

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 3 月 4 日 (04.03.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/019398 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/3065
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010583
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 21 日 (21.08.2003)
- (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2002-241124 | 2002 年 8 月 21 日 (21.08.2002) | JP |
| 特願2002-241250 | 2002 年 8 月 21 日 (21.08.2002) | JP |
| 特願2002-241802 | 2002 年 8 月 22 日 (22.08.2002) | JP |
| 特願2003-46097 | 2003 年 2 月 24 日 (24.02.2003) | JP |
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越化学工業株式会社 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.)

[JP/JP]; 〒100-0004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 Tokyo (JP). 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).

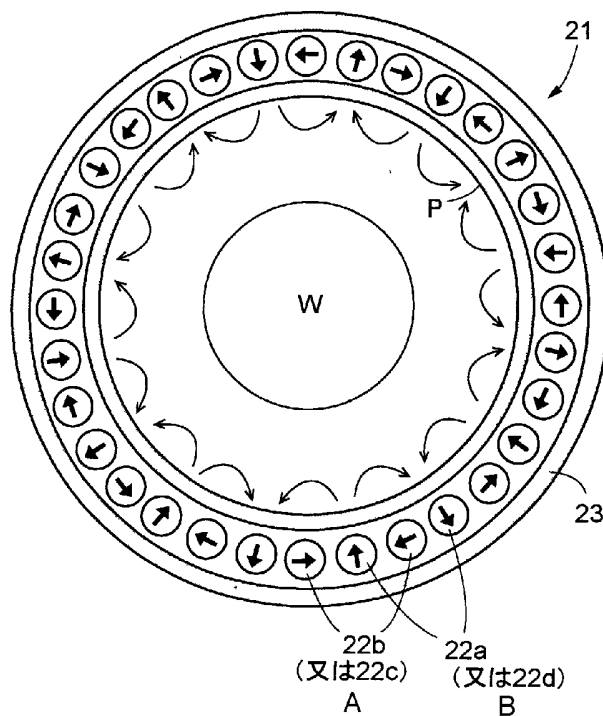
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮田 浩二 (MIYATA, Koji) [JP/JP]; 〒915-0802 福井県武生市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社 磁性材料研究所内 Fukui (JP). 手塚 一幸 (TEZUKA, Kazuyuki) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン A T 株式会社内 Yamanashi (JP). 達下 弘一 (TATESHITA, Koichi) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン A T 株式会社内 Yamanashi (JP). 小野 博夫 (ONO, Hiroo) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロ

/ 続葉有 /

(54) Title: MAGNETRON PLASMA-USE MAGNETIC FIELD GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: マグネトロンプラズマ用磁場発生装置



(57) Abstract: A magnetron plasma-use magnetic field generation device provided on the outer side of a processing chamber for housing a substrate to be processed to perform a specified processing, having a plurality of magnet segments, and forming a specified multi-pole magnetic field around the substrate to be processed in the processing chamber, wherein the ability of controlling a multi-pole magnetic field intensity in the processing chamber can set a proper multi-pole magnetic field condition according to difference in plasma processing process, and further form a multi-pole magnetic field in conformity with the size of the substrate to be processed.

(57) 要約: 被処理基板を收容して所定の処理を施すための処理室の外側に設けられ、複数の磁石セグメントを有し、処理室内の被処理基板の周囲に所定のマルチポール磁場を形成するマグネトロンプラズマ用磁場発生装置に関し、処理室内のマルチポール磁場強度を制御できるようにすることによって、プラズマ処理プロセスの違いに応じて適切なマルチポール磁場の状態を設定することができ、更に、被処理基板のサイズに合わせてマルチポール磁場を形成することができる。

A... (OR 22c)

B... (OR 22d)



ン A T 株式会社内 Yamanashi (JP). 永関 一也 (NAGASEKI, Kazuya) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市藤井町北下条 2381 番地の 1 東京エレクトロン A T 株式会社内 Yamanashi (JP). 檜森 慎司 (HIMORI, Shinji) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市藤井町北下条 2381 番地の 1 東京エレクトロン A T 株式会社内 Yamanashi (JP).

(74) 代理人: 森崎 俊明 (MORISAKI, Toshiaki); 〒104-8604 東京都 中央区明石町1番3号 ツインクロス1001 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

マグネトロンプラズマ用磁場発生装置

5 技術分野

本発明は、半導体ウエハ等の被処理基板にマグネトロンプラズマを作用させてエッチング等の処理を施すためのマグネトロンプラズマ用磁場発生装置に関する。

10 背景技術

従来から、半導体装置の製造分野においては、処理室内にマグネトロンプラズマを発生させ、このプラズマを処理室内に配置した被処理基板例えば半導体ウエハ等に作用させて、所定の処理、例えば、エッチング、成膜等を行う半導体処理装置が知られている。

- 15 このような処理装置において、良好な処理を行うためには、プラズマの状態を、プラズマ処理に適した良好な状態に維持する必要がある、このため、従来からプラズマを制御するための磁場を形成する磁場発生装置を具備したマグネトロンプラズマ処理装置が用いられている。

- 20 磁場発生装置としては、被処理基板を収容して所定の処理を施すための処理室の外側に、N及びSの磁極が交互に隣り合うように複数の永久磁石をリング状に配列し、半導体ウエハの上方には磁場を形成せず、ウエハの周囲を囲むようにマルチポール磁場を形成するマルチポール型のものが知られている（例えば、特開2001-338912号公報）。マルチポールの極数は4以上の偶数であり、好ましくは8から32の間でウエハ周囲の磁場強度が処理条件に合うように選ばれる。
- 25 このように、処理室内の半導体ウエハ等の被処理基板の周囲に、所定のマルチポール磁場を形成し、このマルチポール磁場によってプラズマの状態を制御しつつ、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は公知である。しかしながら、本発明者等の研究によれば、プラズマ処理、例えば、プ

ラズマエッチング等においては、マルチポール磁場を形成した状態でプラズマエッチング処理を行った方がエッチング速度の面内均一性が向上する場合と、これとは逆に、マルチポール磁場がない状態でプラズマエッチング処理を行った方がエッチング速度の面内均一性が向上する場合とがあることが判明した。

- 5 例えば、シリコン酸化膜等のエッチングを行う場合は、マルチポール磁場を形成してエッチングを行った方が、マルチポール磁場を形成せずにエッチングを行った場合に比べて半導体ウエハの面内のエッチングレート（エッチング速度）の均一性を向上させることができる。すなわち、マルチポール磁場を形成せずにエッチングを行った場合には、半導体ウエハの中央部でエッチングレートが高くなると共に半導体ウエハの周縁部でエッチングレートが低くなるという不具合（エッチングレートの不均一性）が生じる。

- 10 これとは逆に、有機系の低誘電率膜（いわゆる Low-K）等のエッチングを行う場合にはマルチポール磁場を形成せずにエッチングを行った方が、マルチポール磁場を形成してエッチングを行った場合に比べて半導体ウエハ面内のエッチングレートの均一性を向上させることができる。すなわち、この場合、マルチポール磁場を形成してエッチングを行った場合には、半導体ウエハの中央部でエッチングレートが低くなると共に半導体ウエハの周縁部でエッチングレートが高くなるという不具合（エッチングレートの不均一性）が生じる。

- 15 ここで、上述した磁場発生機構が、電磁石から構成されたものであれば、
20 磁場の形成及び消滅等の制御は容易に行うことができる。しかし、電磁石を用いると消費電力が増大すると共に装置自体が大きくなるという問題が生じるため、多くの装置では永久磁石を用いるのが一般的である。しかし、永久磁石を用いる場合、磁場を“形成する”或いは“形成しない”等の制御は、永久磁石を装置に取付けたり或いは装置から取外したりする必要があった。このため、
25 磁場発生手段である永久磁石の着脱に大掛かりな装置を必要とするため作業に長時間を要するという問題があり、従って、半導体処理全体の作業効率を低下させるという問題があった。

一方、半導体ウエハ等の被処理基板は、例えば12インチ径等と次第に大型化する傾向にある。しかしながら、従来のマグネトロンプラズマ用磁場発生

装置では、被処理基板のサイズに合わせて所定の（固定した）マルチポール磁場を形成するため、同一の処理装置で大きさの異なる被処理基板を処理することができなかった。従って、同一の処理装置で、被処理基板の寸法（直径）に合わせてマルチポール磁場を制御できれば非常に好都合である。

- 5 本発明は、上述のような従来の問題を解決するためになされたものであり、プラズマ処理プロセスの種類或いは被処理基板の大きさに応じてマルチポール磁場の状態を適切に制御・設定することができるマグネトロンプラズマ用磁場発生装置を提供することである。

10 発明の開示

本願の発明は、被処理基板を収容して所定の処理を施すための処理室の外側に設けられ、複数の磁石セグメントを有し、前記処理室内の前記被処理基板の周囲にマルチポール磁場を形成するマグネトロンプラズマ用磁場発生装置に関し、前記処理室内のマルチポール磁場強度を制御できるようにしたことを特

15 徴とする。

更に、前記複数の磁石セグメントの一部は回転可能に設けられて磁化方向が変更可能であり、残りの磁石セグメントは固定されていることを特徴としている。或いは、前記固定された磁石セグメントの磁化方向は、前記処理室の中心に対して周方向であることを特徴とする。

- 20 更に、前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置は、分離して設けられたリング状の上側及び下側磁場発生機構を備え、該上側及び下側磁場発生機構の夫々は磁石セグメントを有し、該磁石セグメントの各々はリング状磁場発生機構の径方向に延ばした軸を中心に回転可能であることを特徴としている。

- 更に、前記処理室と前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置との間に、
25 導電体のリングを配置し、該導電体のリングが回転することを特徴としている。

更に、前記マルチポール磁場の磁極の数を変えることにより、前記処理室内のマルチポール磁場強度を制御できるようにしたことを特徴としている。

図面の簡単な説明

図 1 は、本願の発明に係わるマグネトロンプラズマ用磁場発生装置を、半導体ウェハのエッチングを行うプラズマエッチング装置に適用した場合の構成を模式的に示した図。

図 2 は、図 1 の装置に使用される磁場形成機構（第 1 発明の第 1 実施の形態）の一例の概略を示す概略図

図 3 は、図 2 の磁場形成機構を構成する磁石セグメントの回転動作を説明する図。

図 4 は、図 2 の磁場形成機構を構成する磁石セグメントの回転動作を説明するための図。

図 5 は、第 1 発明の第 1 の実施の形態での真空チャンバ内の磁場強度の状態を示す図。

図 6 は、第 1 発明の第 1 の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウェハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

図 7 は、第 1 発明の第 1 の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウェハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

図 8 は、第 1 発明の第 1 の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウェハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

図 9 は、第 1 発明の第 2 の実施の形態を説明する図。

図 10 は、第 1 発明の実施の形態の磁場形成機構と比較するための磁場形成機構（比較例）を示す図。

図 11 は、第 1 発明の実施の形態の磁場形成機構に使用される磁性体リングの効果を示す図。

図 12 は、第 1 発明の第 3 の実施の形態に係る磁場形成機構を説明する図。

図 13 は、第 2 発明を説明するための概略図。

図 14 は、図 13 の磁場形成機構を構成する磁石セグメントの回転動作を説明するための図（第 2 発明の第 1 の実施の形態）。

図 15 は、第 2 発明の第 2 の実施の形態を説明するための概略図。

図 16 は、第 2 発明の第 3 の実施の形態を説明するための概略図。

図 17 は、図 1 に相当し、第 3 発明が適用されるプラズマ処理装置の概略

を示す図。

図 18 は、第 3 発明の実施の形態を更に詳しく説明するための概略図。

図 19 は、図 17 及び図 18 に示した導電体リングの回転とチャンバ内の磁場強度の関係を示す図。

- 5 図 20 は、第 3 発明の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウエハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

図 21 は、第 3 発明の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウエハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

- 10 図 22 は、第 3 発明の形態によるエッチング速度の半導体ウエハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

図 23 は、第 4 発明の第 1 の実施の形態を説明するための図。

図 24 は、第 4 発明の第 1 の実施の形態の変形例を説明するための図。

図 25 は、第 4 発明の第 1 の実施の形態の他の変形例を説明するための図。

- 15 図 26 は、第 4 発明の第 1 の実施の形態の更に他の変形例を説明するための図。

図 27 は、第 4 発明の第 2 の実施の形態を説明するための図。

発明を実施するため最良の形態

以下、図面を参照して本発明を説明する。

- 20 図 1 は、本願の発明に係わるマグネトロンプラズマ用磁場発生装置を、半導体ウエハのエッチングを行うプラズマエッチング装置に適用した場合の構成を模式的に示したものである。同図において、符号 1 は材質が例えばアルミニウム等からなる円筒状の真空チャンバであり、プラズマ処理室を構成する。この真空チャンバ 1 は小径の上部 1 a と大径の下部 1 b からなる段付きの円筒形状となっており接地電位に接続されている。また、真空チャンバ 1 の内部には、
25 被処理基板としての半導体ウエハ W を、その被処理面を上側に向けて略水平に支持する支持テーブル（サセプタ） 2 が設けられている。

この支持テーブル 2 は例えばアルミニウム等の材質で構成されており、セラミックなどの絶縁板 3 を介して導体の支持台 4 で支持されている。また支持

-6-

テーブル 2 の上方の外周には導電性材料または絶縁性材料で形成されたフォーカスリング 5 が設けられている。

支持テーブル 2 の半導体ウエハ W の載置面には半導体ウエハ W を静電吸着するための静電チャック 6 が設けられている。この静電チャック 6 は絶縁体 6 b の間に電極 6 a を配置して構成されており、電極 6 a には直流電源 1 3 が接続されている。電極 6 a に電源 1 3 から電圧を印加することにより、半導体ウエハ W を支持テーブル 2 にクーロン力によって吸着させる。

さらに、支持テーブル 2 には冷媒を循環させるための冷媒流路（図示せず）と、冷媒からの冷熱を効率よく半導体ウエハ W に伝達するために、半導体ウエハ W の裏面に H e ガスを供給するガス導入機構（図示せず）とが設けられ、半導体ウエハ W を所望の温度に制御できるようになっている。

上記支持テーブル 2 と支持台 4 はボールねじ 7 を含むボールねじ機構により昇降可能となっており、支持台 4 の下方の駆動部分はステンレス鋼（SUS）製のベローズ 8 で覆われ、ベローズ 8 の外側にはベローズカバー 9 が設けられている。

支持テーブル 2 のほぼ中央には高周波電力を供給するための給電線 1 2 が接続している。この給電線 1 2 にはマッチングボックス 1 1 及び高周波電源 1 0 が接続されている。高周波電源 1 0 からは 13.56~150MHz（好ましくは 13.56~100MHz）の範囲内の高周波電力、例えば 100MHz の高周波電力が支持テーブル 2 に供給される。

また、エッチングレートを高くするためには、プラズマ生成用の高周波とプラズマ中のイオンを引き込むための高周波とを重畳させることが好ましく、イオン引き込み（バイアス電圧制御）用の高周波電源（図示せず）としては周波数が 500KHz~13.56MHz の範囲のものが用いられる。なお、この周波数はエッチング対象がシリコン酸化膜の場合は 3.2MHz、ポリシリコン膜や有機材料膜の場合は 13.56MHz が好ましい。

さらに、フォーカスリング 5 の外側にはバッフル板 1 4 が設けられている。バッフル板 1 4 は、支持台 4 及びベローズ 8 を介して、真空チャンバ 1 と電気的に導通している。一方、支持テーブル 2 の上方の真空チャンバ 1 の天壁部分

には、シャワーヘッド16が、支持テーブル2と平行に対向するように設けられており、このシャワーヘッド16は接地されている。したがって、これらの支持テーブル2およびシャワーヘッド16は、一対の電極として機能する。

