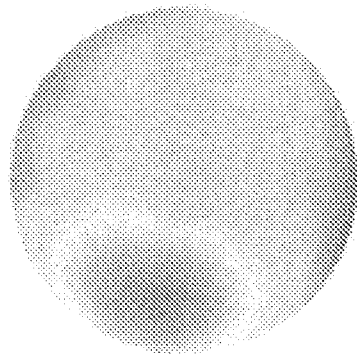
[図11]



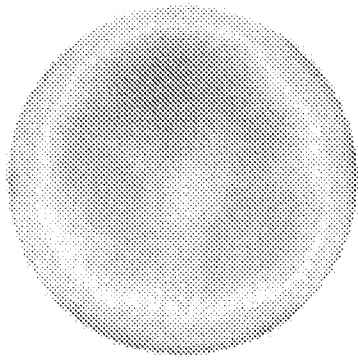
[図12]



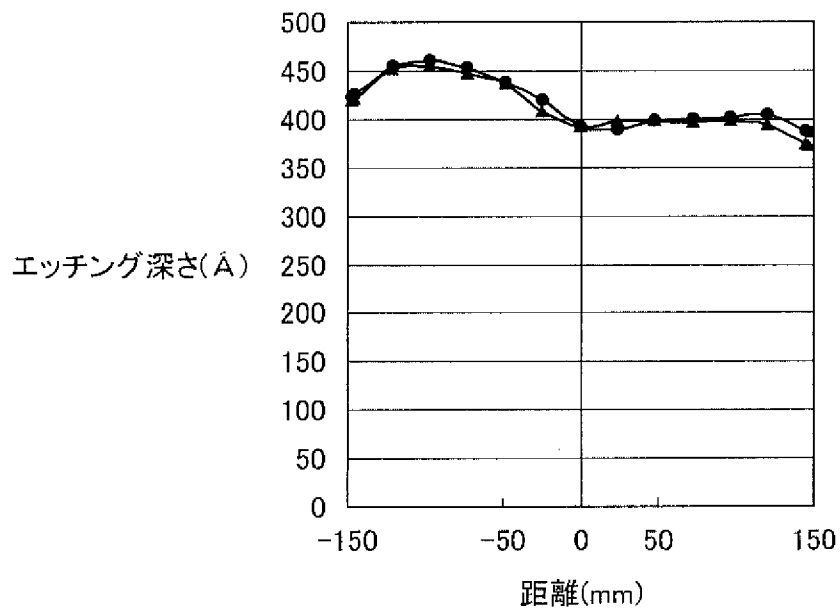
[図13]



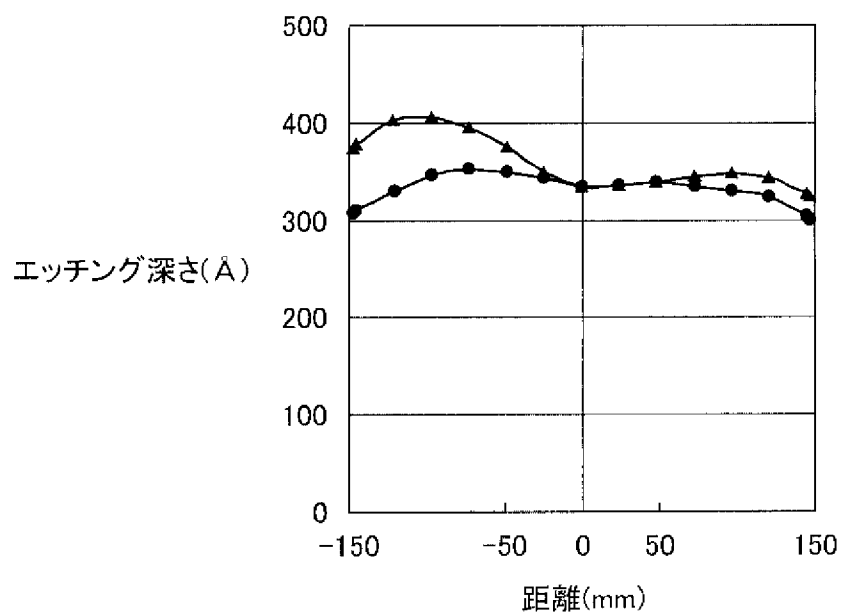
[図14]



