

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年7月3日 (03.07.2003)

PCT

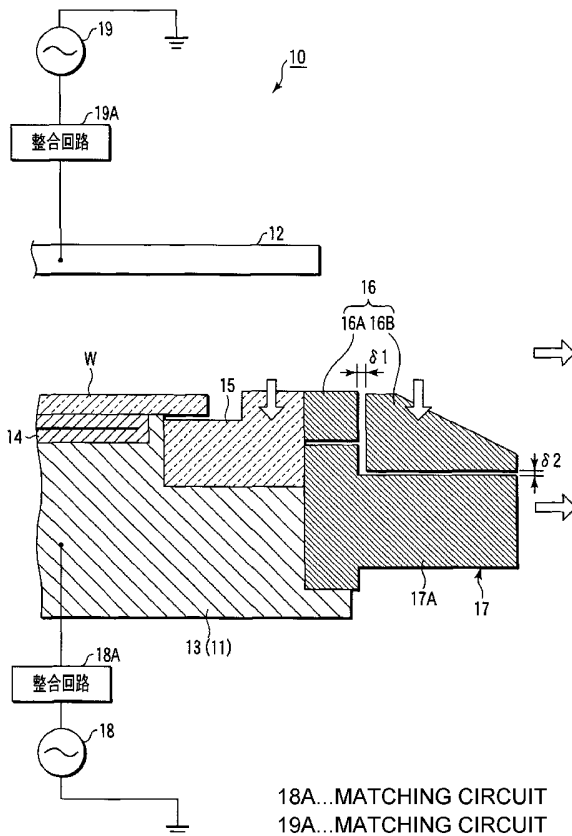
(10) 国際公開番号
WO 03/054947 A1

- | | | |
|---------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) 国際特許分類: | H01L 21/3065 | (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]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP). |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP02/13016 | |
| (22) 国際出願日: | 2002年12月12日 (12.12.2002) | (72) 発明者; および |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 奥石 公 (KOSHI-ISHI, Akira) [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AT株式会社内 Yamanashi (JP). 橋本 充 (HASHIMOTO, Mitsuru) [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AT株式会社内 Yamanashi (JP). 田中 秀朗 (TANAKA, Hideaki) [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AT株式会社内 Yamanashi (JP). 田原 慈 (TAHARA, Shigeru) [JP/JP]; 〒407-8511 山 |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | |
| (30) 優先権データ: | | |
| 特願2001-379375 | 2001年12月13日 (13.12.2001) JP | |
| 特願2002-27630 | 2002年2月5日 (05.02.2002) JP | |
| 特願2002-58833 | 2002年3月5日 (05.03.2002) JP | |

[続葉有]

(54) Title: RING MECHANISM, AND PLASMA PROCESSING DEVICE USING THE RING MECHANISM

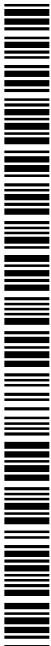
(54) 発明の名称: リング機構及びそのリング機構を用いたプラズマ処理装置



(57) Abstract: A ring mechanism, comprising a focus ring and divided cover rings surrounding a wafer (W) placed on a loading table (lower electrode) mounted in a processing chamber, wherein a ring-shaped clearance $\delta 1$ is provided between the divided rings to spread plasma to the radial outside of the focus ring to allow plasma to enter therein, whereby a potential difference between the wafer (W) and the focus ring can be eliminated to prevent arc discharge by plasma from occurring between the wafer (W) and the focus ring.

18A...MATCHING CIRCUIT
19A...MATCHING CIRCUIT

[続葉有]



WO 03/054947 A1



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). 日向 邦彦 (HINATA, Kunihiko) [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). 大藪 淳 (OOY-ABU, Jun) [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).

(74) 代理人: 鈴江 武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 7 番 2 号 鈴榮特許綜合法律事務所内 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, NO, NZ,

OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, IE, IT, LU, MC, NL, PT, 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。

(57) 要約:

本発明は、処理チャンバー内に搭載される載置台（下部電極）に載置されるウエハ W を囲むフォーカスリングと分割されたカバーリングを備え、フォーカスリングの径方向外側にプラズマを広げるために、分割リング間にリング状の隙間 $\delta 1$ を設けて、プラズマを入り込ませることにより、ウエハ W とフォーカスリングとの間の電位差を無くし、プラズマによるウエハ W とフォーカスリング間でアーク放電を防止するリング機構である。

明 細 書

リング機構及びそのリング機構を用いたプラズマ処理装置

技術分野

本発明は、プラズマ処理装置の電極に近接して設けられ、プラズマを収束し且つ均一的な分布を実現し、異常放電をも防止するリング機構及びそのリング機構を用いたプラズマ処理装置に関する。

背景技術

半導体製造に用いられるプラズマ処理装置は、真空状態を保持可能な真空処理チャンバーと、チャンバー内に配設され且つ被処理体例えば半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と称する）を載置する載置台と、チャンバー内にプロセスガスを供給するガス供給部と、チャンバー内で所定の真空度のプロセスガス雰囲気内にプラズマを発生させるプラズマ発生部とを備える。高周波電源から供給された高周波電力により発生したプラズマは、載置台上のウエハに対してエッチング等のプラズマ処理を施している。

このプラズマ発生部は、図示しない上部電極と下部電極が対向して配置されており、例えば図4に示すように、載置台1は下部電極として機能し、載置台上面には静電チャックが配置されている。

この載置台1の外周には、フォーカスリング2が配置され、静電チャック上のウエハWにプラズマを収束させ

るように作用する。ウエハWの外周縁とフォーカスリング2の内周縁とは、1 mm程度離れている。

さらに、このフォーカスリング2は、絶縁性材料により形成されるカバーリング3によって囲まれている。このカバーリング3は、載置台1に固定されたベースリング4に支持される。以下の説明において、主としてフォーカスリングとカバーリングを含めたものをリング機構と称する。

この構成において、プラズマを発生させてウエハWを処理した際に、プラズマがフォーカスリング2によりウエハWに集束され、ウエハWにエッチング処理等が施される。この従来のリング機構では、プラズマをフォーカスリング2に集束すると、その周辺部分がカバーリング3の近傍までしか達しない。このため、高周波電力（高周波電流）は主としてウエハW及びフォーカスリング2に流れ込み、ウエハW及びフォーカスリング2のそれぞれの電位が高くなる。この時、ウエハWとフォーカスリング2には必ずしも均等に電流が流れ込まないため、両者間の電位差が発生する。その結果、図4に示すようにウエハWとフォーカスリング2間でアーク放電が発生して、ウエハ上に形成する回路素子を破壊する等の問題を生じさせている。

この原因としては、載置台周辺に設けられる構成部位間の隙間が関与しており、出願人による検討の結果、特にカバーリングの構造がアーク放電の発生に大きく影響

していることが判明した。

また、プラズマ処理装置のうち、エッチング処理を行うための装置としては、平行平板型エッチング処理装置が知られている。このエッチング装置は、図19に示すように、真空状態を保持可能な処理チャンバ71内に、下部電極を兼用する載置台72が配置される。その載置台72の載置面と処理空間となるスペースを空けて対向して上部電極76が配置される。上部電極76は、図示しないガス供給系からの処理ガスを処理チャンバ内に導入するためのガス供給部を兼用している。この処理チャンバは排気管73を介して図示しない真空ポンプ系により排気され、真空状態を作り出している。

前記載置台72外周縁上には、載置されるウエハWを取り囲むようにフォーカスリング（内側リング）74と、このフォーカスリング74を固定するためのカバーリング（外側リング）75が設けられている。このフォーカスリング74は導電性又は半導電性の材料により形成され、カバーリング75は絶縁体例えば石英（ SiO_2 ）により形成される。このようなリング機構により、ウエハWにプラズマを収束させつつ、エッチングレートの均一性を向上させている。この例では、図20に示すようにフォーカスリング75は凸形状を成し、上面内側は、ウエハWの厚さ分よりも下がる段77を形成し、上面外側は、カバーリング75の押さえ用つめ部の厚さ分の段78を形成している。これにより、ウエハWの表面とフォ