5 シャワーヘッド16には多数のガス吐出孔18が設けられており、シャワーヘッド16の上部にガス導入部16aが設けられている。シャワーヘッド16と真空チャンバ1の天壁のあいだにはガス拡散用空隙17が形成されている。ガス導入部16aにはガス供給配管15aが接続しており、このガス供給配管15aの他端には、エッチング用の反応ガス及び希釈ガス等からなる処理ガスを供給する処理ガス供給系15が接続している。

10 反応ガスとしては、例えば、ハロゲン系のガス（フッ素系、塩素系）、水素ガス等を用いることができ、希釈ガスとしては、Arガス、Heガス等の通常この分野で用いられるガスを用いることができる。このような処理ガスが、処理ガス供給系15からガス供給配管15a、ガス導入部16aを介してシャワーヘッド16上部のガス拡散用空隙17に至り、ガス吐出孔18から吐出され、半
15 導体ウエハWに形成された膜のエッチングに供給され、エッチング処理される。

真空チャンバ1の下部1bの側壁には、排気ポート19が形成されており、この排気ポート19には排気系20が接続している。この排気系20に設けられた真空ポンプを作動させることにより真空チャンバ1内を所定の真空度にまで減圧することができる。さらに、真空チャンバ1の下部1bの側壁上側には、
20 半導体ウエハWの搬入出口を開閉するゲートバルブ24が設けられている。

一方、真空チャンバ1の上部1aの外側周囲には、環状の磁場発生機構（リング磁石）21が真空チャンバ1と同心状に配置されており、支持テーブル2とシャワーヘッド16との間の処理空間の周囲に磁場を形成するようになっている。この磁場発生装置21は、回転機構25によって、その全体が、真空チャンバ1の回りを所定の回転速度で回転可能である。
25

以下、第1発明の第1の実施の形態に係る磁場発生装置21を説明する。この磁場発生装置21は、図2に示すように、支持部材（図示せず）により支持された複数（図2では32個）の磁石セグメント22a（第1の磁石セグメント）と22b（第2の磁石セグメント）を主要構成要素としている。複数の

磁石セグメント 2 2 a は、真空チャンバ 1 側に向く磁極が S, N, S, N, …
となるように他の磁石セグメント 2 2 b に対して 1 個置きに配置されている。
磁石セグメント 2 2 b は、磁石セグメント 2 2 a に対して同様に 1 個置きに配
置され、その磁場方向は真空チャンバ 1 内に形成される周方向の磁場と逆にな
5 るように配列されている。図の矢印の先が N 極を示している。更に、磁石セグ
メント 2 2 a 及び 2 2 b の外周は磁性体 2 3 で囲まれていることが好ましい。
尚、以下の説明では、磁石セグメント 2 2 a 及び 2 2 b を総称して参照番号 2
2 で示す場合がある。

図 2 に示す状態では、磁石セグメント 2 2 b に対して 1 個置きに配置され
10 た磁石セグメント 2 2 a の磁極の向きは径方向で互いに逆向きであり、一方、
その間の磁石セグメント 2 2 b の磁極の向きは磁場発生装置 2 1 の周方向に形
成される磁場の方向と略逆向きとなって固定されている。従って、真空チャン
バ 1 内には、磁石セグメント 2 2 b に対して 1 個置きに並んだ径方向の磁化の
磁石セグメント 2 2 a 間に図示のような磁力線が形成され、処理空間の周辺部、
15 即ち真空チャンバ 1 の内壁近傍では例えば 0.02~0.2 T (200~2000 G)、好まし
くは 0.03~0.045 T (300~450 G) の磁場が形成され、半導体ウエハ W の中心部
は実質的に無磁場状態（磁場が弱められている状態を含む）となるようにマル
チポール磁場が形成されている。

なお、このように磁場の強度範囲が規定されるのは、磁場強度が強すぎる
20 と磁束洩れの原因となり、弱すぎるとプラズマ閉じ込めによる効果が得られな
くなるためである。従って、このような数値は、装置の構造（材料）によって
決まる一例であって、必ずしも上述の数値範囲に限定されるものではない。

また、上述した半導体ウエハ W の中心部における実質的な無磁場とは、本
来ゼロ T (テスラ) であることが望ましいが、半導体ウエハ W の配置部分にエ
25 ッチング処理に影響を与える磁場が形成されず、実質的にウエハ処理に影響を
及ぼさない値であればよい。図 2 に示す状態では、ウエハ周辺部に例えば磁束
密度 $420 \mu\text{T}$ (4.2 G) 以下の磁場が印加されており、これによりプラズマを閉
じ込める機能が発揮される。

さらに、本実施の形態においては、磁場発生装置 2 1 の各磁石セグメント

22a（又は図4の22c）は、磁石セグメント回転機構により、磁場発生装置21内において、セグメントの垂直中心軸を中心に回転自在とされている。磁場発生装置21の各磁石セグメント22b（又は図4の22d）は固定されており回転しない特徴を有している。

- 5 すなわち、図2及び図3(a)に示すように、各磁石セグメント22aの磁極が真空チャンバ1側に向いた状態から、図3(b)及び図3(c)に示すように、磁石セグメント22bに対して一つおきの磁石セグメント22aが同期して同方向に回転するよう構成されている。なお、図3(b)は、磁石セグメント22aが図3(a)の状態から45度回転した状態を示しており、図3(c)は磁石セグメント22aが図3(a)の状態から90度回転した状態を示している。特に、図2及び図3の場合は、磁石セグメント22aの回転は0度より大で90度（磁極が周方向を向くまで）の回転を対象とするものである。

- 15 また、図2及び図4(a)に示すように、各磁石セグメント22cを磁石セグメント22dに対して一つおきに配置し、各磁石セグメント22cを同期して回転させ、その磁化方向が、真空チャンバ1の周方向に向いた状態から、図4(b)に示すように径方向に向くように構成することもでき、更には、図4(c)に示すように逆方向の周方向に向くように構成することもできる。なお、図4(b)は、磁石セグメント22cが図4(a)の状態から90度回転した状態を示しており、図4(c)は磁石セグメント22cが図4(a)の状態から180度回転した状態を示している。特に、図2及び図4の場合は、磁石セグメント22cの回転は0度より大で180度（磁極が径方向を向くまで）の回転を対象とするものである。

- 25 図5は、縦軸を磁場強度とし、横軸を真空チャンバ1内に配置された半導体ウエハWの中心からの距離として、図3(a)に示すように各磁石セグメント22aの磁極が真空チャンバ1側に向いた状態（曲線X）、図3(b)に示すように各磁石セグメント22aを45度回転した状態（曲線Y）、図3(c)に示すように各磁石セグメント22aを90度回転した状態（曲線Z）、における半導体ウエハWの中心からの距離と磁場強度との関係を示している。なお、同図に示すD/S内径とは真空チャンバ1の内壁に設けられた内壁保護用のデポシールド内

径を示しており、実質的に真空チャンバ1（処理室）の内径を示している。

図5の曲線Xで示すように、各磁石セグメント22aの磁極が真空チャンバ1側に向いた状態では、マルチポール磁場は実質的に半導体ウエハWの周縁部まで形成されており、一方、曲線Zで示したように、各磁石セグメント22aを90度回転した状態では、真空チャンバ1内には実質的に磁場強度がゼロ（磁場が弱められている状態）となる。更に、曲線Yで示すように、磁石セグメント22aを45度回転した状態では、上記状態の中間的な状態となる。

このように、本実施の形態においては、磁場発生装置21を構成する各磁石セグメント22aは、その回転方向が同じ向きで且つ同期して回転可能となっている。そして、このような磁石セグメント22aの回転によって、実質的に、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場が形成された状態と、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲に実質的にマルチポール磁場が形成されない状態とに設定できるように構成されている。

したがって、例えば、上述したシリコン酸化膜等のエッチングを行う場合は、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を形成してエッチングを行い、これによって半導体ウエハWの面内のエッチングレートの均一性を向上させることができる。一方、上述した有機系の低誘電率膜（Low-K）等のエッチングを行う場合は、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を形成しないでエッチングを行い、これによって半導体ウエハWの面内のエッチングレートの均一性を向上させることができる。

図6～図8は、縦軸をエッチングレート（エッチング速度）とし、横軸を半導体ウエハの中心からの距離として、半導体ウエハW面内のエッチングレートの均一性を調べた結果を示す。図6～図8の各図において、曲線Aは真空チャンバ1内にマルチポール磁場を形成しない場合、曲線Bは真空チャンバ1内に0.03T（300G）のマルチポール磁場を形成した場合、曲線Cは真空チャンバ1内に0.08T（800G）のマルチポール磁場を形成した場合を示している。

図6は C_4F_8 ガスでシリコン酸化膜をエッチングした場合、図7は CF_4 ガスでシリコン酸化膜をエッチングした場合、図8は N_2 と H_2 を含む混合ガスで有機系低誘電率膜（Low-K）をエッチングした場合を示している。図6及び図7に示

すように、 C_4F_8 や CF_4 ガス等のCとFを含むガスでシリコン酸化膜をエッチングする場合は、真空チャンバ1内にマルチポール磁場を形成した状態でエッチングを行った方が、エッチングレートの面内均一性を向上させることができることが判る。また、図8に示すように、 N_2 と H_2 を含む混合ガスで有機系低誘電率

5 膜 (Low-K) をエッチングした場合は、真空チャンバ1内にマルチポール磁場を形成しない状態でエッチングを行った方が、エッチングレートの面内均一性を向上させることができることが判る。

以上のとおり、第1発明の第1の実施の形態によれば、磁石セグメント22aを回転させることによって、真空チャンバ1内のマルチポール磁場の状態

10 を容易に制御することができる。

なお、磁石セグメント22a及び22bの数は、図2に示した32個に限定されるものでないことは勿論である。また、その断面形状も、図2に示した円柱形に限らず、正方形、多角形等であってもよい。しかし、磁石セグメント22aを回転させることから、磁石セグメント22aの設置スペースを有効に

15 利用して装置の小型化を図るためには、図2に示したように、磁石セグメント22a（及び22b）の断面形状を円形とし、円筒状とすることが望ましい。

さらに、磁石セグメント22a及び22bを構成する磁石材料も特に限定されるものではなく、例えば、希土類磁石、フェライト磁石、アルニコ磁石等の公知の磁石材料を使用することが可能である。

20 第1発明の第2の実施の形態を図9を参照して説明する。図2～図4に示した第1の実施の形態では、磁石セグメント22の総数を32個として16極の磁場を形成し、磁石セグメント22bに対して1個置きに配置した磁石セグメント22aを同方向に同期して回転させていた。これに対し、第2の実施の形態では、磁石セグメント22の総数を48個とし、その内、回転可能な磁石

25 セグメント22aの数を32個、固定の磁石セグメント22bを16個として16極の磁場を形成している。即ち、磁気回路を構成する磁石セグメント22の総数以外は、図2で説明した第1の実施の形態と略同様である。したがって、第1磁石セグメントと第2磁石セグメントの配置は得られる磁場の強度により適宜配置すればよいが、第1磁石セグメントと第2磁石セグメントは隣り合っ

て交互に配置されている場合と、複数個隣接させた第2磁石セグメント群の間に第1磁石セグメントを配置する等の配置方法が考えられる。

第1発明の第2の実施の形態によれば、図9に白抜き矢印で示すように、磁石セグメント22aを同期して回転させることによりマルチポール状態から磁場ゼロの状態を作ることができる。このように磁石セグメントの総数を増やすと、第1の実施の形態に比べて90度回転したときのウエハ周辺部の磁場強度をよりゼロに近づけることができる。

ところで、図10に示す比較例のように、磁場発生機構の全ての磁石セグメント22を白抜き矢印の方向に回転させてもチャンバ内部の磁場をマルチポールからゼロにすることができる。しかしながら、この比較例に対し、第1発明によれば、回転する磁石セグメント数を削減することができるので装置を簡略化することが可能である。さらに、第1発明に係る実施の形態の方が磁気効率がいいためマルチポール状態でのチャンバ位置での磁場強度を比較例に比べて約20%強くすることができる。言い換えれば、少ない磁石量で同等の磁場強度を得ることができるという効果が得られる。

さらに図11を用いて磁性体リング23の効果を述べる。磁性体リング23は、上述した磁石セグメントの外周部に形成されることが好ましい。磁性体としては純鉄、炭素鋼、鉄-コバルト鋼、ステンレス鋼等が挙げられる。磁性体リング23には、マルチポール状態ではチャンバ部分の磁場を強めるように磁束が流れ、磁石セグメントを回転して磁場ゼロの状態ではチャンバ部分の磁場を弱めるように磁束が流れるので、磁場の可変幅を広く採れるという効果がある。

次に、上述のように構成されたプラズマエッチング装置における処理について説明する。

25 先ず、ゲートバルブ24を開放し、このゲートバルブ24に隣接して配置したロードロック室を介して搬送機構（共に図示せず）により半導体ウエハWを真空チャンバ1内に搬入し、予め所定の位置に下降されている支持テーブル2上に載置する。次いで、直流電源13から静電チャック6の電極6aに所定の電圧を印加すると、半導体ウエハWはクーロン力により支持テーブル2に吸

着される。

その後、搬送機構を真空チャンバ1の外部に退避させた後、ゲートバルブ24を閉じて支持テーブル2を図1に示す位置まで上昇させると共に、排気系20の真空ポンプにより排気ポート19介して真空チャンバ1の内部を排気する。

真空チャンバ1の内部が所定の真空度になった後、真空チャンバ1内に処理ガス供給系15から所定の処理ガスを、例えば100~1000sccmの流量で導入し、真空チャンバ1内を所定の圧力、例えば1.33~133Pa (10~1000mTorr)、好ましくは2.67~26.7Pa (20~200mTorr) 程度に保持する。

この状態で高周波電源10から、支持テーブル2に、周波数が13.56~150MHz、例えば100MHz、電力が100~3000Wの高周波電力を供給する。この場合に、上述のようにして下部電極である支持テーブル2に高周波電力を印加することにより、上部電極であるシャワーヘッド16と下部電極である支持テーブル2との間の処理空間には高周波電界が形成され、これにより処理空間に供給された処理ガスがプラズマ化されて、そのプラズマにより半導体ウエハW上の所定の膜がエッチングされる。

この時、上述したように、実施するプラズマ処理プロセスの種類等により、予め各磁石セグメント22aを所定の向きに設定しておき、真空チャンバ1内に所定の強度のマルチポール磁場を形成、若しくは、実質的に真空チャンバ1内にマルチポール磁場が形成しない状態に設定しておく。

なお、マルチポール磁場を形成すると、真空チャンバ1の側壁部（デポシールド）の磁極に対応する部分（例えば図2のPで示す部分）が局部的に削られる現象が生じるおそれがある。これに対して、モータ等の駆動源を備えた回転機構25により、磁場発生装置21を真空チャンバ1の周囲で回転させることにより、真空チャンバ1の壁部に対して磁極が移動するため、真空チャンバ1の壁部が局部的に削られることを防止することができる。

所定のエッチング処理を実行すると、高周波電源10から高周波電力の供給を停止して、エッチング処理を停止した後、上述した手順とは逆の手順で半導体ウエハWを真空チャンバ1から外部に搬出する。

第1発明の第3の実施の形態を図12を参照して説明する。この実施の形態では、リング状の磁場発生装置が上側磁場発生機構と下側磁場発生機構とから構成され、上側磁場発生機構に設けた磁石セグメント22aと、下側磁場発生機構に設けた磁石セグメント22a'とを、互いに近づけたり離したりできるように上下方向に移動可能となっている。このような構成の場合、磁石セグメント22aと、磁石セグメント22a'とを近接させた場合、図12(a)の矢印で示すように、磁場強度は大きくなり、他方、磁石セグメント22aと磁石セグメント22a'とを離した場合には、図12(b)の矢印で示すように、磁場強度は小さくなる。尚、第2磁石セグメント22b(及び22b')は図12には示していないが、上述の実施の形態からその配置等は容易に理解できる。上側及び下側磁場発生機構の磁石セグメントは、上述の実施例のように、回転できるようになっている。この第3の実施の形態の場合であっても、図1に示した回転機構25によって、リング状の磁場発生装置21の全体を、真空チャンバ1の周囲で所定の回転速度で回転させるように構成することが好ましい。