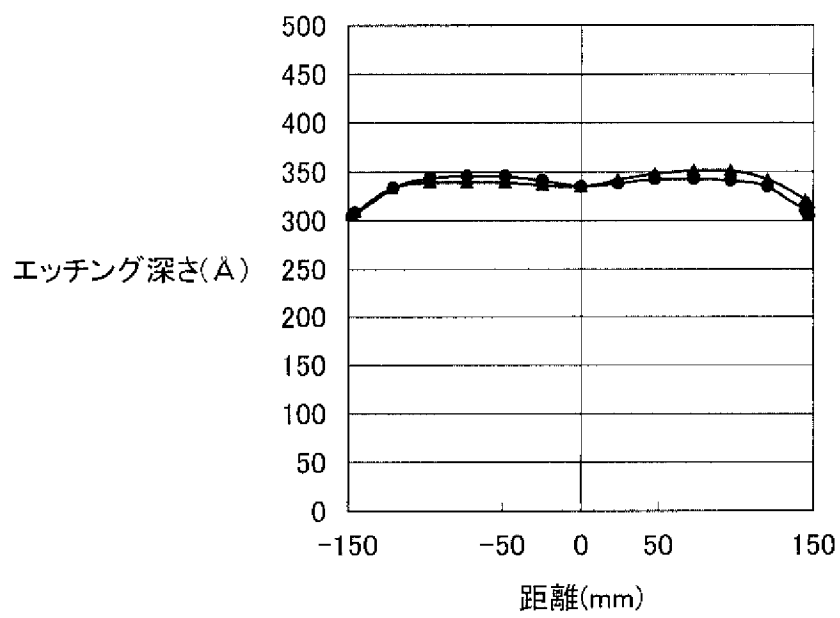
[図15]



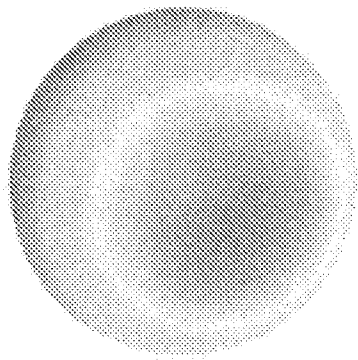
[図16]



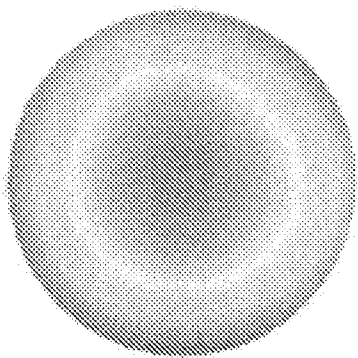
[図17]



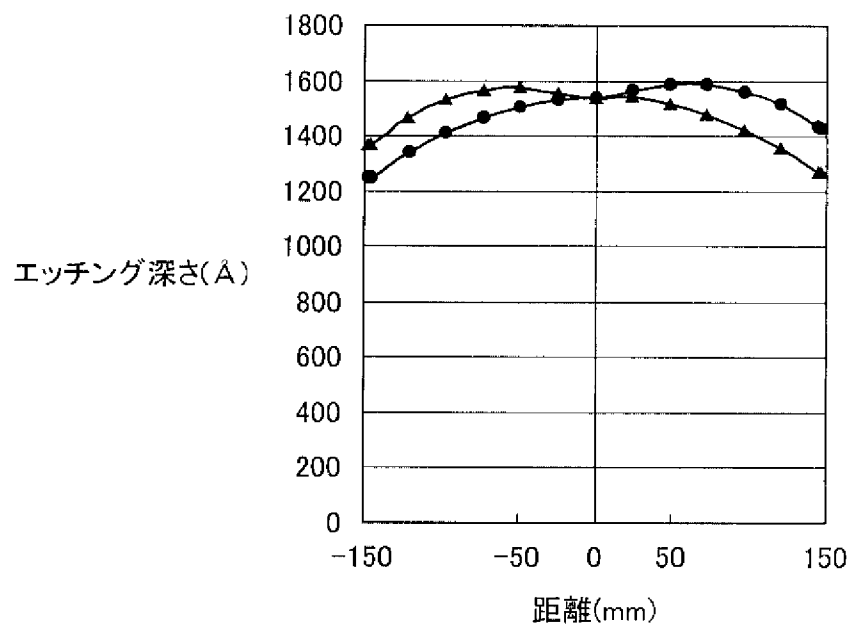
[図18]