フォーカスリング 74 とカバーリング 75 の各上面が一平面となるように構成される。

また、カバーリング 75 の外端縁側がテーパ処理され、排気流の流れを均一にしたり、プラズマの均一性を高めるように作用する。さらに、カバーリング 75 が石英により形成された場合には、石英がエッチングされることにより生じる酸素ラジカルをウエハ W のエッチング処理の一部に作用している。

このようなフォーカスリング 74 は、ウエハ W の周縁領域（外端縁近傍領域）のエッチングレートが変化する。一般に、8 インチサイズのウエハ W を処理する場合、フォーカスリング 74 の幅が例えば 30 mm 程度、厚さが 6.5 mm のものが用いられている。この場合には、図 21 に示すように、ウエハ W の周縁領域では一旦急激にエッチングレートが下がり、その後、急峻にエッチングレートが上がる傾向がある。その変化が大きいところは、一般に、ウエハ W の周縁から内側 10 mm 程度である。

従って、レジストマスクが形成されたウエハ W を処理する場合、エッチングレートがウエハの外周縁領域にて急激に大きくなると、レジストマスクの開口部分がウエハ中央部の比べて広げられてしまう。これにより、エッチング形成された配線においては、レジストマスクが元々同じ線幅であっても、ウエハ中央よりもウエハ外周縁領域の線幅が広くなり、ウエハ全面における線幅の均一性が低くなる。

また、レジストマスクはスピン塗布方法等により均一的な厚さに塗布されているため、ウエハの中央に比べて外周縁領域のレジストマスクが早く除去されて薄層化する。つまり、処理中に外周縁領域のレジストマスクが無くなり、被マスク面を露出させてしまう懸念がある。

従って、ウエハWの外周側にデバイスを配置できないため、歩留まりが低くなる。さらにプラズマ処理中のガス雰囲気中の圧力の変動がウエハWの周縁部領域のエッチング速度に大きく影響を与えるため、圧力変化の許容範囲が狭くなる。従って、プロセスガスの圧力変化によりエッチング速度を調整することは難しい制御方法となる。

発明の開示

本発明は、プラズマを生成するための電極に設けられて、被処理体とフォーカスリング間のアーク放電を防止し、処理速度が均一なプラズマ処理を行うことができるリング機構及びそのリング機構を用いたプラズマ処理装置を提供することを目的としている。

本発明においては、真空保持可能な処理チャンバーに搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、前記フォーカスリングの外周と隙間を空けて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記隙間にプラズマを入り込ませて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げるリング機構を提供する。

更に、本発明は、真空保持可能な処理チャンバーと、前記処理チャンバー内の気体を排気して真空状態を作り出す排気系と、前記前記処理チャンバー内に搭載され、被処理体を載置及び保持する機能を有する下部電極と、前記処理チャンバー内に搭載され、処理ガスの導入の機能を有する上部電極と、前記下部電極及び前記上部電極に異なる周波数の高周波電力を印加する高周波電源と、前記下部電極に載置される前記被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、前記フォーカスリングの外周と隙間を空けて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記隙間にプラズマを入り込ませて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げるプラズマ処理装置を提供する。

また、真空保持可能な処理チャンバーに搭載される載置台上に載置される被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、前記フォーカスリングの外周と導電体を介在させて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記導電体を通じて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げるリング機構を提供する。

さらに、真空保持可能な処理チャンバーと、前記処理チャンバー内の気体を排気して真空状態を作り出す排気系と、前記前記処理チャンバー内に搭載され、被処理体を載置及び保持する機能を有する下部電極と、前記処理

チャンパー内に搭載され、処理ガスの導入の機能を有する上部電極と、前記下部電極及び前記上部電極に異なる周波数の高周波電力を印加する高周波電源と、前記下部電極に載置される前記被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、前記フォーカスリングの外周と導電体を介在させて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記導電体を通じて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げるプラズマ処理装置を提供する。

また、真空保持可能な処理チャンパーに搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から囲む第1のリングと、前記第1のリング外周を取り囲み、前記第1のリングの上面よりも低い上面を有する絶縁部材で形成された第2のリングと、で構成され、プラズマ環境下において、前記第2のリングで発生した化学的作用が前記第1のリングの上面により、前記被処理体への影響を防止するリング機構である。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施形態に係るリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概念的な構成を示す断面図である。

図2は、図1に示すプラズマ処理装置における等価回路を示す図である

図3は、図1に示すリング機構におけるウエハとフォ

一カスリング間の電界強度をシミュレーションした結果を示す図である。

図 4 は、従来のリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概念的な構成を示す断面図である。

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態におけるリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概念的な構成を示す断面図である。

図 6 は、第 2 の実施形態におけるリング機構の構成を示す平面図である。

図 7 は、図 6 に示したリング機構の一部の断面構成を示す図である。

図 8 は、第 2 の実施形態によるエッチングレート特性を示す図である。

図 9 A、9 B は、第 2 の実施形態におけるリング機構の作用について説明するための断面図である。

図 10 A、10 B、10 C は、第 2 の実施形態におけるリング機構の作用について説明するための断面図である。

図 11 は、第 3 の実施形態に係るリング機構の断面構成を示す図である。

図 12 A～12 E は、第 1 の検証例について説明するためのリング機構の断面構成を示す図である。

図 13 は、第 1 の検証例におけるエッチングの均一性を示す図である。

図 14 A、14 B は、第 1 の検証例におけるエッチン

グレート特性を示す図である。

図 1 5 は、第 1 の検証例のエッチングにおけるホール形状の例を示す図である。

図 1 6 A、1 6 B は、第 2 の検証例について説明するためのカバーリング機構の断面構成を示す図である。

図 1 7 A、1 7 B は、第 2 の検証例において使用した図 1 6 A、1 6 B の他に使用したカバーリング機構の断面構成を示す図である。

図 1 8 は、第 2 の検証例で異なる真空度におけるエッチングレート特性を示す図である。

図 1 9 は、従来のリング機構を搭載するプラズマ処理装置の一例の断面構成を示す図である。

図 2 0 は、従来のリング機構を説明するための断面構成を示す図である。

図 2 1 は、従来のリング機構におけるエッチングレート特性を示す図である。

図 2 2 は、第 4 の実施形態に係るリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概念的な構成を示す断面図である。

図 2 3 は、第 4 の実施形態における電極及びリング機構の要部の寸法を示すための説明図である。

図 2 4 は、リング機構とエッチング速度の面内均一性とについて説明するための図である。

図 2 5 は、第 4 の実施形態におけるリング機構の作用について説明するための図である。

図 2 6 は、フォーカスリングの外径とウエハ周縁部領

域の電束密度との関係を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明による実施形態について詳細に説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係るリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概略的な構成を示す図である。尚、以下に説明する各実施形態において、主としてフォーカスリング（内側リング）及びカバーリング（外側リング）を含む構成についてリング機構と称している。

このプラズマ処理装置10において、図示しない真空処理チャンバー内に、被処理体例えばウエハWを載置して下部電極として機能する載置台11と、この載置台11の上方にプラズマ空間となる所定の空間を空けて上部電極12と、が配設される。この下部電極13の上面（載置面）には静電チャック14を備えている。

また、下部電極13の外周縁部には、全周に亘って2段のリング状の段部が形成されている。これらの段部のうち、上側の段部には、フォーカスリング15が挿嵌され、下側の段部にはベースリング17が挿嵌されている。このフォーカスリング15は、例えば、シリコンやセラミックにより形成される。つまり下部電極13上面の内側がウエハWの載置面となり、その外周側にはフォーカスリング15が配置されている。この時、ウエハWとフォーカスリング15は直接的に接触しないように上下方向で隙間が設けられている。