以上説明したとおり、第1発明によれば、プラズマ処理プロセスの種類に応じて適切なマルチポール磁場の状態を容易に制御、設定することができる。

本願の第2発明について説明する。

第2発明が応用されるマグネトロンプラズマ半導体処理装置(例えばエッチング装置)は、第1発明の場合(図1)と同様なので説明を省略する。第2発明にかかる磁場発生装置21は、図13に示すように、支持部材(図示せず)により支持された複数の磁石セグメント22a(図13の場合は16個)と、図13には示していないが、この磁石セグメント22aの夫々に対応してその下側に同数の磁石セグメント22b(図14(a)参照)とを主要構成要素としている。第2発明の第1の実施の形態を示す図14(a)~(c)は、図13のX-Y断面を示す図であるが、図面及び説明を簡単にするため、図14(a)~(c)では、セグメント磁石22a及び22bの4角形の辺がX-Y断面と垂直及び平行になっていると仮定して表現している。

図13及び図14(a)に示す状態では、複数の磁石セグメント22a及び22bは隣り合う磁石セグメント同士の磁石の向きが垂直方向でその極性が逆に

なるようになっており、上側磁石セグメント 2 2 a と対応する下側磁石セグメントの 2 2 b の磁極が同極で対向している。図 1 3 及び図 1 4 (a) から判るように、磁石セグメント 2 2 a 及び 2 2 b は夫々リング状に配置されおり、これらを上側及び下側磁場発生機構と称する。

5 図 1 3 及び図 1 4 (a) に示す状態では、チャンバ 1 内では磁力線が図 1 3 のように隣り合う磁石セグメント間に形成され、処理空間の周辺部、即ち真空チャンバ 1 の内壁近傍では例えば 0.02~0.2 T (200~2000 G)、好ましくは 0.03~0.045 T (300~450 G) の磁場が形成され、半導体ウエハ W の中心部は実質的に無磁場状態となるようにマルチポール磁場が形成されている。

10 なお、このように磁場の強度範囲が規定されるのは、磁場強度が強すぎると磁束洩れの原因となり、弱すぎるとプラズマ閉じ込めによる効果が得られなくなるためである。従って、このような数値は、装置の構造 (材料) によって決まる一例であって、必ずしもこの数値範囲に限定されるものではない。これば後述する他の発明の場合も同様である。

15 また、上述した半導体ウエハ W の中心部における実質的な無磁場とは、本来ゼロ T (テスラ) であることが望ましいが、半導体ウエハ W の配置部分にエッチング処理に影響を与える磁場が形成されず、実質的にウエハ処理に影響を及ぼさない値すなわち磁場が弱まった状態であればよい。図 1 3 及び図 1 4 (a) に示す状態では、ウエハ周辺部に例えば磁束密度 $420 \mu \text{T}$ (4.2 G) 以下の磁場
20 が印加されており、これによりプラズマを閉じ込める機能が発揮される。これば後述する他の発明の場合も同様である。

さらに、第 2 発明の第 1 の本実施の形態においては、磁場発生装置 2 1 の各磁石セグメント 2 2 a 及び 2 2 b は、図示しない磁石セグメント回転機構により、磁場発生装置 2 1 内においてリング状磁場発生機構 (セグメント) の径
25 方向に延ばした軸を中心に回転自在とされている。

上述したように、図 1 4 (a) ~ (c) は図 1 3 の X-Y 断面を示す図であり、紙面の上下が垂直方向で、紙面の法線方向が半径方向である。図 1 4 (a) に示すように、各磁石セグメント 2 2 a 及び 2 2 b の磁極が垂直方向に向いた状態から、図 1 4 (b) 及び図 1 4 (c) に示すように、隣りあった上側磁石セグメント 2 2 a

及び22bが逆方向に回転するように構成されている。上側磁石セグメント22aに対向する下側磁石セグメント22bは上側磁石セグメント22aと逆方向に回転する。なお、図14(b)は磁石セグメント22a及び22bが図14(a)の位置から45度回転した状態を示しており、図14(c)は磁石セグメント22a及び22bが図14(a)の位置から90度回転した状態を示している。特に、第2発明の第1の実施の形態では、磁石セグメントの回転を0度より大で90度以下の範囲で制御している。尚、図14(d)については後述する。

このように、第2発明の第1の実施の形態においては、磁石セグメント22a及び22bを回転させることによって、真空チャンバ1内のマルチポール磁場の状態を容易に制御することができる。

なお、磁石セグメント22a及び22bの夫々の数は、図13に示した16個に限定されるものでないことは勿論である。また、その断面形状も、図14(a)～(c)に示した正方形に限らず、円柱形、多角形等であってもよい。しかし、磁石セグメント22aを回転させることから、磁石セグメント22の設置スペースを有効に利用して装置の小型化を図るためには、図14(d)に示すように、磁石セグメント22の断面形状を円形とすることが望ましい。

さらに、磁石セグメント22a及び22bを構成する磁石材料も特に限定されるものではなく、例えば、希土類磁石、フェライト磁石、アルニコ磁石等の公知の磁石材料を使用することが可能である。

第1発明と同様、半導体ウエハWの中心からの距離と磁場強度との関係を、図14(a)に示すように各磁石セグメント22a及び22bの磁極が垂直方向に向いた状態、図14(b)に示すように各磁石セグメント22a及び22bを45度回転した状態、図14(c)に示すように各磁石セグメント22a及び22bを90度回転した状態の夫々の場合について調べた。その結果、図5の場合と同様の結果が得られた。尚、図5の曲線X、Y及びZは、夫々、図14(a)、図14(b)及び図14(c)の状態を示している。

さらに、第1発明で説明した図6～図8の場合と同様の条件で、第2発明の第1実施例での半導体ウエハW面内のエッチングレートの均一性を調べた。その結果は、図6～図8の場合と同様であった。

第2発明の第2の実施の形態を図15を参照して説明する。この第2の実施の形態では、磁場発生機構が上側磁場発生機構と下側磁場発生機構（夫々リング状に構成されている）とに分離して構成され、これらの上側磁場発生機構と下側磁場発生機構を、垂直方向の回転軸回りに独立して回転可能としている。このため上側磁場発生機構と下側磁場発生機構の回転方向の相対位置を変化でき、図15(a)のように上下磁石セグメントの磁極が同極で対向した状態から図15(c)のように上下磁石セグメントの磁極が逆極で対向した状態まで変化する。

図15(a)に示す場合は、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場が形成され、図15(c)に示す場合は、実質的にマルチポール磁場が形成されない。一方、図15(b)の場合は、図15(a)と図15(b)の場合の中間の磁場が形成される。このように、第2発明の第2の実施の形態によれば、上側磁場発生機構と下側磁場発生機構を、リング状の磁場形成機構の垂直方向の中心軸の回りに独立して回転することで、第2発明の第1の実施の形態と同様に、実質的に真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場が形成された状態と、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲に実質的にマルチポール磁場が形成されていない状態とに設定できるようになっている。尚、上側と下側磁場発生機構の両方を回転させる場合を説明したが、いずれか一方のみを回転させるようにしてもよい。

次に、第2発明の第3の実施の形態について説明する。なお、この第3の実施の形態においても、磁石セグメント22（即ち磁場発生装置21）を回転させることによりマルチポール磁場の制御を行う点は、上述の第2発明の実施の形態と同様である。

図16に示すように、第2発明の第3の実施の形態では、リング状の磁場発生装置21が上下に分割されて上側磁場発生機構と下側磁場発生機構とから構成されており、さらに、上側磁場発生機構に設けた磁石セグメント22aと下側磁場発生機構に設けた磁石セグメント22bとを互いに近づけたり離したりできるように、上側及び下側磁場発生機構を上下方向に移動可能に構成している。移動量はリング間隔がリング内径の1/2程度までで特に1/3程度まで

が有効に働く。尚、図16において、部分的に示した真空チャンバ1及びその内部の構成は図1と同様である。

- このような構成の場合、磁石セグメント22aと、磁石セグメント22bとを近接させると真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場が形成され、他方、磁石セグメント22aと磁石セグメント22bとを離すと真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲に実質的にマルチポール磁場が形成されないようにすることができる。

- 以上説明したとおり、第2発明においても、プラズマ処理プロセスの種類に応じて適切なマルチポール磁場の状態を容易に制御、設定することができ、
- 10 良好なプラズマ処理を容易に行うことができる。

次に、本願の第3発明を説明する。

図17は、図1に相当する図であり、図1と異なる点は、磁場発生装置21と真空チャンバ1の間にアルミニウム等でできた非磁性体の導電体リング26を配置したことである。図17の他の部分は図1と同一なので説明を省略する。

- 15 第3発明の実施の形態に係る磁場発生装置21は、図18に示すように、支持部材（図示せず）により支持された複数の磁石セグメント22（図18の場合は16個）を主要構成要素とし、この複数の磁石セグメント22を、真空チャンバ1側に向く磁極がS、N、S、N、…となるように配置している。セグメント磁石22の外周は磁気効率を上げるために磁性体（例えば鉄）のリング23で囲まれていることが好ましい。
- 20

- すなわち、磁場発生装置21において、図18に示す状態では、隣り合う磁石セグメント22の磁石の向きが径方向で互いに逆向きになるように配置されている。従って、チャンバ1内には磁力線が図示のように隣接する磁石セグメント22間に形成され、処理空間の周辺部、即ち真空チャンバ1の内壁近傍では例えば0.02～0.2T（200～2000G）、好ましくは0.03～0.045T（300～450G）の磁場が形成され、半導体ウエハWの中心部はマルチポール磁場が弱く形成されている。
- 25

なお、このように磁場の強度範囲が規定されるのは、磁場強度が強すぎると磁束洩れの原因となる場合があり、弱すぎるとプラズマ閉じ込めによる効

果が得られなくなる場合があるためである。従って、このような数値は、装置の構造（材料）によって決まる一例であって、必ずしもこの数値範囲に限定されるものではない。

また、上述した半導体ウエハWの中心部における磁場が弱いとは、本来ゼロT（テスラ）であることが望ましいが、半導体ウエハWの配置部分にエッチング処理に影響を与える磁場が形成されず、実質的にウエハ処理に影響を及ぼさない値であればよい。図18に示す状態では、ウエハ周辺部に例えば磁束密度 $420\mu\text{T}$ （4.2G）以下の磁場が印加されており、これによりプラズマを閉じ込める機能が発揮される。

さらに、第3発明の実施の形態においては、上記磁場発生装置21と真空チャンバ1の間にアルミニウム等でできた非磁性体の導電体リング26を配置し、回転機構27によりこの導電体リング26を所定の回転数（例えば30～300rpm）で回転できるようになっている。

導電体リング26が回転すると、磁場発生装置21からの磁束が導電体リング26を鎖交することにより導電体リング内部に磁束が通るのを妨げるように渦電流が発生し、この結果、導電体リング26の内側の磁場強度は導電体リング26の回転数に応じて弱められる。

つまり、導電体リング26の回転数を変化させればチャンバ1内の磁場強度を制御できる。図19は縦軸を磁場強度、横軸を真空チャンバ1内に配置した半導体ウエハWの中心からの距離とし、導電体リング26が回転していない場合のチャンバ1内の磁場強度0.033T（330G）から、導電体リング26の回転数を200rpmに上げて0.017T（170G）とした状態までを示している。

このように、第3発明の実施の形態によれば、導電体リング26の回転数を制御することによって、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を形成する状態と、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲に実質的にマルチポール磁場を非常に弱くした状態（好ましくは約半分程度）にまで設定できる。

したがって、例えば、上述したシリコン酸化膜等のエッチングを行う場合は、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を形成して

エッチングを行い、これによって半導体ウエハWの面内のエッチングレートの均一性を向上させることができる。一方、上述した有機系の低誘電率膜 (Low-K) 等のエッチングを行う場合は、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を実質的に形成しないで (弱めて) エッチングを行い、これ
5 によって半導体ウエハWの面内のエッチングレートの均一性を向上させることができる。

図20～図22は、縦軸をエッチングレート (エッチング速度) とし、横軸を半導体ウエハWの中心からの距離として、半導体ウエハW面内のエッチングレートの均一性を調べた結果を示す。図20～図22の各図において、曲線A
10 は真空チャンバ1内に0.03T (300G) のマルチポール磁場を形成した場合、曲線Bは真空チャンバ1内に0.08T (800G) のマルチポール磁場を形成した場合示している。

図20は C_4F_8 ガスでシリコン酸化膜をエッチングした場合、図21は CF_4 ガスでシリコン酸化膜をエッチングした場合、図22は N_2 と H_2 を含む混合ガス
15 で有機系低誘電率膜 (Low-K) をエッチングした場合を示している。図20及び図21に示すように、 C_4F_8 や CF_4 ガス等のCとFを含むガスでシリコン酸化膜をエッチングする場合は、真空チャンバ1内にマルチポール磁場を強い状態でエッチングを行った方が、エッチングレートの面内均一性を向上させることができることが判る。また、図22に示すように、 N_2 と H_2 を含む混合ガスで有機
20 系低誘電率膜 (Low-K) をエッチングした場合は、真空チャンバ1内にマルチポール磁場が弱い状態でエッチングを行った方が、エッチングレートの面内均一性を向上させることができることが判る。

以上のとおり、第3発明の実施の形態においては、導電体リング26を回転させることにより、真空チャンバ1内のマルチポール磁場の状態を容易に制御
25 することができ、実施するプロセスによって、最適なマルチポール磁場の状態で良好な処理を行うことができる。

尚、導電体リング26の材質はアルミニウムに限定されるものでなく、導電率の良好な非磁性体、例えば、銅或いは真鍮などでも構わない。リングの厚みは、渦電流が十分発生して機械的な強度が十分に得られる寸法であって、例

えば、5～20mm程度とすればよい。

なお、マルチポール磁場を形成すると、真空チャンバ1の側壁部（デポシールド）の磁極に対応する部分（例えば図18のPで示す部分）が局部的に削られる現象が生じるおそれがある。これに対して、モータ等の駆動源を備えた
5 回転機構25により、磁場発生装置21を真空チャンバ1の周囲で回転させることにより、真空チャンバ1の壁部に対して磁極が移動するため、真空チャンバ1の壁部が局部的に削られることを防止することができる。

なお、第3発明の実施の形態においては、本発明を半導体ウエハのエッチングを行うエッチング装置に適用した場合について説明したが、第3発明はは
10 このような場合に限定されるものではない。例えば、本発明は、半導体ウエハ以外の基板を処理する装置に応用可能であり、更には、エッチング以外のプラズマ処理、例えばCVD等の成膜処理装置にも適用することができる。

以上説明したとおり、第3発明によっても、プラズマ処理プロセスの種類に応じて適切なマルチポール磁場の状態を容易に制御することができる。

15 以下、本願の第4発明を説明する。

第4発明が応用されるマグネトロンプラズマ半導体処理装置（例えばエッチング装置）は、第1発明の場合（図1）と同様なので図示及び説明を省略する。第4発明に係るマグネトロンプラズマ用磁場発生装置21は、図23に示すように、図示しない支持部材により支持された永久磁石からなる複数（図2
20 3では36個）の磁石セグメント22から構成されている。これらの磁石セグメント22は、隣接する2つの磁石セグメント22によって1つの磁極を構成し、合計18個の磁極が形成されるように、かつ、真空チャンバ1側に向くこれらの磁極がS、N、S、N、…と交互に並ぶように配列されている。なお、図23中、各磁石セグメント22の磁極の向きは矢印の向きで示してある。

25 図23に示すマグネトロンプラズマ用磁場発生装置21では、隣接する磁極（磁極は2つの磁石セグメント22によって構成されている）同士の向きが互いに逆向きになるように配置されており、従って、磁力線（図23に一部のみ図示する）が隣接する磁極間に形成され、処理空間の周辺部、即ち真空チャンバ1の内壁近傍では所定強度の磁場が形成され、半導体ウエハWの上部では