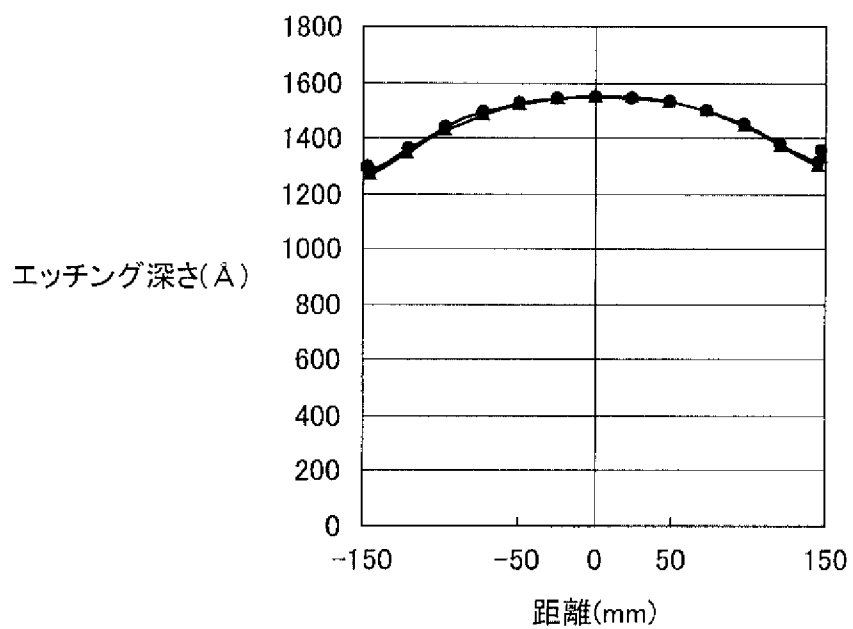
[図19]



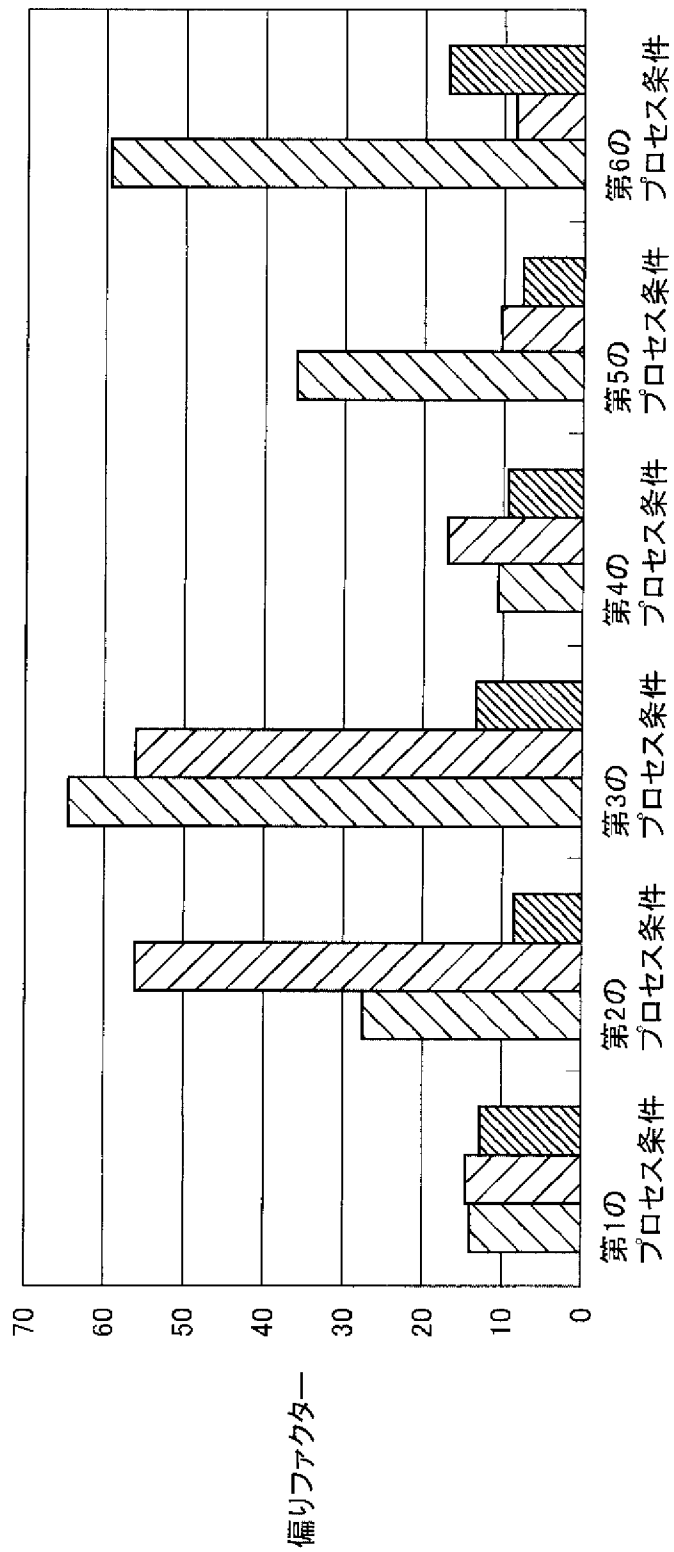
[図20]