そして、下部電極13において、ウエハWの載置面及

びフォーカスリング 15 の載置面には酸化チタン等のセラミック又は、ポリイミド系樹脂等の耐熱性樹脂等の誘電体からなる溶射膜（図示せず）が形成されている。

また、静電チャック 14 は、内部に設けられた電極板へ高圧直流電源（図示せず）から高電圧が印加された際に、ウエハ W を静電吸着する。前記フォーカスリング 15 は、その径方向外側に配置された分割型カバーリング 16 によって囲まれている。このカバーリング 16 は、ベースリング 17 によって支持されている。カバーリング 16 及びベースリング 17 は共に石英によって形成されている。

さらに、下部電極 13 は、高周波電力に対してインピーダンスマッチングを図るための整合回路 18 A を介して第 1 の高周波電源 18 が接続される。また上部電極 12 は、高周波電力に対してインピーダンスマッチングを図るための整合回路 19 A を介して第 2 の高周波電源 19 が接続される。ここでは、第 1 の高周波電源 18 は、第 2 の高周波電源 19 よりも低い周波数の高周波電力を出力する電源である。尚、本実施形態では、下部電極 13 及び上部電極 12 の両方に異なる周波数の高周波電力を印加する例について説明しているが、これに限定されるものではなく、下部電極 13 又は上部電極 12 のいずれか一方に高周波電力を印加させてプラズマを発生させる処理装置に搭載できることは勿論のことである。また、高周波電源以外の装置を用いてプラズマを発生させても

よい。これらは以下に説明する第2実施形態乃至第4の実施形態においても同様である。

第2の高周波電源19は、プラズマ発生用電源として用いられ、第1の高周波電源18がバイアス電位の印加用電源として用いられる。

また上部電極12は、処理チャンバー内にプロセスガス等を均一の濃度で分散して供給するためのシャワーヘッド（図示せず）を有し、プロセスガスの供給に用いられる。

分割型カバーリング16は、例えば、断面が矩形でリング状に形成された第1部品16Aと、第1部品16Aを囲み且つ外側がテーパ処理されたリング状に形成された第2部品16Bとから構成される。ベースリング17は、例えば、上下方向の中程にフランジ17Aを有する筒体として形成されている。

カバーリング16の第1部品16Aはベースリング17上に隙間を有して配置され、第2部品16Bはベースリング17のフランジ17Aに配置されている。そして、第1部品16Aと第2部品16Bの間には所定の隙間 δ_1 が形成され、この隙間 δ_1 が後述のようにプラズマを径方向外側へ広げる役割を果たしている。また、第1、第2部品16A、16Bとベースリング17の間にも隙間 δ_2 が形成されている。この隙間 δ_2 は、カバーリング16及びベースリング17の作製上の公差に基づくものである。

そして、ウエハWにプラズマ処理を行う場合には、チャンバー内の静電チャック14上でウエハWを静電吸着すると共にプロセスガスを処理チャンバー内へ供給し、プロセスガス雰囲気を生成して、下部電極13及び上部電極12にそれぞれの高周波電源18、19から高周波電圧を印加して、両電極間にプラズマを発生させる。このプラズマはフォーカスリング15の作用によりウエハW上に集束され、ウエハWにエッチング等のプラズマ処理が施される。

このプラズマ処理時には、ウエハW上では高密度プラズマが均一に形成され、プラズマの一部がフォーカスリングの外側にも多少掛かる。そして、高周波電源19からの高周波電流がプラズマを介して図1に矢印で示すようにウエハW、フォーカスリング15及びカバーリング16及びチャンバーの内壁面に分かれて流れる。

この時、ウエハWには、従来と同様の高周波電流が流れるが、フォーカスリング15、カバーリング16及び内壁面には従来とは異なった形態で高周波電流が流れる。即ち、カバーリング16は第1、第2部品16A、16Bとして二分割され、第1部品16Aと第2部品16Bの間に設計公差以上の大きさに設定された隙間 $\delta 1$ が設けられている。この隙間 $\delta 1$ 内にプラズマが円滑に入り込み、フォーカスリング15外側のプラズマを径方向外方へ広げることになる。

さらに第1部品16Aと第2部品16Bのそれぞれの

対向面上端角部にテーパ面を設けることによって、隙間 $\delta 1$ 内へプラズマがより入り込み易くすることができる。この隙間 $\delta 1$ 内に入り込んだプラズマが導電媒体として機能し、高周波電流の電流通路を形成して、高周波電流が隙間 $\delta 1$ 内を流れやすくする。その結果、プラズマからカバーリング 16 に流れ込む電流値が高くなる一方、下部電極 13 に流れ込む電流値が低下する。図 2 には、この状態を等価回路として示している。

図 2 に示すようにプラズマ領域 P の内部抵抗 R^P は、フォーカスリング 15、カバーリング 17 及び処理チャンバ内壁面に流れるそれぞれの高周波電流 $I^{rf}_{F/R}$ 、 $I^{rf}_{C/R}$ 、 I^{rf}_{wall} の抵抗成分 $R^{P,r1}$ 、 $R^{P,r2}$ 、 $R^{P,r3}$ に分かれる。プラズマ領域 P とウエハ W、フォーカスリング 15、ベースリング 16 及び上部電極 12 との間にシース容量が形成される。各シース容量は静電チャック 14、溶射膜、カバーリング 16 の静電容量に電氣的に連なっている。

また、静電チャック 14 及び溶射膜のそれぞれの静電容量は、下部電極 13 のコンダクタンスを經由してグラウンド電位に接続する。内壁面のシース容量は直接グラウンド電位に接続する。従って、高周波電流は、ウエハ W、フォーカスリング 15、カバーリング 16 及び内壁面に分流し、最終的にはグラウンド電位に合流する。

また、図 1 に示すように、カバーリング 16 の第 1、第 2 部品 16A、16B 間の隙間 $\delta 1$ があり、また、カ

カバーリング 16 とベースリングの間に隙間 $\delta 2$ があるため、これらの隙間 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ が図 2 に示す容量成分になる。この容量成分を図 2 では隙間 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ として四角で囲んで表示してある。しかも、隙間 $\delta 1$ にはプラズマが介在するため、このプラズマと第 1、第 2 部品 16 A、16 B 及びベースリング 17 間にシース容量が形成される。尚、隙間 $\delta 2$ には、プラズマは殆ど回り込まない。

さらに、プラズマ自体は上述したように内部抵抗を有する。この隙間 $\delta 1$ におけるシース容量及び内部抵抗を図 2 ではプラズマ領域として四角で囲んで表示してある。この結果、高周波電流 $I_{F/R}^f$ がカバーリング 16 を経由してグラウンド電位に流れる際のインピーダンス $Z_{C/R}$ は、隙間 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ の容量成分並びに隙間 $\delta 1$ 内のプラズマの内部抵抗及びシース容量に起因して低下する。インピーダンス $Z_{C/R}$ の低下によってカバーリング 16 を流れる電流値 $I_{C/R}^f$ が高くなる。

カバーリング 16 の電流値 $I_{C/R}^f$ が高くなる結果、下部電極 13 を流れる電流値 I_{BTM}^f が相対的に低くなり、ウエハ W の電位 V_{WAF} 及びフォーカスリング 15 の電位 $V_{F/R}$ が低下して両者間の電位差 ΔV_{W-F} が低下する。従って、ウエハ W 周面とフォーカスリング 15 の対向面間の電界強度が低下して、これらの間のアーク放電を防止することができる。