実質的に無磁場状態となっている。

なお、上述した半導体ウエハWの上部における実質的に無磁場状態とは、本来ゼロTであることが望ましいが、半導体ウエハWの配置部分にエッチング処理に影響を与える磁場が形成されず、実質的に半導体ウエハWの処理に影響を及ぼさない値であればよい。

さらに、本実施の形態においては、上記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置21の各磁石セグメント22は、図示しない磁石セグメント回転機構により、マグネトロンプラズマ用磁場発生装置21内において、垂直方向の軸を中心に回転自在とされ、かつ、取り外し自在とされている。そして、異なった径の半導体ウエハWを処理する際に、マグネトロンプラズマ用磁場発生装置21によって形成されるマルチポール磁場の状態は変更可能となっている。

すなわち、前述したとおり、図23に示す状態は、18個の磁極が形成される。そして、この構成では、12インチ径の半導体ウエハWの周辺部のみにマルチポール磁場が形成されるようになっており、12インチ径の半導体ウエハWの処理を行う場合にはこのような設定とされる。

そして、仮に、上述のようなマルチポール磁場において8インチ径の半導体ウエハWを処理とすると、磁場と半導体ウエハWとの距離が離れてしまうため、プラズマの閉じ込め効果が弱くなってしまうという問題がある。

このため、例えば、図24に示すように、幾つかの磁石セグメント22の向きを変更するとともに、磁石セグメント22を部分的に取り外す（間引く）ことによって（間引いた磁石セグメント22は図中点線で示す。）、磁極の数を12個に減少させる。これによって、隣接する磁極間に形成される磁力線（図24に一部のみ図示する）が、図23に示した状態よりも真空チャンバ1の内部にまで入り込んだ状態となり、8インチ径の半導体ウエハWの周辺部にまでマルチポール磁場が形成された状態となる。したがって、この状態で、8インチ径の半導体ウエハWに良好なエッチング処理を施すことができる。

なお、上記の場合、磁極間に位置する磁石セグメント22を取り外すようにしたが、例えば、図25に示すように、磁極間に位置する磁石セグメント22を、円周方向に、かつ、真空チャンバ内の磁力線の向きと逆になるようにす

れば、磁極間に位置する磁石セグメント 2 2 を取り外すことなく、磁極の数を減少させることができる。

また、例えば、図 2 6 に示すように、磁石セグメント 2 2 を回転させることなく、磁石セグメント 2 2 を取り外すだけでも、磁極の数を例えば、6 個に
5 減少させることができ、磁場がより真空チャンバ 1 の内部にまで入り込んだ状態とすることができる。

また、上記のように、磁石セグメント 2 2 を取り外す代わりに、磁石セグメント 2 2 と真空チャンバ 1 との間（図 2 6 に点線で示した磁石セグメントと真空チャンバとの間）に、例えば、鉄板等の磁性体を配置することによっても、
10 図 2 6 に示す場合と同様に、実質的な磁極の数を減少させることができ、磁場が真空チャンバ 1 の内部にまで入り込んだ状態とすることができる。

さらに、マグネトロンプラズマ用磁場発生装置 2 1 は、例えば、図 2 7 に示すように、上側磁場発生機構 2 1 a と、下側磁場発生機構 2 1 b に分けた構成とすることもできる。そして、かかる構成の場合、図中矢印で示すように、
15 上側磁場発生機構 2 1 a と下側磁場発生機構 2 1 b とを、上下方向に近接、離間するように移動させることにより、真空チャンバ 1 内に形成されるマルチポール磁場の強度を変更することができる。

また、上側磁場発生機構 2 1 a 及び下側磁場発生機構 2 1 b と、真空チャンバ 1 との間に、夫々磁性体（例えば鉄等から円筒状に構成されている。） 3 0 a, 3 0 b を配置し、これらの磁性体 3 0 a, 3 0 b を図中矢印で示すように、
20 上下方向に近接、離間するように移動させることによっても、真空チャンバ 1 内に形成されるマルチポール磁場の強度を変更することができる。この場合、上側磁場発生機構 2 1 a 及び下側磁場発生機構 2 1 b と磁性体 3 0 a, 3 0 b の双方を移動させるようにしても良い。

25 このように磁性体 3 0 a, 3 0 b を配置することによって、上部側マグネトロンプラズマ用磁場発生部 2 1 a、下部側マグネトロンプラズマ用磁場発生部 2 1 b のみを上下動させる場合よりも少ない移動距離で磁場の強度を変更することができる。

磁石セグメント 2 2 として永久磁石を使用した場合、上記のような構成と

することにより、磁場の強度を変更することができ、かかる磁場の強度の変更は、必要に応じて、例えば、プロセスの途中等においても行うことができる。また、上記のように磁性体30a, 30bを配置した場合、これらの磁性体30a, 30bを近接させる方向に移動させ、これらが接触した状態とすることにより、真空チャンバ1内を略無磁場の状態とすることができる。

なお、上記のような磁石セグメント22の数及び磁極の数は一例であり、これらの数は適宜変更可能であることは勿論である。また、上記の例では、2個の磁石セグメント22によって1つの磁極を構成するようにしたが、1個の磁石セグメント22によって1つの磁極を構成するようにしても良く、また3個以上の磁石セグメント22によって1つの磁極を構成するようにしても良い。

なお、上述の種々の実施の形態においては、本発明を半導体ウエハのエッチングを行うエッチング装置に適用した場合について説明したが、本発明はこのような場合に限定されるものではない。例えば、本発明は、半導体ウエハ以外の基板を処理する装置に応用可能であり、更には、エッチング以外のプラズマ処理、例えばCVD等の成膜処理装置にも適用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 被処理基板を収容して所定の処理を施すための処理室の外側に設けられ、複数の磁石セグメントを有し、前記処理室内の前記被処理基板の周囲にマルチ
- 5 ポール磁場を形成するマグネトロンプラズマ用磁場発生装置であって、
前記処理室内のマルチポール磁場強度を制御できるようにしたことを特徴とするマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。
2. 前記複数の磁石セグメントの一部は回転可能に設けられて磁化方向が変
- 10 更可能であり、残りの磁石セグメントは固定されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。
3. 前記固定された磁石セグメントの磁化方向は、前記処理室の中心に対し
- 15 て周方向であることを特徴とする請求の範囲第2項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。
4. 前記固定された磁石セグメントの磁化方向は、前記処理室の中心に対し
- て径方向であることを特徴とする請求の範囲第2項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。
- 20 5. 前記複数の磁石セグメントはリング状に配置され、該リング状に配置された複数の磁石セグメントの外側に磁性体のリングを設けたことを特徴とする請求の範囲第2項から第4項の何れかに記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。
- 25 6. 前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置は、上下に分離して設けられた上側磁場発生機構と下側磁場発生機構とを有し、これらの上側磁場発生機構と下側磁場発生機構は互いに接近し或いは遠ざけられるように上下方向に移動可能に構成されたことを特徴とする請求の範囲第1項から第5項の何れかに記

載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

7. 前記複数の磁石セグメントの夫々は略円筒状であることを特徴とすることを特徴とする請求の範囲第1項から第6項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

8. 前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置は、分離して設けられたリング状の上側及び下側磁場発生機構を備え、該上側及び下側磁場発生機構の夫々は磁石セグメントを有し、該磁石セグメントの各々はリング状磁場発生機構の径方向に延ばした軸を中心に回転可能であることを特徴とする請求の範囲第1項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

9. 前記磁石セグメントを回転させることにより、前記処理室内の前記被処理基板の周囲に所定のマルチポール磁場を形成する状態と、前記処理室内の前記被処理基板の周囲にマルチポール磁場を形成しない状態とに設定可能としたことを特徴とする請求の範囲第8項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

10. 前記マグネトロンプラズマ磁場発生装置は、分離して設けられたリング状の上側及び下側磁場発生機構を備え、該上側及び下側磁場発生機構の夫々は磁石セグメントを有し、前記上側及び下側磁場発生機構の一方或いは両方を磁場発生機構の中心軸の回りに回転可能としたことを特徴とする請求の範囲第8項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

11. 前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置は、分離して設けられたリング状の上側及び下側磁場発生機構を備え、該上側及び下側磁場発生機構の夫々は永久磁石セグメントを有し、前記上側及び下側磁場発生機構を互いに接近させ或いは遠ざけるように上下方向に移動可能に構成したことを特徴とする請求の範囲第8項から第10項の何れかに記載のマグネトロンプラズマ用磁場

発生装置。

- 1 2. 前記磁石セグメントの夫々は多角柱状又は円柱状であることを特徴とする請求の範囲第8項から第11項何れかに記載のマグネトロンプラズマ用磁
5 場発生装置。

1 3. 前記処理室と前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置との間に、導電体のリングを配置し、該導電体のリングが回転することを特徴とする請求の範囲第1項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

10

1 4. 前記導電体のリングの回転数は制御可能であることを特徴とする請求の範囲第13項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

- 1 5. 前記マルチポール磁場の磁極の数を変えることにより、前記処理室内
15 のマルチポール磁場強度を制御できるようにしたことを特徴とする請求の範囲第1項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

- 1 6. 前記複数の磁石セグメントの一部を回転可能とし、前記マルチポール磁場の磁極の数を変えることを特徴とする請求の範囲第15項記載のマグネ
20 ロンプラズマ用磁場発生装置。

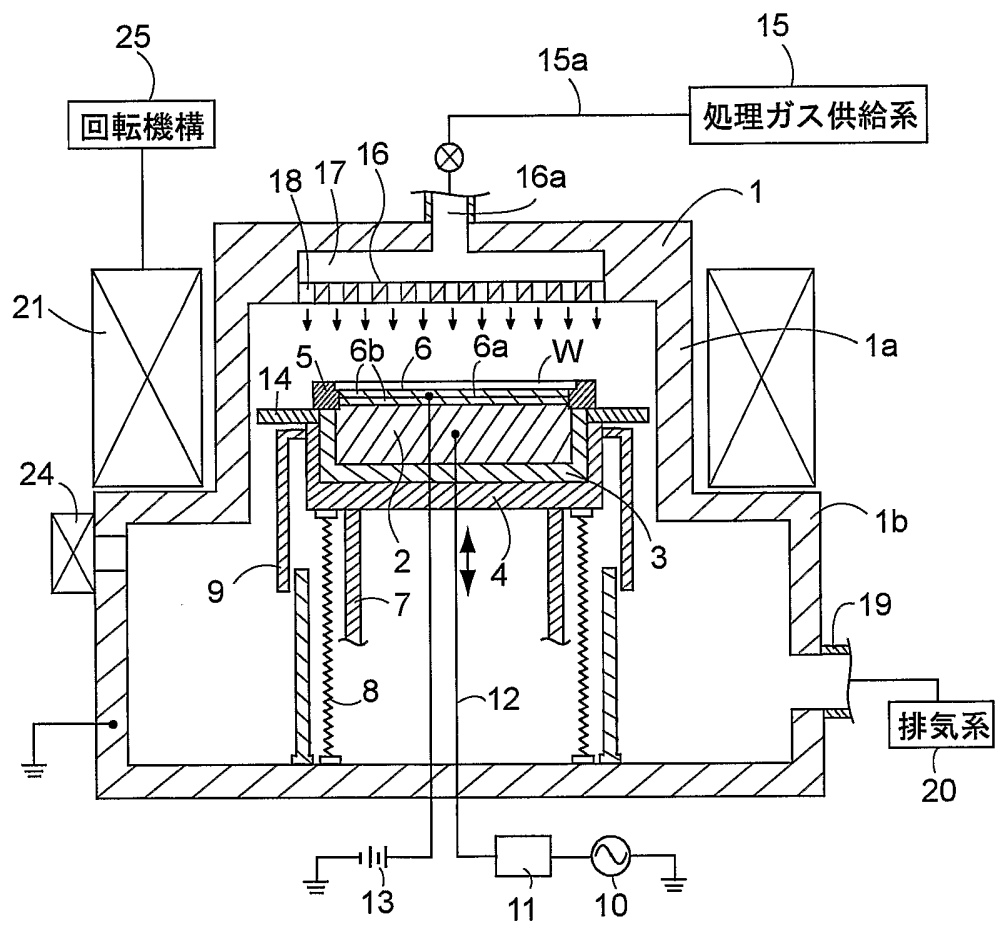
1 7. 前記複数の磁石セグメントを取外し可能とし、前記磁石セグメントを間引くことによって、前記マルチポール磁場の磁極の数を減少させることを特徴とする請求の範囲第15項記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

25

1 8. 前記磁石セグメントと前記処理室との間に、磁性体からなる磁場制御部材を挿入して、前記処理室内に形成されるマルチポール磁場の状態を制御することを特徴とする請求の範囲第15項から第17項の何れかに記載のマグネ
トロンプラズマ用磁場発生装置。

19. 前記マグネトロンプラズマ用磁場発生装置は、分離して設けられたリング状の上側及び下側磁場発生機構を備え、該上側及び下側磁場発生機構の夫々は永久磁石セグメントを有し、前記上側及び下側磁場発生機構を互いに接近させ或いは遠ざけるように上下方向に移動可能に構成したことを特徴とする
- 5 請求の範囲第15項から第18項の何れかに記載のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置。