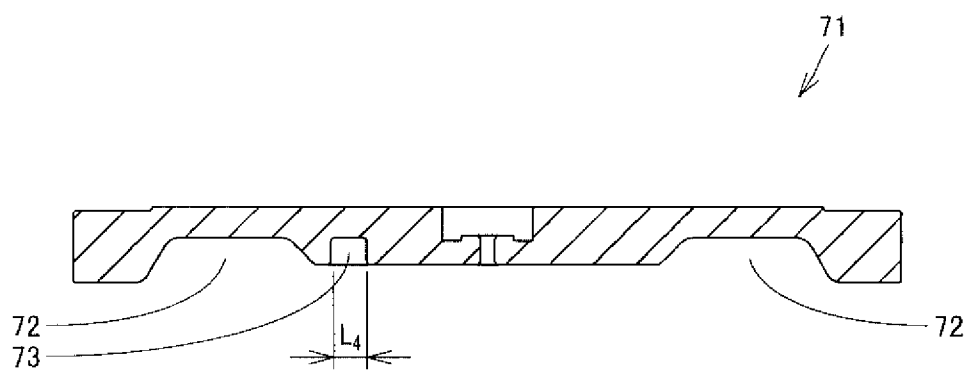
[図21]



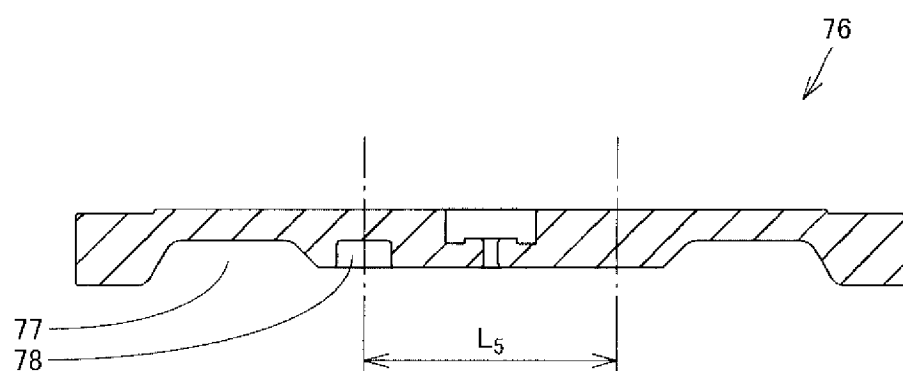
[図22]



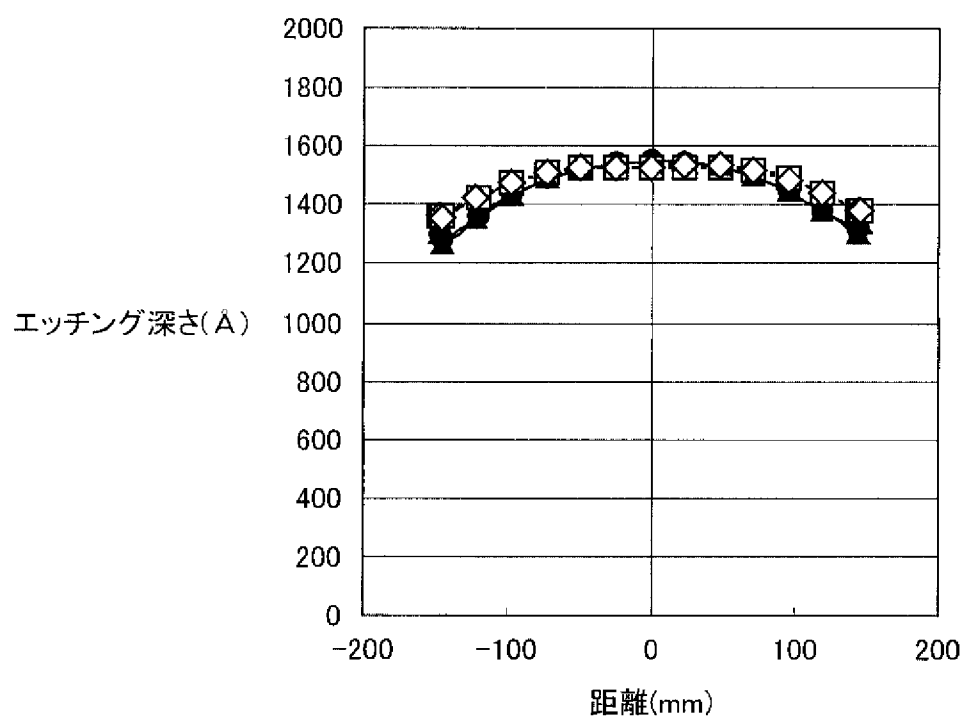
[図23]