次に、カバーリング 16 の第 1、第 2 部品 16 A、16 B 間に形成された隙間 $\delta 1$ を設けた場合の効果を検討

するために、プロセス条件を一定とし、本実施形態の分割型カバーリングと従来の一体型カバーリングを用いてウエハW周面とフォーカスリング15の対向面間の電界強度を求める電界シミュレーションを行った。この際、分割型カバーリング16は、第1、第2部品16A、16Bの隙間 $\delta 1$ を1mmに設定した。そして、隙間 $\delta 1$ 内の比抵抗値をパラメータとして用いた。隙間 $\delta 1$ 内に導電体を介在させ、導電体の比抵抗値を $1\ \Omega\text{m}$ 、 $10\ \Omega\text{m}$ 及び $1000\ \Omega\text{m}$ と変化させた場合について電界強度を求めた。この導電体としては、Si、SiC、Al等の適用が考えられる。また、その他のパラメータとして、プラズマの比抵抗値を $1.5\ \Omega\text{m}$ 、下部電極の比抵抗値を $50\ \Omega\text{m}$ 、プラズマ領域Pのインピーダンスを $5\sim 10\ \Omega$ と仮定した。

前記条件でウエハWとフォーカスリング15間の電界強度を求め、図3に示す結果が得られた。図3において、□は分割型カバーリングで隙間 $\delta 1$ 内に導電体を挿入しない場合、◎は隙間 $\delta 1$ に $1\ \Omega\text{m}$ の導電体を挿入した場合、▼は隙間 $\delta 1$ 内に $10\ \Omega\text{m}$ の導電体を挿入した場合、◇は隙間 $\delta 1$ 内に $1000\ \Omega\text{m}$ の導電体を挿入した場合、○は従来の一体型カバーリングを用いた場合の結果を示している。

図3に示す電界シミュレーションの結果によれば、分割型カバーリングであっても隙間 $\delta 1$ 内に導電体が介在しない場合には、従来の一体型カバーリングよりも電界

強度が高くなっていることが判った。隙間 $\delta 1$ 内に比抵抗値が $1000 \Omega m$ と高い導電体を挿入しても導電体が介在しない場合とほぼ同様の結果が得られた。ところが、隙間 $\delta 1$ 内に挿入する導電体の比抵抗値を低くして行くと、電界強度が低下し、導電体の比抵抗値が $10 \Omega m$ の時に一体型カバーリングをほぼ同様の電界強度を示した。導電体の比抵抗値を更に低下させて $1 \Omega m$ にすると、一体型カバーリングと比較して格段に低下することが判った。つまり、導電体の比抵抗値を $10 \Omega m$ 以下の値に設定すれば、一体型カバーリングより電界強度が低下し、ウエハ W とフォーカスリング 15 間のアーク放電を防止することができることが判った。例えば、プラズマの比抵抗値は約 $1.5 \Omega m$ であることから、プラズマ処理時にはプラズマが隙間 $\delta 1$ 内に入り込み、プラズマが導電体として機能して、アーク放電を防止することができることが判った。

以上、本実施形態によれば、フォーカスリング 15 の径方向外側のプラズマを径方向外側へ広げる手段として、フォーカスリング 15 の外側に分割型カバーリング 16 を設けると共に分割型カバーリング 16 の第 1、第 2 部品 16 A、16 B 間の隙間 $\delta 1$ を設けたため、隙間 $\delta 1$ 内にプラズマが入り込み、このプラズマが導電媒体として機能する。

つまり、この隙間 $\delta 1$ が高周波電源 19 からの高周波電流の電流通路となって高周波電流をパスさせる一方、

ウエハW及びフォーカスリング15を流れる高周波電流の差を低減してウエハW及びフォーカスリングの電位差を少なくする。この結果、両者間におけるアーク放電を防止することができる。

尚、前記実施形態ではフォーカスリング15の外側の部品として分割型カバーリング16を設けた場合について説明したが、カバーリング以外の部品を設ける場合にはその部品を分割型にして隙間を設けても良い。

また、本実施形態では分割型カバーリング16を用いた場合について説明したが、一体型カバーリングを用い、このカバーリングに隙間を全周に設けても良く、また部分的に設けても良い。また、本実施形態では分割型カバーリング16の隙間 $\delta 1$ 内に入り込むプラズマを導電媒体として利用しているが、プラズマ以外の導電媒体（導電体）を隙間 $\delta 1$ 内に挿入しても良い。また、被処理体としてはウエハW以外ののものであっても良い。

次に、図5は本発明の第2の実施形態におけるカバーリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概念的な構成を示す断面図である。図6は、この第2の実施形態におけるリング機構の構成を示す平面図である。

このプラズマ処理装置は、例えばアルミニウム等により円筒状に形成された処理チャンバ21を備えており、この処理チャンバ21内には、互いに対向に配設された上部電極22と下部電極23とを備えている。

この処理チャンバ21の側壁部には、ウエハWを搬

入及び搬出するために開口部 27、28 が形成されている。これら開口部 27、28 は、外側からゲートバルブ 29、30 により開閉され、処理チャンバー 21 内は真空状態に保持可能になる。下部電極 23 は、ウエハ W の載置台を兼用するものであり、処理チャンバー 21 の下部に設けられた昇降機構 36 の上に配設され、これにより昇降自在に構成されている。この昇降機構 36 は、例えば油圧シリンダー、又はボールネジとナットの螺合結合機構と、この結合機構を回転駆動するサーボモータ等の組み合わせ機構等により構成される。昇降機構 36 の周囲と処理チャンバー 21 の底壁の内壁との間にはベローズ体 37 が設けられ、これにより処理チャンバー 21 内に発生したプラズマが下部電極 23 の下に入り込まないようにになっている。

この下部電極 23 は、ハイパスフィルタ 38 を介して例えば、2 MHz の周波数を有する電圧を供給する高周波電源部 39 に接続されている。前記ハイパスフィルタ 38 は、上部電極 22 に印加される高周波成分の侵入を阻止するように作用する。

そして、下部電極 23 の上面には、ウエハ W を固定するための静電チャック 24 が設けられている。この静電チャック 24 は、導電性のシート状の電極板 43 と、電極板 43 の全表面をカバーするポリイミド層 44 とで構成され、電極板 43 は、ウエハ W を保持するためのクーロン力を発生させる直流電源部 45 に電氣的に接続され

ている。尚、高周波電力が印加された際には、ウエハWの保持力は増大する。

さらに、下部電極23の周囲には、例えば石英からなる環状のベースプレート40が、その上面が下部電極23と上面の高さと揃えられるように設けられている。前記下部電極23の上面のウエハWの周囲には、下部電極23とベースプレート40の両方に跨って、導電体例えばシリコン(Si)により形成された、第1のリングとなるフォーカスリング(内側リング)25が設けられている。

この内側リング25は、ウエハ端部の濃いプラズマを拡散させ、プラズマの均一性を高めるためのものである。この内側リング25は、電気伝導性に優れ、例えば2Ωのシリコンなどにより形成されることが望ましい。但し、導電性に限らず半導電性のものにより形成してもよい。この内側リング25の周囲には、ベースプレート40の上面に絶縁体例えば、石英(SiO₂)により形成された第2のリングをなす環状のカバーリング(外側リング)26が設けられている。これら内側リング25及び外側リング26は、例えば、図6に示すように、夫々例えば下部電極23に載置されたウエハWと同心円状に配設されている。

この外側リング26は、内側リング25を下部電極23及びベースプレート40を押さえるカバーリングとしての役割と、内側リング25と共にウエハW端部から内

側リング 25 上方までのプラズマの均一性を高める役割と、後述するように処理チャンバー 21 内のガスの流れを整流する役割と、外側リング 26 が石英により形成されている場合には、後述するように石英がエッチングされることにより発生する酸素ラジカルによりウエハのエッチングを助長するという作用を有している。

図 7 は、内側リング 25 と外側リング 26 で構成されるリング機構の断面構成を示す。この図において、下部電極 23 上に載置されたウエハ W と内側リング 25 と外側リング 26 との、夫々の上面の高さ位置の関係を示している。内側リング 25 と外側リング 26 では、ウエハ W の表面（被処理面）と上面の高さが略同じ高さに設定された平坦面部 48 と、この平坦面部 48 の外方側に設けられた凸部 49 と、この凸部 49 の外周側に設けられ、凸部 49 よりも上面の高さが低い外側リング 26 との構成である。