图 1



2 / 27

図 2

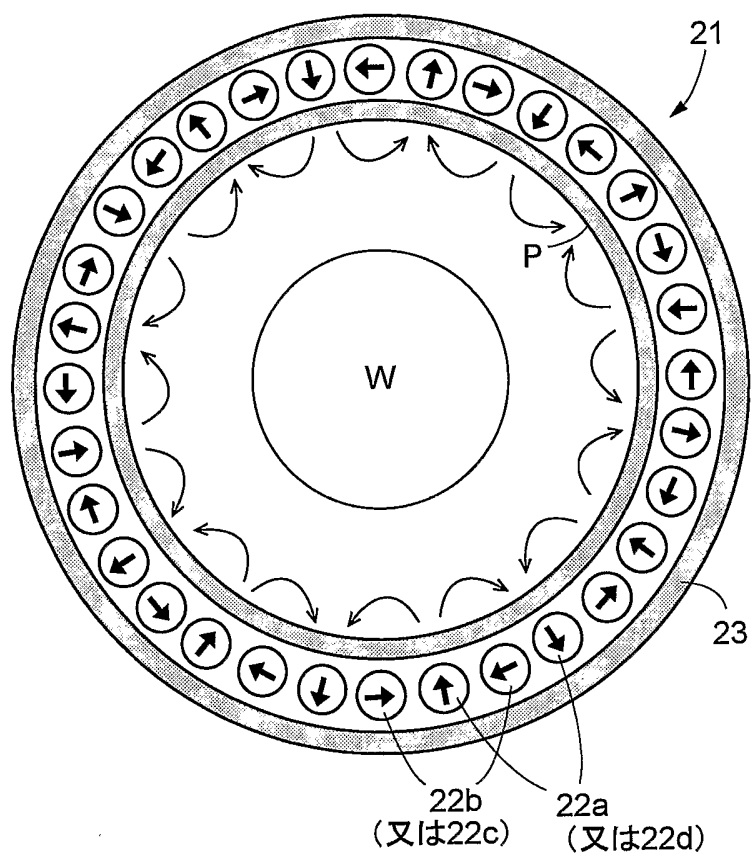


図 3

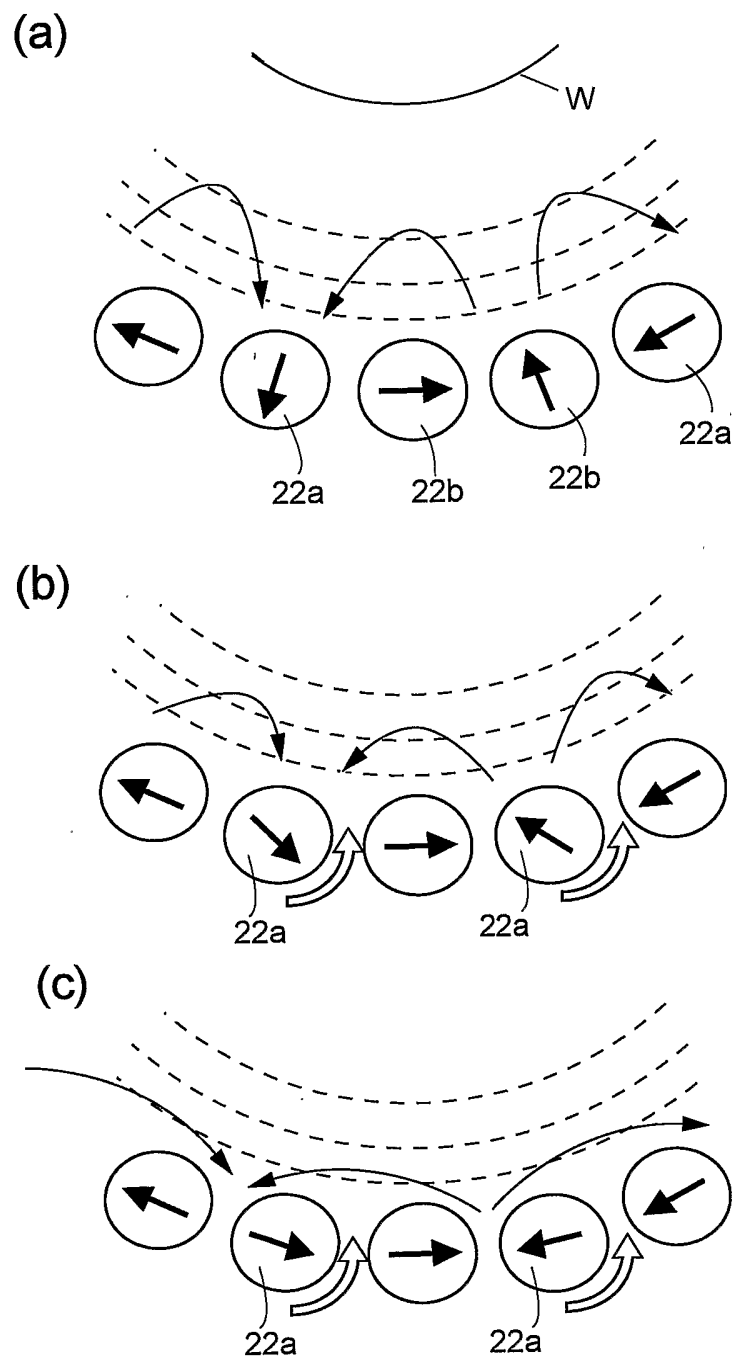
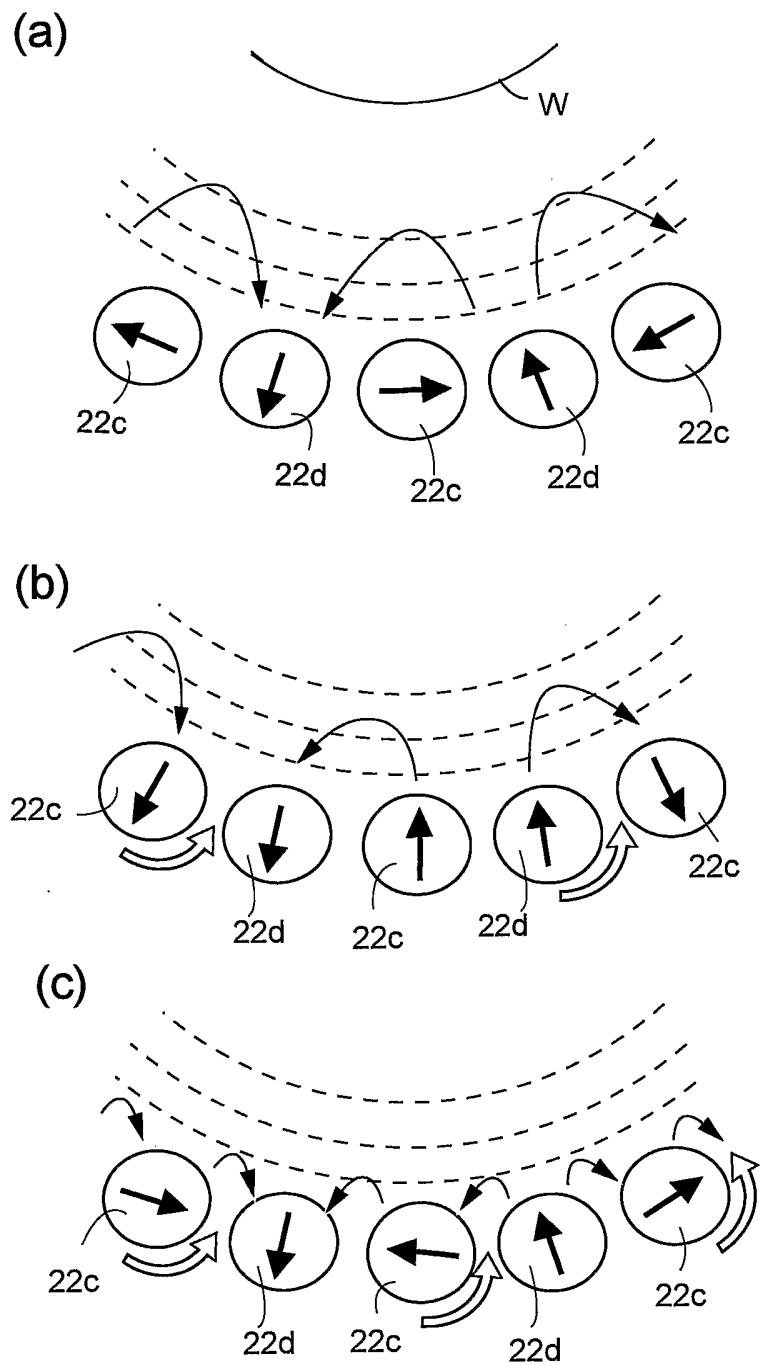
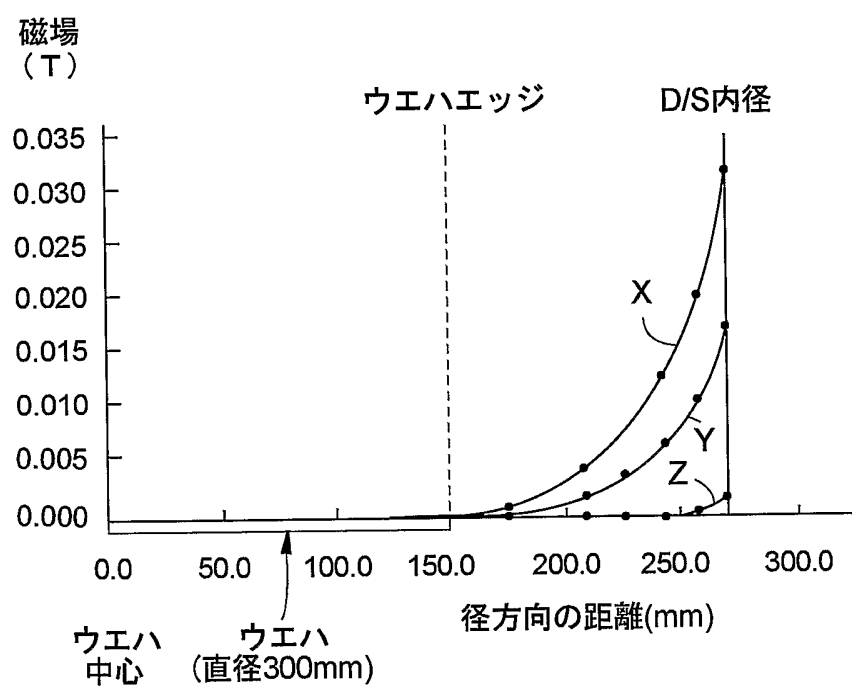


図 4



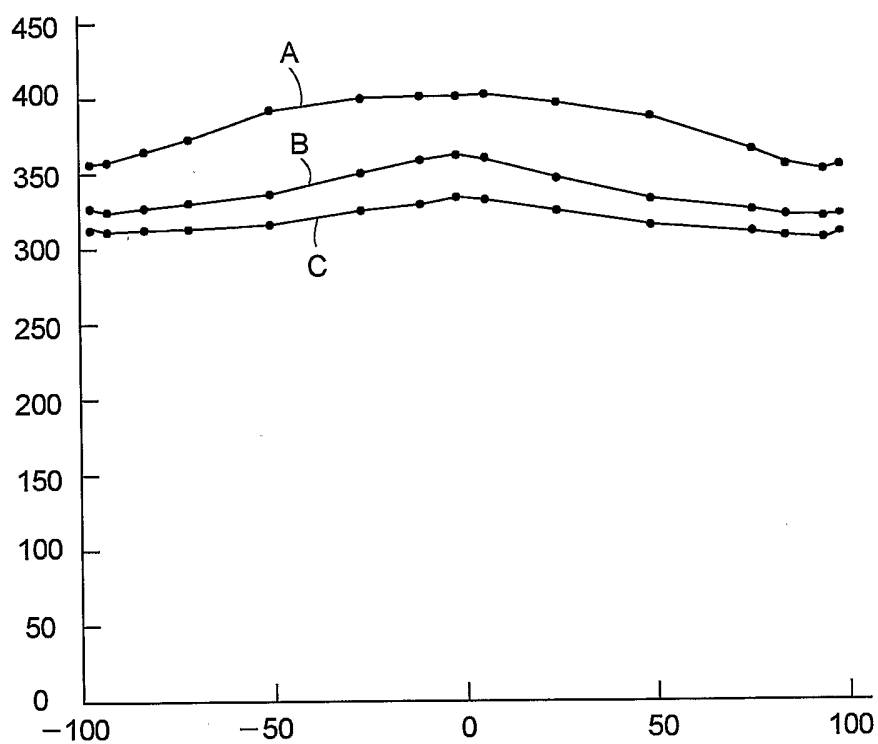
5/27

図 5



6/27

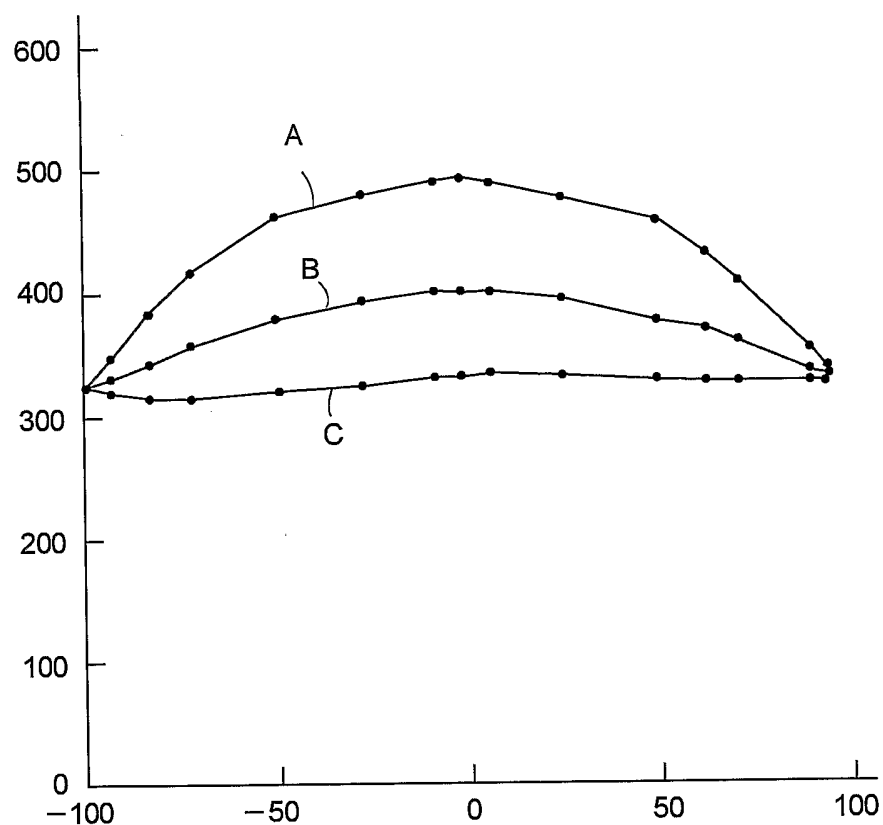
図 6

エッチング速度
(nm / min)

半導体ウエハ中心からの距離 (mm)

図 7

エッチング速度
(nm / min)



半導体ウエハ中心からの距離 (mm)

図 8

エッチング速度
(nm / min)