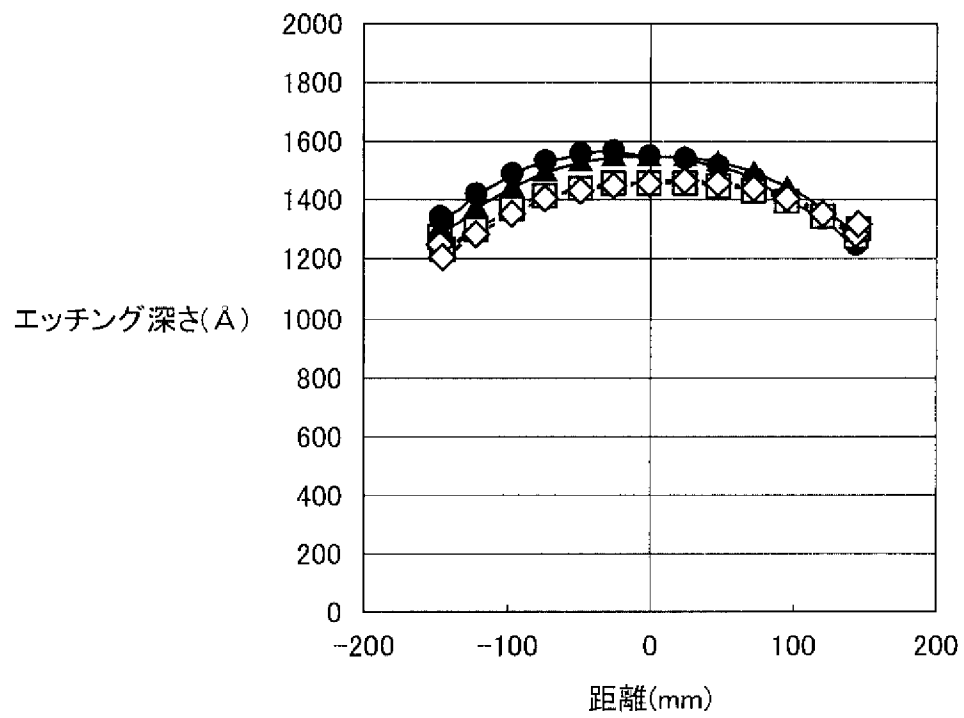
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i,
H05H1/46(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/3065, H01L21/205, H01L21/31, H05H1/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-206192 A (Tokyo Electron Ltd.), 10 September 2009 (10.09.2009), entire text; all drawings & US 2009/0215274 A1 & KR 10-2009-0092250 A & CN 101521980 A	1-15
A	JP 2009-212085 A (Tokyo Electron Ltd.), 17 September 2009 (17.09.2009), entire text; all drawings & US 2009/0211708 A1 & KR 10-2009-0086356 A & CN 101505574 A	1-15
A	JP 2009-099807 A (Tokyo Electron Ltd.), 07 May 2009 (07.05.2009), paragraphs [0008], [0009]; fig. 1 (Family: none)	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 June, 2011 (13.06.11)

Date of mailing of the international search report
21 June, 2011 (21.06.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057229

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/101927 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 20 August 2009 (20.08.2009), entire text; all drawings & US 2011/0000780 A & KR 10-2010-0101014 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3065, H01L21/205, H01L21/31, H05H1/46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-206192 A（東京エレクトロン株式会社）2009.09.10, 全文全図 & US 2009/0215274 A1 & KR 10-2009-0092250 A & CN 101521980 A	1-15
A	JP 2009-212085 A（東京エレクトロン株式会社）2009.09.17, 全文全図 & US 2009/0211708 A1 & KR 10-2009-0086356 A & CN 101505574 A	1-15
A	JP 2009-099807 A（東京エレクトロン株式会社）2009.05.07, 段落 【0008】、【0009】、第1図（ファミリーなし）	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 3 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

長谷部 智寿

電話番号 03-3581-1101 内線 3471

4 R

3 3 3 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2009/101927 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2009.08.20, 全文全図 & US 2011/0000780 A & KR 10-2010-0101014 A	1-15