具体例としては、内側リング 25 は、例えば 8 インチサイズのウエハ W を処理する場合、下部電極 23 に載置されたウエハ W の外周縁から僅かに離れた位置に内端部 50 を有し、前記ウエハ表面と上面の高さが略同じ高さに設定されている第 1 の平坦面部 48 と、この平坦面部 48 の外方側に設けられた凸部 49 と、前記平坦面部 48 と凸部 49 とを結ぶテーパ部 51 とを備えている。

また内側リング 25 の凸部 49 の外方側は、凸部 49 よりも低い段部 52 に形成され、この段部 52 上に内側

リング 25 を固定するように外側リング 26 の内端側が載せられる。

この段部 52 上の外側リング 26 が載せられた場合、外側リング上面は平坦面部（第 2 の平坦面部）46 を形成する。この平坦面部 46 の上面の高さは、例えば内側リング 25 の平坦面部 48 の上面と略同じ高さに設定されている。そして外側リング 26 の平坦面部 46 の外方側は外に向かってテーパ部（傾斜面）47 として形成されている。

このようなリング機構においては、内側リング 25 と外側リング 26 は共に、下部電極 23 に載置されたウエハ W 表面と上面が略同じ高さである平坦面部 48、46 を有しており、内側リング 25 の平坦面部 48 と外側リング 26 の平坦面部 46 との間には凸部 49 が形成されている。

この際、内側リング 25 及び外側リング 26 の大きさの一例を示すと、例えば 8 インチサイズのウエハ W に対しては、内側リング 25 全体の幅 A は 29.0 mm、第 1 の平坦部 48 の幅 a は 18 mm、第 1 の平坦部 48 の厚さ b は 6.5 mm、傾斜部 51 の幅は、1 mm、凸部 49 の幅 d は 10 mm、凸部 49 の厚さ e は 7.5 mm、ウエハ W と内側リング 25 の内端部 50 との距離 f は 1 mm、第 2 の平坦面部 46 の幅 g は 10 mm に設定されている。

ここで、図示するようにウエハ表面と平坦面部 48 上面が略同じ高さに設定されているとは、これらの高さが

後述するようにエッチングによりレジスト膜に形成されるホール（孔部）の深さ方向の傾きが見られない程度に一致していることを示唆している。例えば、両方の上面の高さ位置の差が1 mm以内であることをいう。また内側リング25と外側リング26との間に設けられた凸部49により、この凸部49の高さはウエハの周縁領域のエッチングレートがその他の領域に比べて大きくなならない程度の高さであればよく、例えば1 mm程度であればよい。

さらに内側リング25の平坦面部48の幅aは後述の検証例により例えば10 mm以上であれば、レジスト膜のエッチングレートの面内均一性が高く、エッチングにより形成されるホールの深さ方向の傾きも発生しないことが確認されている。

前記処理チャンバー21の例えば、底壁に設けられたベローズ体37の外側には、排気口が開口され、排気管41を介して真空ポンプ42が接続されている。処理チャンバー21内の処理ガスは、この真空ポンプにより排気され、下部電極23の周囲から排気されるようになっている。この際、外側リング26の傾斜面47に沿って排気流が流れるため、下部電極23の周囲から均一に排気される。このように外側リング26は、処理チャンバー21の内部のガスの流れを調整するように作用している。

また上部電極22は、処理チャンバー21内で下部電極23と対向する内上面壁に設けられ、中空構造であり

下面（対向）側面には多数のガス拡散孔 3 1 が開口されている。この上部電極 2 2 にはガス供給管 3 2 が接続され、ガス供給管 3 2 から供給された処理ガスがこれらのガス拡散孔 3 1 を介して、処理チャンバー 2 1 内部にシャワー状に拡散するように供給される。この構成により、上部電極 2 2 と下部電極 2 3 との間で、ウエハ W の略全面と対向するガス供給領域（プロセスガス雰囲気）が形成される。

さらに、上部電極 2 2 は、ローパスフィルタ 3 3 を介して高周波電源部 3 4 に接続されている。この高周波電源部 3 4 は、高周波電源部 3 9 よりも高い周波数、例えば 6 0 M H z の周波数を有する高周波電力を出力する。前記ローパスフィルタ 3 3 は、下部電極 2 3 に印加される高周波成分が高周波電源部 3 4 へ侵入することを阻止する。上部電極 2 2 の対向面側周囲には、環状の石英により構成されたシールドリング 3 5 が外周部に嵌め込まれており、これにより上部電極 2 2 を固定している図示しないネジをプラズマから保護している。

続いて、プラズマ処理装置におけるプラズマ処理の作用について説明する。

まず、外部から図示しない搬送機構により、開放されたゲートバルブ 2 9、3 0 を経て、処理チャンバー 2 1 内の下部電極 2 3 上にウエハ W を載置し、静電チャック 2 4 で保持する。この後、ゲートバルブ 2 9、3 0 を閉じる。このウエハ W は、表面にレジストマスクが形成さ

れている。

次に、真空ポンプ 4 2 により処理チャンバー 2 1 内を排気し、所定の真空状態した後、所定量のプロセスガス、例えばエッチングガスを上部電極 2 2 のガス拡散孔 3 1 で均一に拡散させて導入する。

処理チャンバー 2 1 内では、真空ポンプ 4 2 (若しくは図示しない排気バルブ) の制御により、例えば数 mTorr ~ 数十 mTorr の真空度のプロセスガス雰囲気を作成する。このプロセスガス雰囲気に上部電極 2 2 に高周波電源部 3 4 から例えば、60 MHz の高周波電圧を印加し、また所定時間例えば、1 秒以下のタイミングを遅らせて、下部電極 2 3 に高周波電源 3 9 から例えば、2 MHz の高周波電圧を印加する。これらの印加により、プロセスガス雰囲気にプラズマが発生する。

このプラズマ中の反応性イオンは、ウエハ表面のレジストマスク及び露出するウエハ W の表面をエッチングする。この時、石英により形成される外側リング 2 6 はエッチングに伴って酸素ラジカルを発生し、この酸素ラジカルはエッチング作用に寄与する。

ここで、ウエハ W の外周側に導電性または半導電性よりなる内側リング 2 5 が設けられ、この内側リング 2 5 の外側に絶縁性の外側リング 2 6 が設けられている。このため、ウエハ端部の濃いプラズマが内側リング 2 5 に引き寄せられる状態で拡散し、さらに外側リング 2 6 上のプラズマが内側リング 2 5 に引き寄せられるため、ウ

エハWの端部から内側リングの上方側までプラズマの密度がほぼ均一になる。

内側リング25は、ウエハ表面とほぼ同じ高さになる平坦面部48と、この平坦面部48の外周側でやや高い凸部49とが設けられた形状である。これと共に、隣接する外側リング26の上面の高さが、この凸部49よりも低くなるように構成する。この形状により、ウエハW表面のレジストマスクのエッチング特性は、例えば、図8に示すように、周縁領域においてもエッチングレートの急峻な立ち上がりや急峻な立ち下がりが抑制されて、ウエハの面内においてほぼ均一になり、これによりウエハ面内において均一なエッチング処理を行うことができる。

このようにエッチングレートの急峻な立ち上がりが抑えられるのは、プラズマによるエッチングによって外側リング26から発生した酸素ラジカルが、例えば図9Aに示すように外側リング26の上面は隣接する凸部49の上面よりも低いため、凸部49を越えられずにウエハWの外周縁近傍領域に直接飛散してこないことが想定される。

これに対し、例えば図9Bに示すように、内側リング25に凸部49を設けず、内側リング25とウエハWと外側リング26との夫々の上面の高さがほぼ同じである場合には、外側リング26からウエハWの外周縁領域まで酸素ラジカルが直接飛散していくと考えられる。この