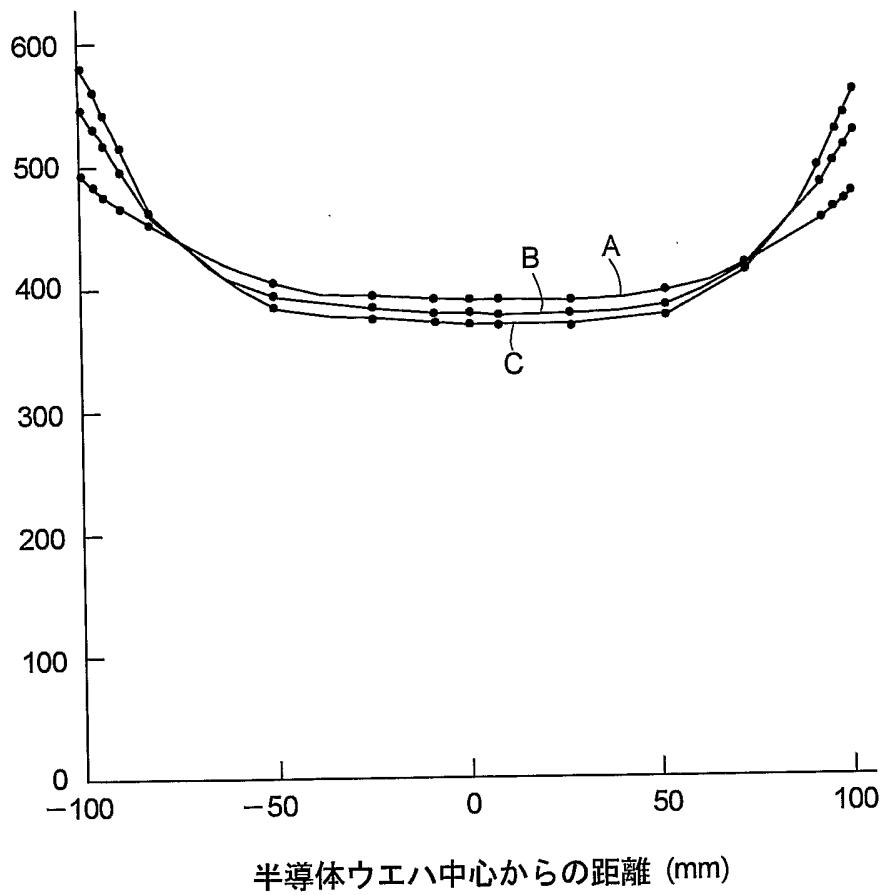


図 9

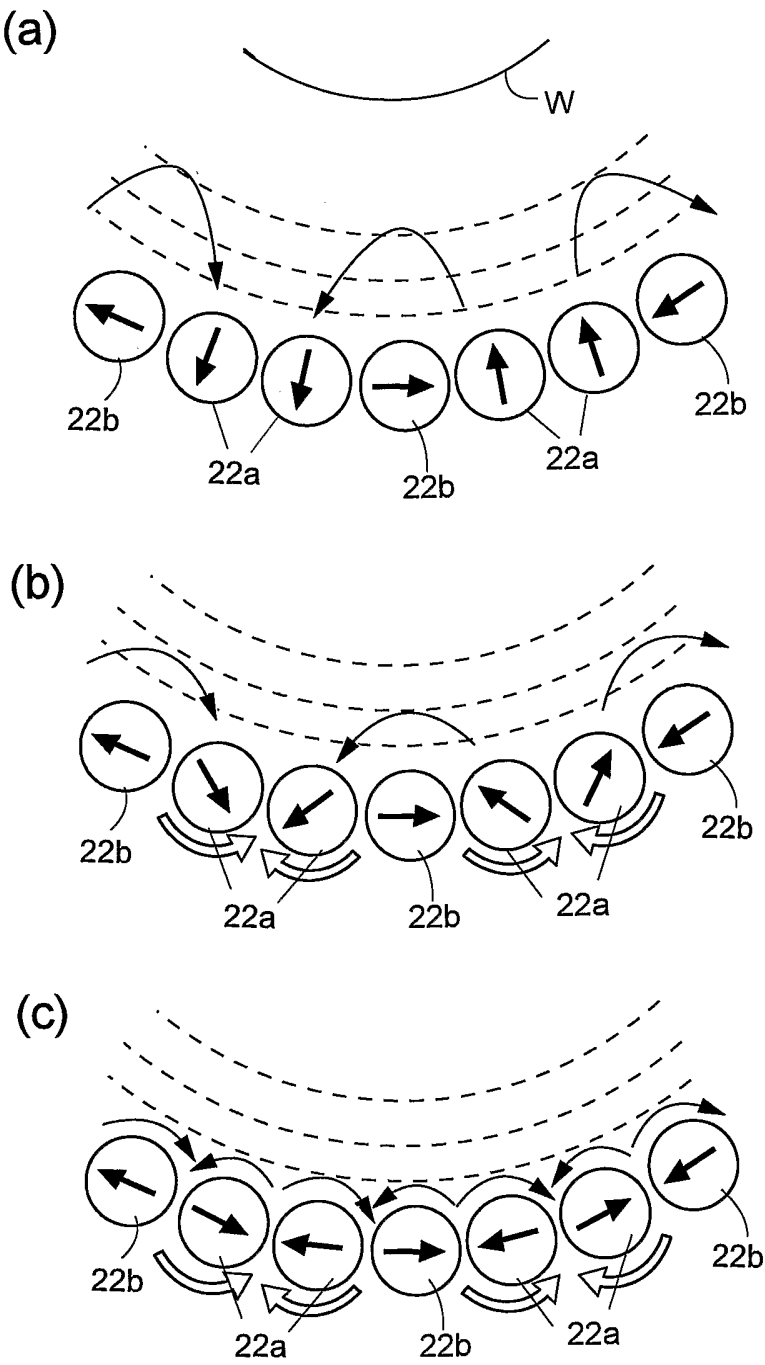


図 10

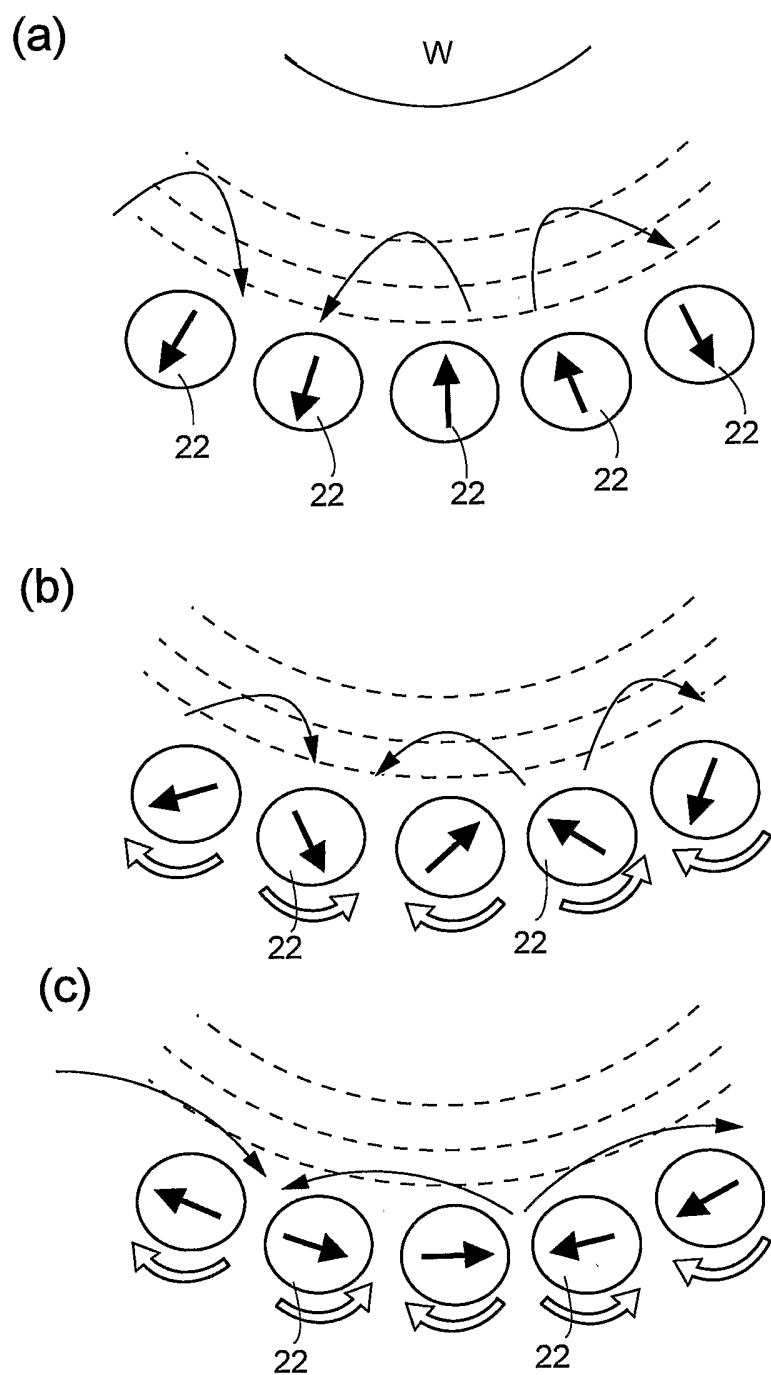


図 11

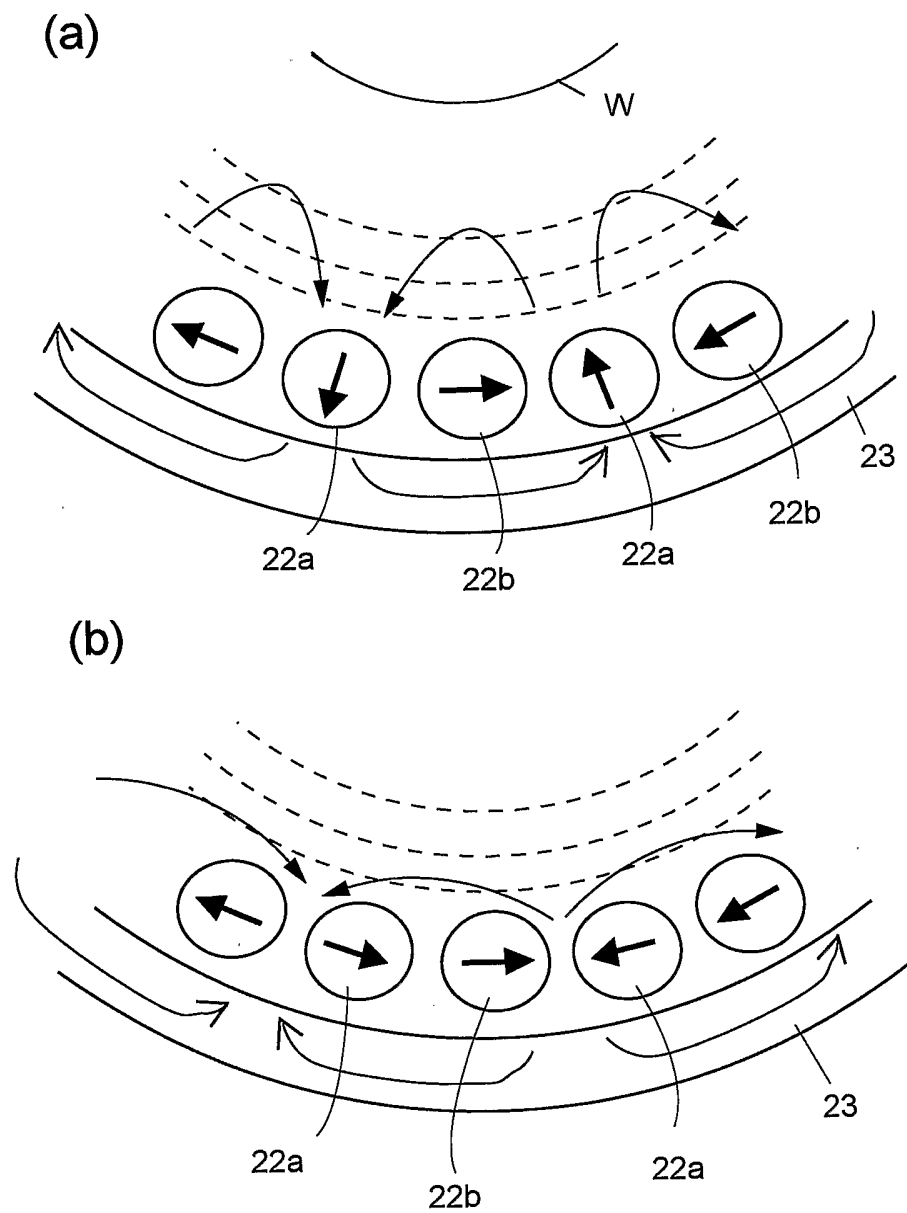


図 12

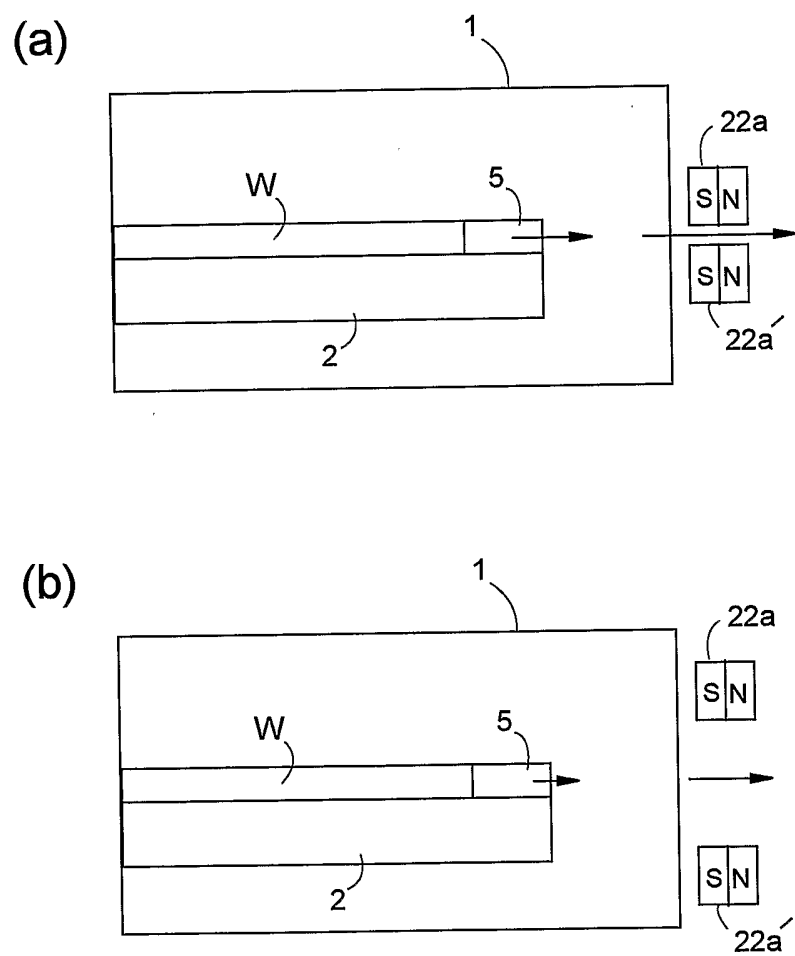


図 13

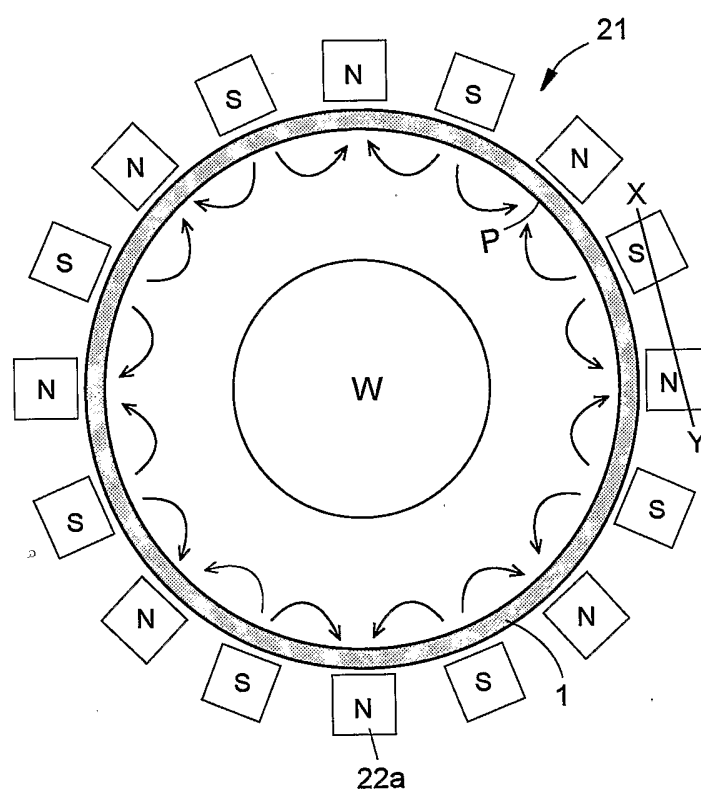


図 14

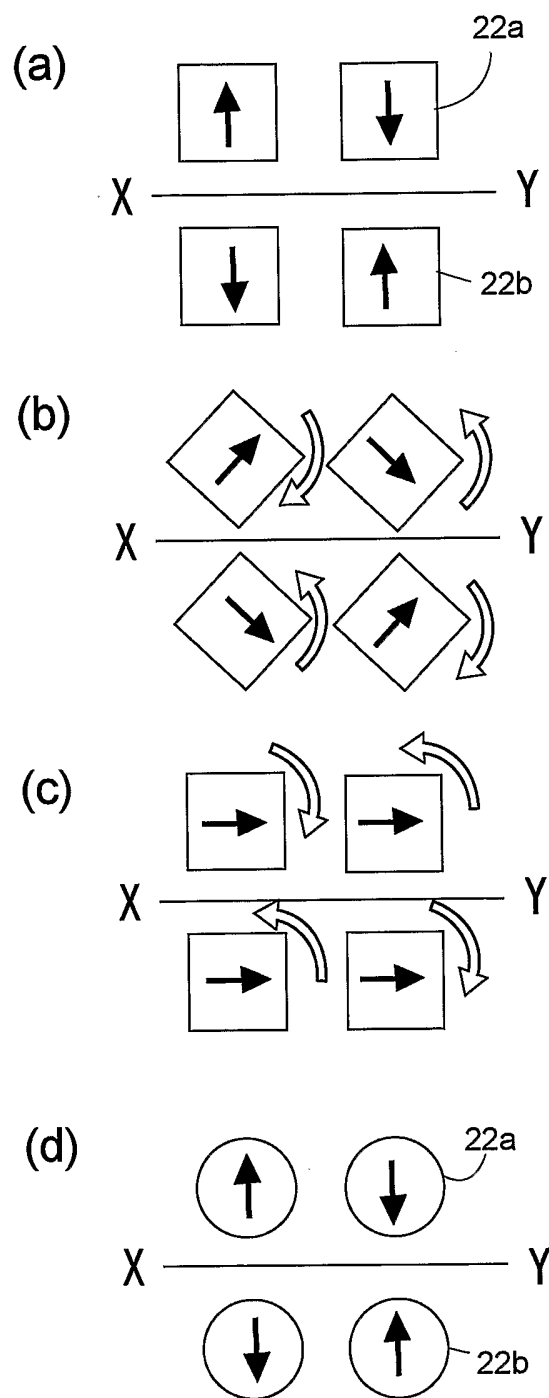


図 15

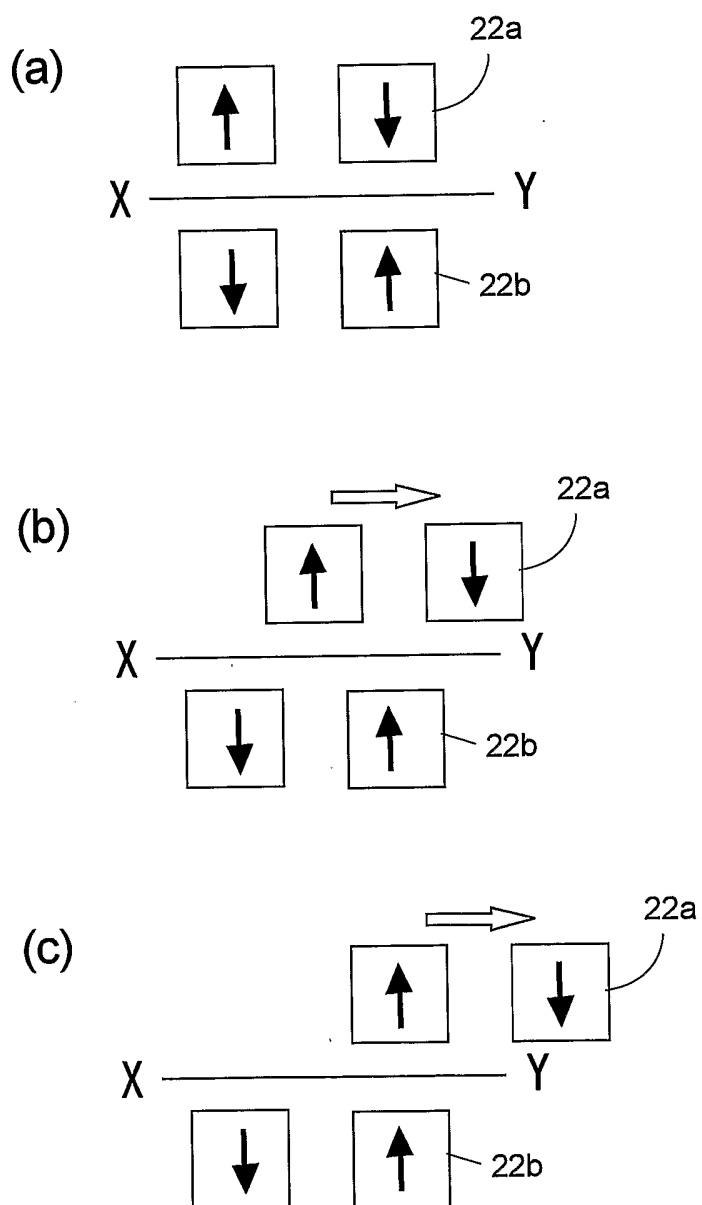
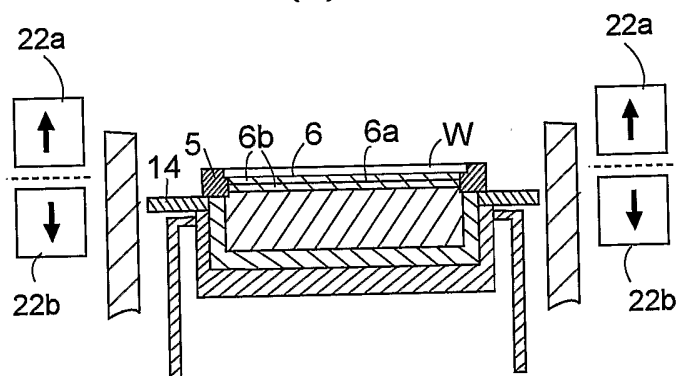


図 16

(a)



(b)

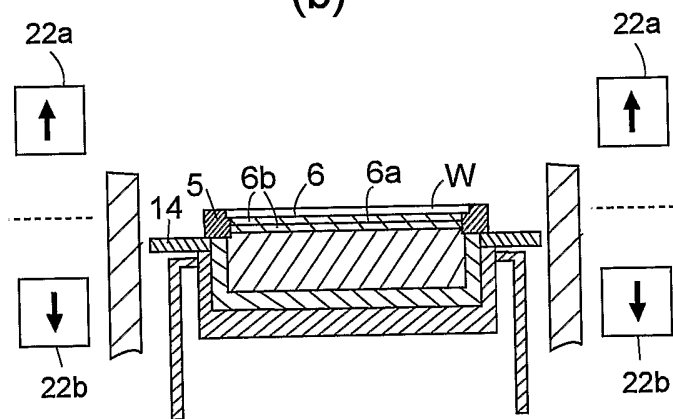


図 17

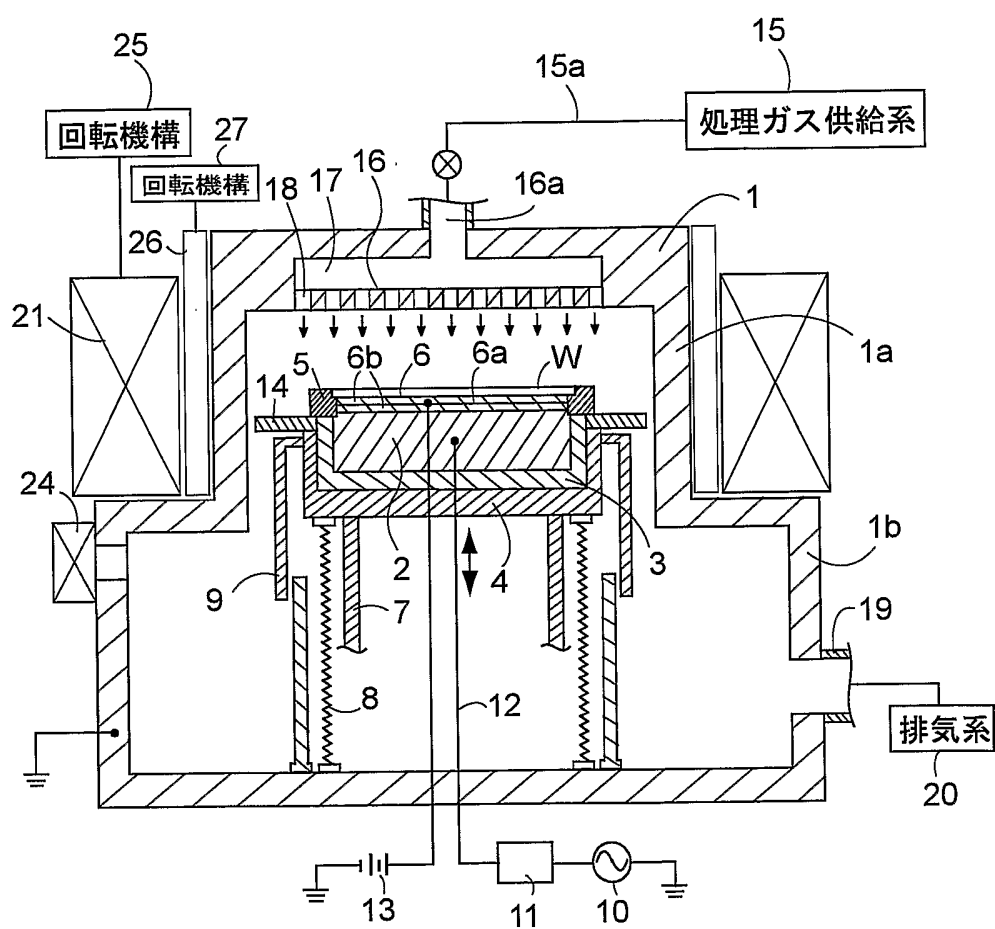


図 18

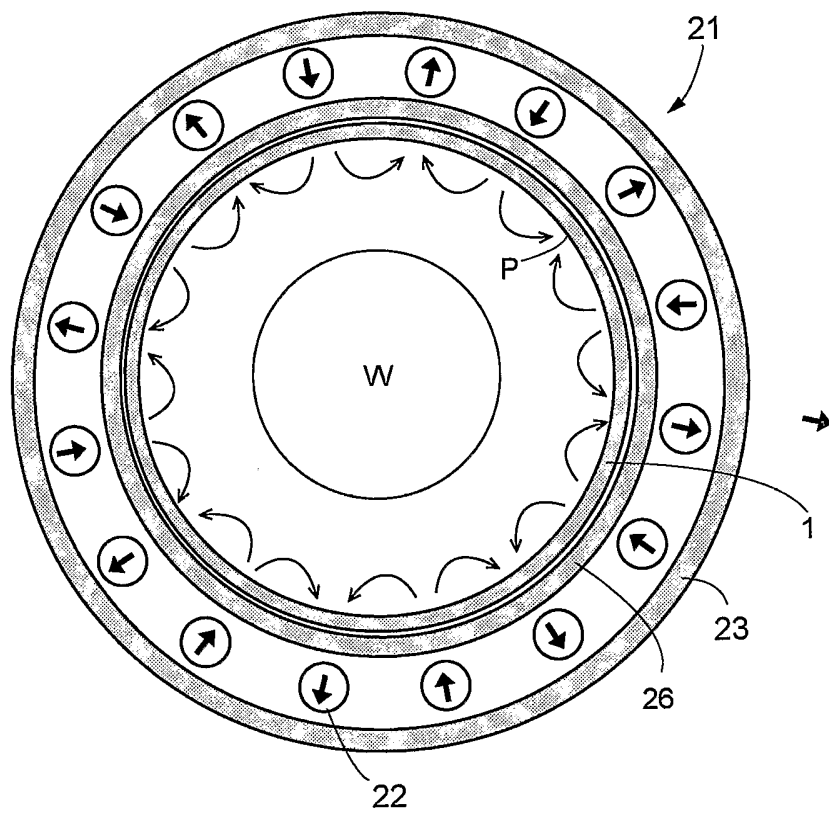
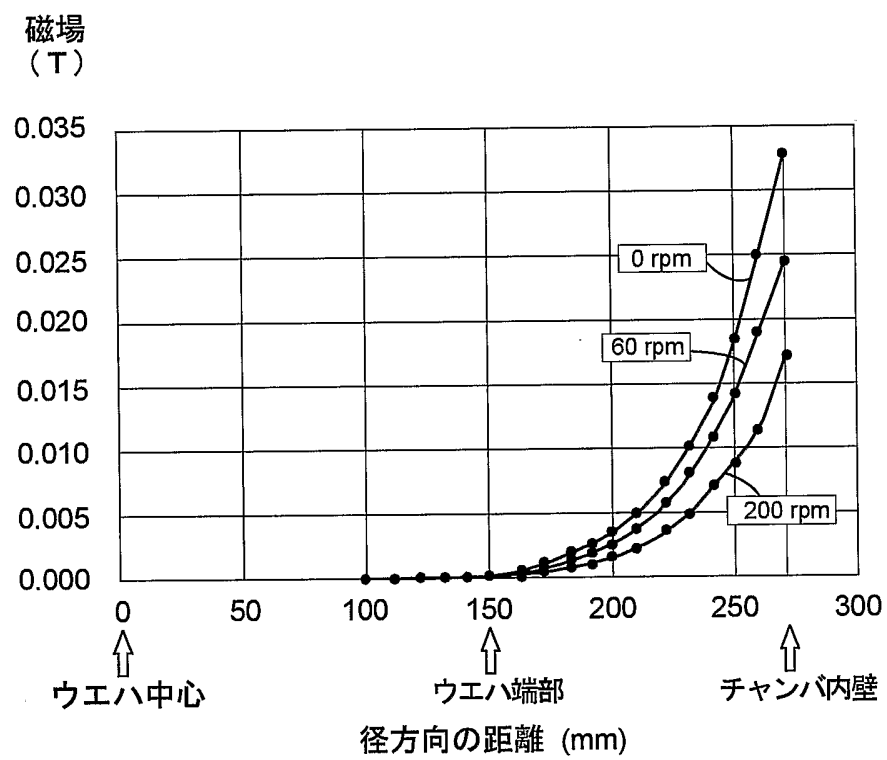
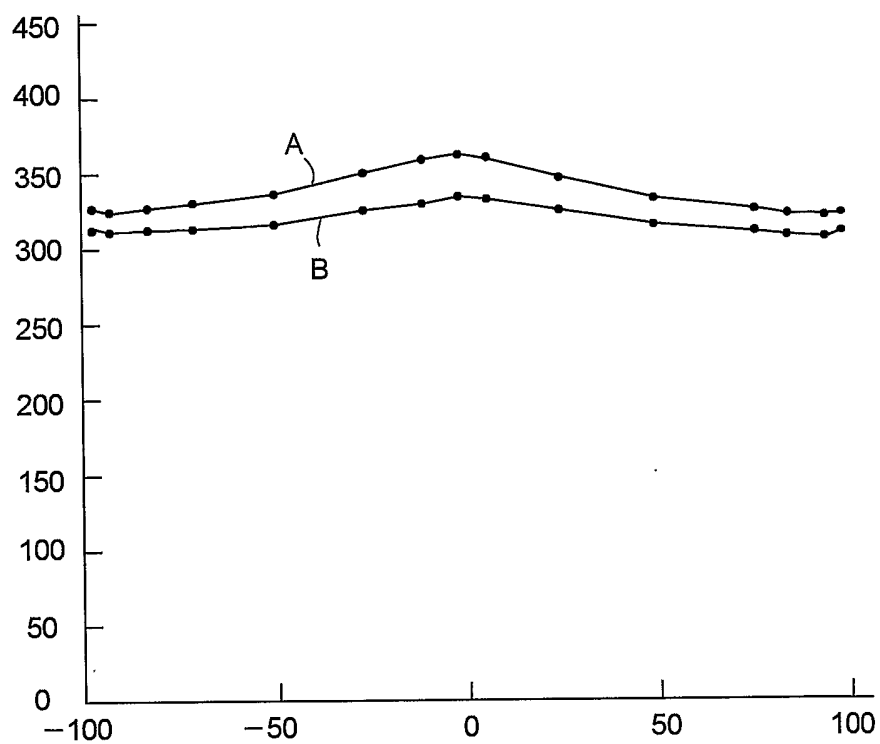


図 19



20 / 27

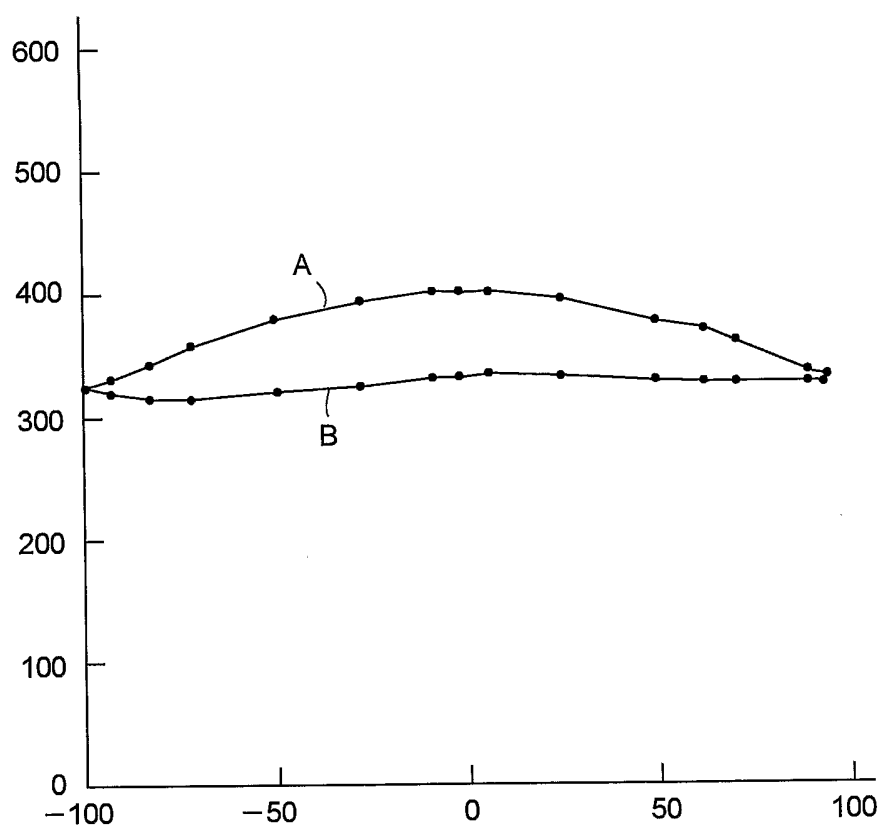
図 20

エッチング速度
(nm / min)