領域では、この酸素ラジカルによりレジスト膜が燃焼し、この熱によりエッチングレートが大きくなってしまう。このように内側リング 25 に凸部 49 を設けると、ウエハの周縁領域のレジスト膜が酸素ラジカルで燃焼し、これによりエッチングレートが大きくなるといったことが起こらないので、エッチングレートが急峻な立ち上がる現象の発生が抑えられると想定される。

これらの事項は、後述の検証例により明らかになるように、ウエハ上面のレジスト膜にエッチングより形成するホールの深さ方向の傾きも抑えられる。このようにホールの深さ方向の傾きが抑えられるのは、次のような理由に基づくものと考えられる。内側リング 25 は導電性の高いシリコンにより形成されている。内側リング 25 のウエハに隣接する側の上面は、ウエハ W 上面と同じ高さに揃えられ、第 1 の平坦面部 48 が 10 mm 以上とある程度の長さに設定されているので、ウエハに隣接する内側リング 25 上面に対し、電界は垂直に入射する方向を向く（図 10 A 参照）。

ここで、エッチングに用いるイオンは電界の方向に沿って運動するので、前記イオンはウエハ W の周縁領域においても垂直に入射する。これによりウエハ W の周縁領域のホールにおいても垂直にエッチングが行われる。またこのようにウエハ W の周縁領域においても電界が垂直に入射する方向を向いていることから、高い効率で面内均一性の高いプラズマ処理を行うことができ、エッチング

レートの高い面内均一性を確保できる。

一方、内側リング 25 の凸部 49 がウエハ W に近すぎると、内側リング 25 は導電性であるため、凸部 49 に対して電界は曲がった状態で入射する方向に傾いてしまう（図 10 B 参照）。このため、この影響を受け、凸部 49 に近いウエハの周縁領域においては、前記エッチングに用いるイオンが斜めに入射し、これによりウエハの外周縁領域のホールでは斜めにエッチングされるので、ホールの深さ方向の傾きが発生するためと考えられる。

また従来のように、内側リング全体の厚さを大きくすると、図 10 C に示すように、電界ベクトルが外側に傾くため、その結果、ウエハの周縁領域においては電界が外側を向いてしまう。入射電子は、電界の方向に従うのでホールの曲がりが発生すると考えられる。また、このようにウエハ W の周縁領域ではエッチングに用いるイオンが傾いて入射するので、その他の垂直に入射する領域に比べてこの斜めに入射する領域ではエッチングレートが急激に小さくなってしまう。

以上のように本実施形態では、ウエハの面内全体に亘って均一なプラズマ処理を行うことができるので、ウエハ面内のエッチングレートをほぼ均一に揃えることができる。このため、ウエハの中央部と周縁領域との間でエッチングレートの差が無くなり、エッチングにより形成された配線の線幅の均一性が確保できる。またレジストマスクの一部のみが無くなって、エッチング処理終了

前に被マスク面が露出してしまおうといったおそれもない。

さらに、ウエハWの外周縁領域までエッチングレートが均一であるので、ウエハWの外周縁付近までデバイス領域を広げることができ、1ウエハ当たりに製作されるデバイス数を増やすことができる。またプラズマにより外側リング26から発生する活性種のウエハWの周縁領域への飛散が抑えられるので、外側リング26の材質がウエハWの処理に与える影響が小さくなり、外側リング26の材質の選定の際の自由度が高くなる。

次に本発明の第3の形態について説明する。

図11は、第3の実施形態に係るリング機構の断面構成を示す図である。

前述した第2の実施形態では、内側リング61上面に凸部が設けられていたが、この実施形態では、外側リング62上面の高さが内側リング61上面よりも例えば1mm程度低く設定されている。勿論、この1mm程度の差に制限されるものではなく、この差がウエハの周縁部のエッチングレートがその他の領域に比べて大きくなならない程度の高さであればよい。

図11において、上面が平坦な内側リング61と、外側リング62の大きさの一例を示すと、内側リング61の幅hは29mm、厚さiは6.5mm、外側リング62の平坦面の幅jは10mm、内側リング61の内端部64と静電チャック24上のウエハWの外縁との距離kは1mm、内側リング61と外側リング62との高さの差は1mmと

している。

このような構成によれば、プラズマ処理時に外側リング 6 2 から発生した酸素ラジカルが内側リング 6 1 を飛び越えることができないので、ウエハ W の周縁領域が酸素ラジカルにより燃焼するといった現象が起こるおそれがない。このため、エッチングレートをウエハ面内に亘って揃えることができ、均一な処理を行うことができる。

前述した第 2 の実施形態の効果を確認するために行った検証例 1 と、第 3 の実施形態の効果を確認するために行った検証例 2 について説明する。

[検証例 1]

先ず、図 1 2 A ~ 1 2 E に示すように、5 つのタイプの内側リング 2 5、6 4、6 5、6 6、6 7 (内側リング 6 5 ~ 6 7 は凸部が設けられていないタイプ) を用意し、同じ処理条件でエッチングを行って、エッチング処理の均一性を検査した。

(検証のための実験条件)

図 1 2 A のタイプ (実験例 1) は、上述した実施形態で説明したタイプの内側リング 2 5 であり、平坦面部 4 8 の長さ a が 2 0 mm であり、平坦面部 4 8 の厚さが 6 . 5 mm、凸部 4 9 の厚さが 7 . 5 mm のもの

図 1 2 B のタイプ (実験例 2) は、実験例 1 の内側リング 6 4 において、平坦面部 4 8 の長さ a を 1 0 mm としたもの

図 1 2 C のタイプ (比較例 1) は、内側リング 6 5 が

平坦であり、厚さが 6.5 mm であって、ウエハ表面と内側リング 6.5 表面との高さ位置がほぼ同じであるもの

図 1.2 D のタイプ（比較例 2）は、内側リング 6.6 が平坦であり、厚さが 7.5 mm であって、ウエハ W 表面より内側リング 6.6 表面の高さ位置が高いもの

図 1.2 E のタイプ（比較例 3）は、内側リング 6.7 が、内側から外側に向けて徐々に高くなるように傾斜していき、内側の厚さが 6.5 mm、外側の厚さが 7.5 mm であって、ウエハ表面の高さ位置とほぼ同じ厚さからウエハ表面より高さ位置が高くなる厚さに変化するもの

このとき処理条件は以下の様に設定され、実験例 1、2 と比較例 1、2 の内側リング 2.5、6.4、6.5、6.6 に対してプロセス圧力を変えて同様の実験を行った。またエッチング処理の均一性は、ウエハ面内の 37 点の測定点を設定し、それらのエッチングレートを測定し、この最大値と最小値と平均値とにより、

$(\text{最大値} - \text{最小値}) / (2 \times \text{平均値})$ を算出して求めた。

（処理条件）

上部電極に印加する高周波電圧：2170 W

下部電極に印加する高周波電圧：1800 W

エッチングガス組成：C₅F₈ガス / Ar ガス / O₂ガス

= 1.5 sccm / 380 sccm / 1.9 sccm

エッチング時間：1 分

プロセス圧力：1.5 mTorr、2.5 mTorr、3.5 mTorr、5

0 mTorr

(検 証 結 果)

この結果を図 1 3 に示すが、これにより比較例 1 のタイプの内側リングに対して、実験例 1、2 のタイプと比較例 2 のタイプの内側リングを用いた場合にはエッチング処理の均一性が向上することが認められた。

また、エッチングレートにおけるウエハ面内分布の形状を数値化したところ、図 1 4 A、1 4 B に示すような結果が得られた。図 1 4 B では最も大きいプロット（実験例 1 を例にすると、最も大きい▲）が 1 5 mTorr、最も小さいプロットが 3 5 mTorr、間の大きさのプロットが 2 5 mTorr の結果を示している。

また図 1 4 A 中 x は、ウエハの中央とウエハの外端縁から 1 5 mm 内側の位置のエッチングレートの差、y はウエハの外端縁から 1 5 mm 内側の位置とウエハの外端縁から 3 mm 内側の位置のエッチングレートの差であり、x、y が小さいほど分布が平坦であり、原点（0，0）に近いほど均一性がよいことを示している。またグラフの周りに、グラフのエリア毎のエッチングレート分布の形状を示す。