半導体ウエハ中心からの距離 (mm)

図 21

エッチング速度
(nm / min)



半導体ウエハ中心からの距離 (mm)

22 / 27

図 22

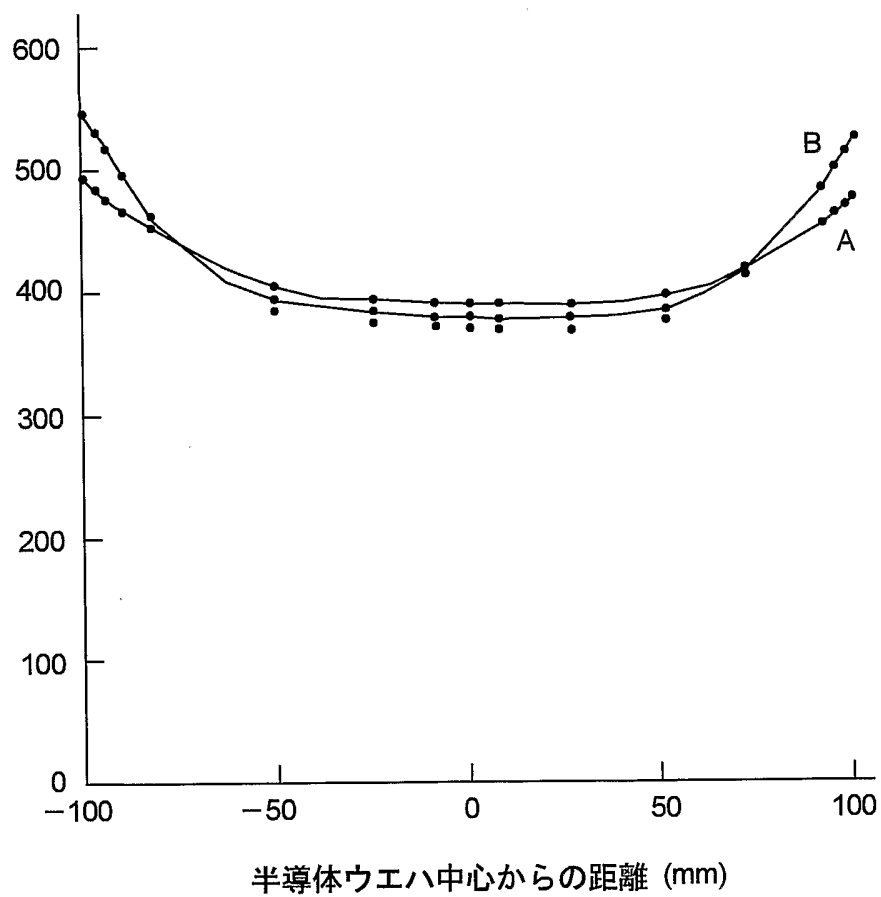
エッチング速度
(nm / min)

図 23

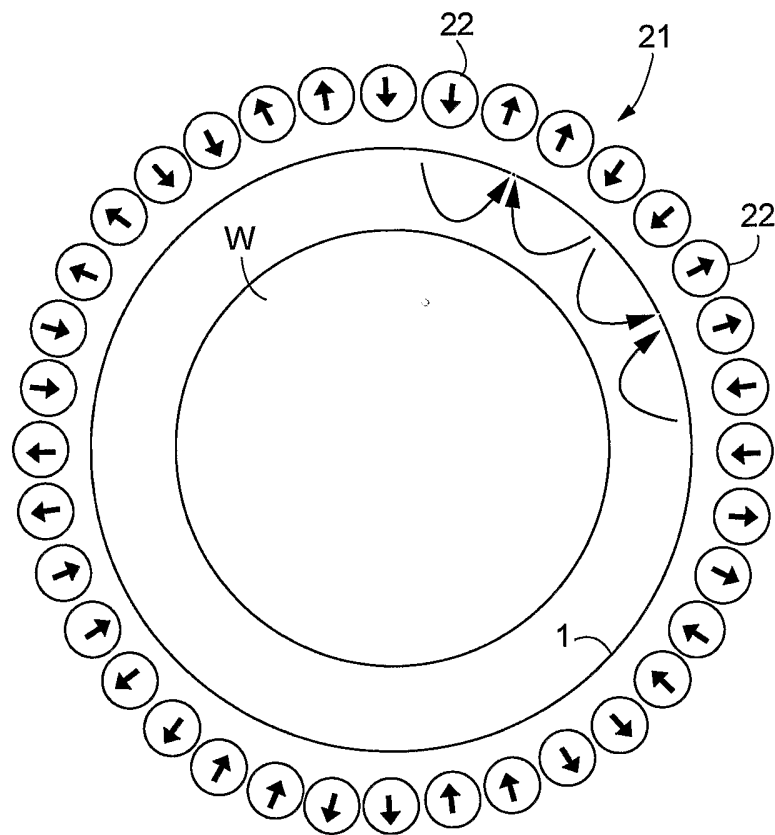


図 24

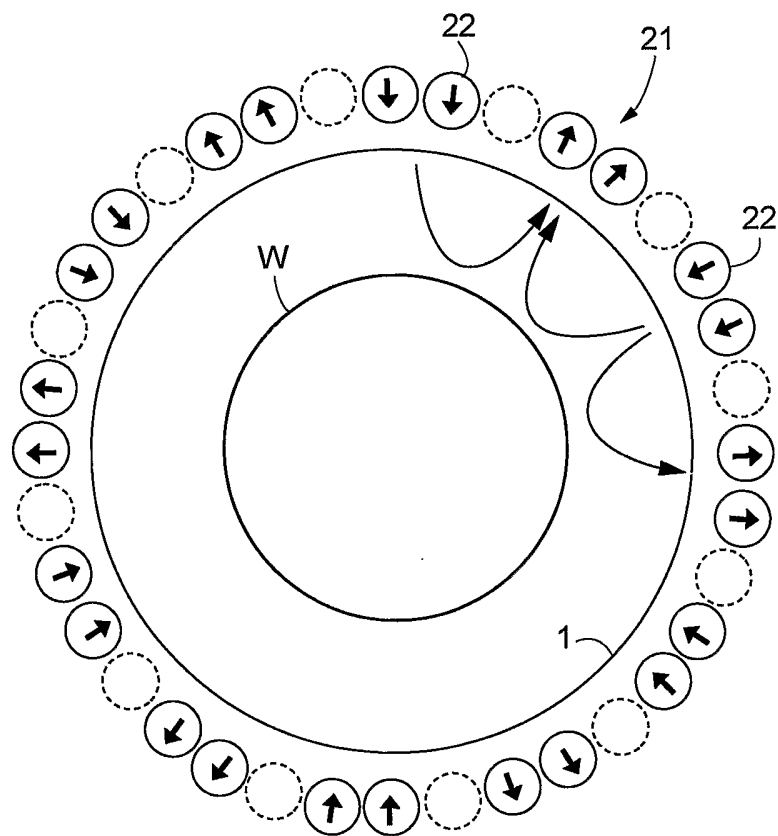


図 25

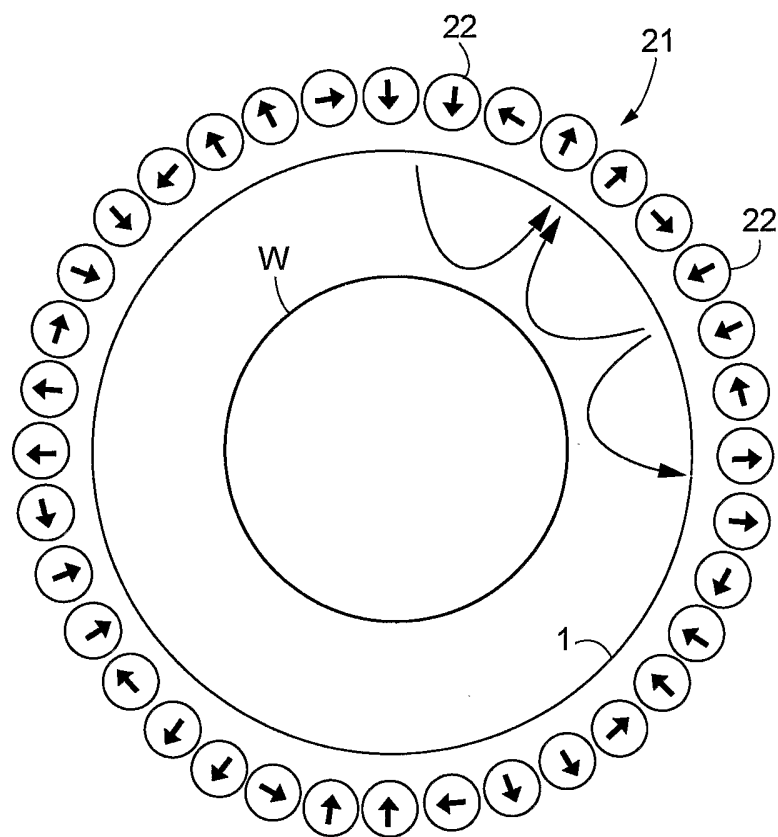


図 26

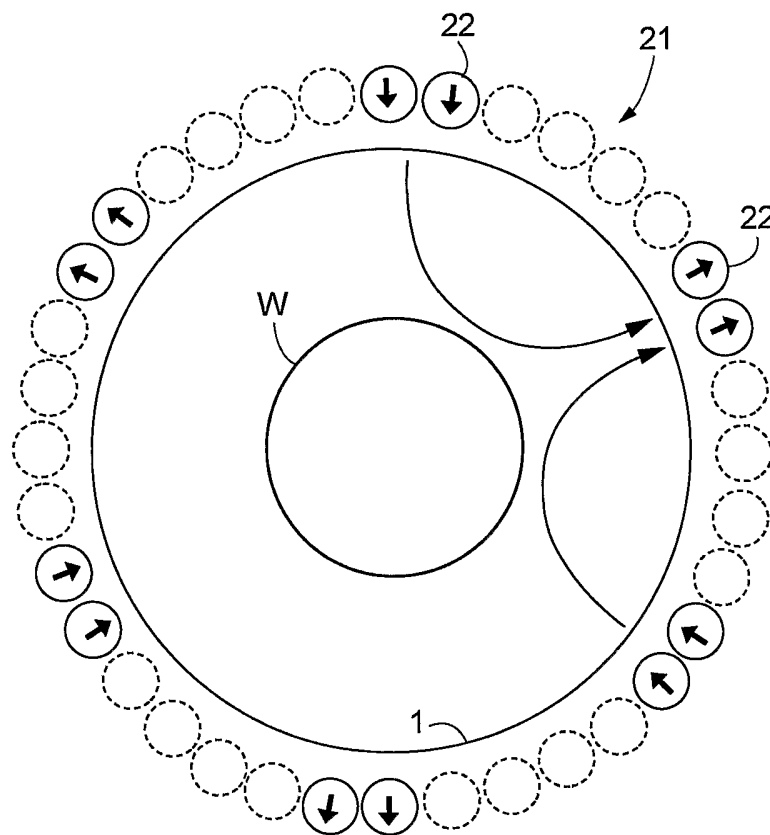
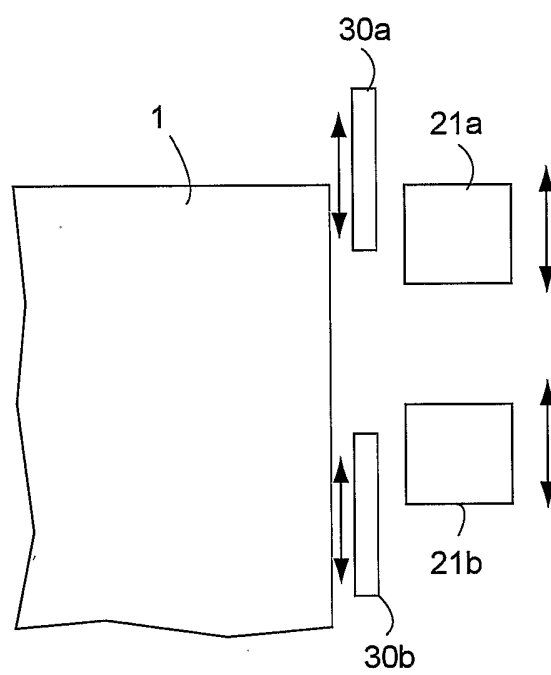


図 27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10583

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/3065

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)
Int.Cl⁷ H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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.
Y A	JP 2001-338912 A (Tokyo Electron Ltd.), 07 December, 2001 (07.12.01), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1, 5-7, 10-12, 15, 17-19 <u>2-4, 8, 9, 13,</u> <u>14, 16</u>
Y A	JP 2002-43234 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 08 February, 2002 (08.02.02), Page 3, left column, line 18 to page 4, right column, line 2; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1, 6, 7, 15, 17-19 <u>16</u>
Y A	JP 8-264513 A (Sony Corp.), 11 October, 1996 (11.10.96), Page 2, right column, line 30 to page 3, right column, line 23; Fig. I (Family: none)	1, 6, 7, 15, 17-19 <u>16</u>

☒ 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 document 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
05 November, 2003 (05.11.03)

Date of mailing of the international search report
25 November, 2003 (25.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10583

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y <u>A</u>	US 4947085 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA), 07 August, 1990 (07.08.90), Column 5, lines 37 to 59; column 8, line 43 to column 9, line 4; Figs. 5, 13 & JP 63-273320 A & JP 63-244614 A	18 <u>5, 10</u>
Y <u>A</u>	JP 3-190127 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 20 August, 1991 (20.08.91), Full text; Figs. 1 to 13 (Family: none)	6 <u>10, 11, 19</u>

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int.Cl ⁷ H01L 21/3065		
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 (IPC))		
Int.Cl ⁷ H01L 21/3065		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003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 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-338912 A (東京エレクトロン株式会社) 2001. 12. 07, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1, 5-7, 10-12, 15, 17- 19
A		2-4, 8, 9, 13, 1 4, 16
☒ 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	国際調査報告の発送日	
05. 11. 03	25.11.03	
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	4R 8223
日本国特許庁 (ISA/JP)	関 和郎	
郵便番号100-8915		
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	電話番号 03-3581-1101	内線 3469

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-43234 A (株式会社日立国際電気) 2002.02.08, 第3頁左欄第18行-第4頁右欄第2行, 第1図-第9図 (ファミリー無し)	1, 6, 7, 15, 17- 19
<u>A</u>		<u>16</u>
Y	JP 8-264513 A (ソニー株式会社) 1996.10.11, 第2頁右欄第30行-第3頁右欄第23行, 第I図 (ファミリーなし)	1, 6, 7, 15, 17- 19
<u>A</u>		<u>16</u>
Y	US 4947085 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 1990, 08.07, 第5欄第37行-第59行, 第8欄第43行-第9欄第4行, 第5図, 第13図 & JP 63-273320 A & JP 63-244614 A	18
<u>A</u>		<u>5, 10</u>
Y	JP 3-190127 A (沖電気工業株式会社) 1991.08.20, 全文, 第1-13図 (ファミリーなし)	6
<u>A</u>		<u>10, 11, 19</u>