この結果より、実験例 1、2 のエッチングレート分布は、原点に近いところにプロットされており、比較例 1、2 に比べてエッチングレートの均一性が向上していることが認められた。また実験例 1、2 は比較例 1、2 に対して、データの推移の程度が小さく、エッチングレート

の均一性の圧力依存性が緩和されていることが理解される。

また実験例 1、2、比較例 2、3 の内側リングを用いて、前述した処理条件にて、幅 $0.3 \mu\text{m}$ 、深さ $2 \mu\text{m}$ のホールを $1.2 \mu\text{m}$ 間隔で形成するエッチング処理を行った。このホールの形状を断面 SEM にて確認したところ、図 15 に示す結果が得られた。ここで「位置 1」はウエハ中央、「位置 2」はウエハの外端縁から 4.0mm 内側の位置、「位置 3」はウエハの外端縁から 2.5mm 内側の位置である。

この結果、実験例 1、2 の内側リング 25 では、ウエハの外端縁 2.5mm の位置までホールの曲がりが見られなかったのに対して、比較例 2、3 の内側リングではウエハの外端縁 4.0mm の位置と、 2.5mm の位置にてホールの曲がりが見られた。

比較例 2、3 の内側リング 66、67 でホールの曲がりが発生するのは、比較例 2 では、ウエハ W の外端縁付近では、電界が外側に向いており、比較例 3 では傾斜面が長いことによりこれに沿って電界が曲がってしまう。このように電界が曲がるとエッチングに用いるイオンの入射方向は電界の方向に向いてしまうので、これにより夫々のケースでホールの伸びる方向が曲がってしまうためと考えられる。

以上の検証により、内側リング 25 の内側をウエハ表面の高さ位置と略一致する高さの平坦面部 48 とし、外

側をこの平坦面部 48 より高さ位置の高い凸部 49 として、内側リング 25 全体の幅を 29 mm、凸部 49 の高さを 1 mm 程度、平坦面部 48 の長さを 10 mm 以上とすることにより、エッチングレートの急峻な立ち上がりや急峻な立ち下がり、ホールの曲がりや抑制された一定的なエッチングレート特性となり、均一なエッチングが行われていることが確認された。

[検 証 例 2]

(検 証 の た め の 実 験 条 件)

この実験例では、図 16 A、16 B、図 17 A、17 B に示すタイプの内側リングと外側リングを用意し、同じ処理条件でエッチングを行って、エッチング処理の均一性を検査した。

図 16 A のタイプ (実験例 3) は、前述した第 1 の実施形態で説明したタイプの内側リング 25 あり、平坦面部 48 の長さ a が 20 mm、平坦面部 48 の厚さが 6.5 mm、凸部 49 の厚さが 7.5 mm のものであって、外側リング 26 の上面の高さが凸部 49 の上面から 1 mm 低く設定されているもの、

図 16 B のタイプ (比較例 4) は、内側リング 25 は実験例 3 と同じであり、外側リング 68 の上面の高さが凸部 49 の上面と同じ高さに設定されているものである。

図 17 A のタイプ (実験例 4) は、凸部が設けられていないタイプの内側リング 61 であり、幅が 29 mm、厚さが 6.5 mm のものであって、外側リング 62 の上面の

高さが内側リング 6 1 の上面より 1 mm 低く設定されているもの、

図 1 7 B のタイプ（比較例 5）は、内側リング 6 1 は、外側の段部が実験例 4 よりも高くなっており、外側リング 6 9 の上面の高さが凸部 4 9 の上面と同じ高さに設定されているものである。

またエッチング条件は以下の通りとし、プロセス圧力を変えて同様の実験を行った。またエッチング処理の均一性は、検証例 1 と同じ手法により求めた。

（エッチング条件）

上部電極に印加する高周波電圧：2 1 7 0 W

下部電極に印加する高周波電圧：1 8 0 0 W

エッチングガス組成：C₅F₈ガス / Ar ガス / O₂ガス

= 1 5 sccm / 3 8 0 sccm / 1 9 sccm

エッチング時間：7 分 3 0 秒

プロセス圧力：1 5 mTorr、2 5 mTorr、3 5 mTorr

（検証結果）

実験例 3、比較例 4 の結果については、図 1 8 に示し、ここで実験例 3 は□、比較例 4 は○として夫々示している。この特性図においては、変動幅が小さい程エッチングレートの均一性が良いということを示しており、実験例 3 の方が変動幅が小さく、エッチングレートの均一性が良好であることが確認された。また実験例 4、比較例 5 の結果についても実験例 4 の方が変動幅が小さく、エ

エッチングレートの均一性が良好であることが確認された。

これらの結果により外側リング上面の高さを内側リングの上面より低く設定することにより、ウエハの周縁領域でのエッチングレートの急峻な立ち上がりや急峻な立ち下がりを抑え、エッチングレートの高い面内均一性を確保できることが確認された。

また実験例 3、4 について、エッチングにより形成されるホールの深さ方向の曲がりの発生状態を調べたところ、ホールの曲がりの発生は認められなかった。

以上によように本発明では、プラズマ処理としてエッチング処理を例に挙げて説明したが、本発明はプラズマ CVD 装置やプラズマアッシング装置、プラズマスパッタ装置などの他のプラズマ処理装置にも適用することができる。また、プラズマの発生手法としては、本発明の構成に限らず、コイル型の高周波アンテナにより高周波電力を印加することによりプラズマを発生させるものであってもよい。さらに被処理体としては、半導体ウエハに限らず、LCD 基板などであってもよい。

第 2、第 3 の実施形態によれば、フォーカスリング（内側リング：第 1 のリング）とカバーリング（外側リング：第 2 のリング）の形状の最適化を図ることにより、プラズマ処理時に酸素ラジカルの影響を防止して、被処理体の面内に亘って均一なプラズマ処理を行うことができる。

次に日本発明の第 4 の実施形態について説明する。

図 2 2 は、第 4 の実施形態に係るリング機構を搭載するプラズマ処理装置の概念的な構成を示す断面図である。図 2 3 は、第 4 の実施形態における電極及びリング機構の要部の寸法を示すための説明図である。尚、本実施形態の構成部位で前述した図 5 に示した構成部位と同じ部位には同じ参照符号を付してその説明を省略する。

このプラズマ処理装置は、真空保持可能な処理チャンバー 2 1 内には、ガスシャワーヘッドを兼用した上部電極 2 2 と、ウエハ W の載置台を兼用する下部電極 2 3 とが互いに対向して設けられている。この上部電極 2 2 は、対向面側に多数のガス噴射孔 3 1 が形成され、これらのガス拡散板 9 4 により処理ガス等を均一に拡散して導入しプロセスガス雰囲気を生成する。

この上部電極 2 2 には、ローパスフィルタ 3 3 を介して、例えば 6 0 M H z の高周波電力を供給する高周波電源部 3 4 が接続される。そして環状の石英からなるシールドリング 9 5 が上部電極 2 2 の外周部に嵌め込まれている。

前記処理チャンバー 2 1 の側壁部にはウエハ W の搬入及び搬出用の開口部 2 7、2 8 が開口されており、これら開口部 2 7、2 8 の外側には、前記開口部 2 7、2 8 を開閉するためのゲートバルブ 2 9、3 0 がそれぞれ設けられている。

下部電極 2 3 は、例えばアルミニウムからなる円柱状の支持体 9 3 と、この支持体 9 3 の上面に設けられた静

電チャック 2 4 と、を備えており、処理チャンバー 2 1 の下部に設けられた昇降機構 3 6 により昇降自在に構成されている。前記昇降機構 3 6 の周囲と処理チャンバー 2 1 の底部の内壁との間にはベローズ体 3 7 が設けられ、これにより処理チャンバー 2 1 内に発生したプラズマが下部電極 2 2 の下に入り込まないようにしている。静電チャック 2 4 は、導電性のシート状の電極板 4 3 と、電極板 4 3 の表面全体をカバーする誘電体であるポリイミド層 4 4 とを有しており、電極板 4 3 は、ウエハ W を仮保持するためのクーロン力を発生させる直流電源部 4 5 に電氣的に接続されている。

さらに下部電極 2 3 は、上部電極 2 2 に印加される高周波成分の侵入を阻止するハイパスフィルタ 3 8 を介して例えば、2 MHz の周波数を有するバイアス用の電圧を供給する高周波電源部 3 9 に接続されている。この例では前記電極板 4 3 に高周波電源部 3 9 からの電圧供給線が接続されている。

支持体 9 3 の周囲には、例えば石英よりなる環状のベース体 4 0 が、支持体 9 3 と上面の高さ位置が揃えられるように設けられている。前記下部電極 2 3 の上面（詳しくは静電チャック 2 4 の上面）のウエハ W の周囲には、支持体 9 3 とベース体 4 0 との両方に跨って、導電体例えばシリコン (Si) により形成された、環状の第 1 のリング（フォーカスリング：内側リング 2 5 と同様）9 1 が設けられている。この第 1 のリング 9 1 は、ウエハ

Wの周縁及びその近傍の濃いプラズマを拡散させ、プラズマの均一性を高めるためのものであり、これにより第1のリング91としては、電気伝導性に優れる例えば、 $2\ \Omega$ のシリコンなどにより構成されることが望ましいが、導電性に限らず半導電性のものにより構成してもよい。

この第1のリング91の外周には、この第1のリング91を取り囲むように、ベース体40の上面に第2のリング（カバーリング：外側リング26と同様）92が設けられており、これら第1のリング91及び第2のリング92は、各々例えば下部電極23に載置されたウエハWと同心円状に配設されている。

第2のリング92は、第1のリング91を下部電極23及びベース体40に押さえ付けるカバーリングとしての役割を持つ他、第1のリング91により拡散されたプラズマを少し内側に寄せることによりウエハ周縁から第1のリング91の上方までのプラズマの均一性を高め、結果としてウエハWの周縁部領域のプラズマの均一性をより高める役割を持っている。更に第2のリング92は、後述するように処理チャンバー21内の処理ガスの流れを調整する役割と、第2のリング92が石英により構成されている場合には、後述するように石英がエッチングされることにより発生する酸素ラジカルによりウエハのエッチングを助けるという役割と、を有している。

ここで図23を参照しながら、ウエハW、第1のリング91及び第2のリング92に関連する寸法について説

明する。ウエハWは例えば8インチサイズであり、その直径 a_1 は200mmである。また第1のリング91の外径 a_2 は、この実施形態において重要な点であり、ウエハWの周縁部領域のエッチング速度の面内均一性を高くし、かつその均一性が圧力変動に左右されにくくするために当該外径 a_2 は245mm~260mmに設定される。ここでいう第1のリング91の外径 a_2 とは、プラズマ処理空間に晒されている空間、つまり既述のようにウエハWの周縁付近のプラズマを拡散させる役割を果たす部分の領域の外径を指すものであり、カバーリング92で覆われている部分は含まれない。

このように本実施形態においては、ウエハWの周縁から第1のリング91の内周縁から外周縁までのリング幅 c が22.5mm~30mmであることが必要である。そして第1のリング91は、ウエハWに近接して設けられるものであり、それらの距離つまりウエハWの外周縁と第1のリング91の内周縁との距離 b は、例えば0~2mmであり、好ましくは1mmである。

従って、第1のリング91のリング幅 c は、21.5mm~29mmに設定されることになる。なお第2のリング92のリング幅 d は例えば10mmに設定される。このリング幅 d とは、第2のリング92において、プラズマを内側に寄せる役割を持つ部位例えば平坦な上面の部位の幅を指す。

前記処理チャンバー21の例えば、底壁のベローズ体

37の外側には、排気管41を介して真空ポンプ42が接続されており、処理チャンバー21内の処理ガスは下部電極23の周囲から排気される。この際第2のリング92の側面であるテーパ面に沿って排気流が流れていき、これにより下部電極23の周囲から均一に排気され、このように第2のリング92は処理チャンバー21の内部のガスの流れを調整する役割を果たしている。

次に、前記プラズマ処理装置の作用について説明する。

まず、例えばゲートバルブ29を開放し、図示しないロードロック室からウエハWを処理チャンバー21内に搬入して、下部電極23の静電チャック24上に載置し、ゲートバルブ29を閉じる。ウエハWの受け渡しは、図示しないアームと下部電極23側に設けられた図示しない昇降ピンとの協同作用により行われる。この時、搬入されるウエハWは、表面にレジストマスクが形成されたものであり、エッチングされる膜は例えばシリコン酸化膜である。そして昇降機構36により下部電極23を上昇させて上部電極22に接近させる。

次に、排気管41を介して真空ポンプ42により処理チャンバー21内を所定の真空状態に排気する一方、ガス供給管32により処理ガスであるエッチングガス例えばC₅H₈ガス、Arガス及びO₂ガスの混合ガスを所定の流量で導入し、このエッチングガスを上部電極3のガス噴射孔32を介して均一に拡散させる。

こうして処理チャンバー21内を例えば数十mTorrの真

空度のプロセスガス雰囲気を生成し、上部電極 22 及び下部電極 23 の間に高周波電源部 34 から例えば 60 MHz の高周波電圧を与え、これによりエッチングガスをプラズマ化する。更に例えばこの時点から 1 秒以下のタイミングをあけて、下部電極 23 に高周波電源 48 から例えば 2 MHz のバイアス用の高周波電圧を印加する。

一方、発生したプラズマ中の反応性イオンは、高周波バイアスのかかっているウエハ W 表面に高い垂直性をもって入射し、これによりウエハ表面に形成されたレジストマスク及びその下のシリコン酸化膜が所定の選択比でエッチングされる。この時、石英よりなる第 2 のリング 92 はエッチングされて酸素ラジカルを発生し、この酸素ラジカルは、ウエハ表面のレジストマスクのエッチングに利用される。

また、ウエハ W の外周縁付近の濃いプラズマが第 1 のリング 91 に引き寄せられる状態で拡散し、更に第 2 のリング 92 により、外側に拡散しようとするプラズマを内側に押し込めるため、ウエハ W の周縁から第 1 のリング 91 の上方側までプラズマの密度がほぼ均一になる。

この実施形態は、ウエハ W の外周縁領域、例えばウエハ W の外周縁から内側 10 mm に至るまでの領域のレジストのエッチング速度、及びこのエッチング速度のプロセス圧力による影響が、ウエハ W の外周縁から第 1 のリング 91 のリング幅（又は外周縁までの距離 a3）に依存していることを見い出したことに基づいており、15 mm

～ 35 mm、好ましくは 22.5 mm～ 30 mm に設定している。尚、図 23 を参照して、例えば、200 mm ウエハにおいては、外周縁までの距離 a_3 が 22.5 mm～ 30 mm であり、リング幅 c は、21.5 mm～ 29 mm、リング幅 d は 10 mm であり、全体の外径 a_2 は、245 mm～ 260 mm に設定される。

このようにリング幅（又は距離 a_3 ）を設定することにより、後述の実験結果から明らかのように、ウエハ W の周縁部領域とそれよりも内側の領域との間でレジストのエッチング速度が揃い、このためレジストの開口部の大きさが面内で均一になるから、面内にてパターンの線幅が揃った均一性の高いエッチング処理を行うことができる。またプロセス圧力が変化しても、ウエハ外周縁領域におけるエッチング速度の圧力による変化とウエハ内側領域におけるエッチング速度の圧力による変化との差異が小さくなるので、エッチング速度の面内均一性に対する圧力の影響が小さくなる。従って、プロセス圧力のマージンを大きくとれるので、例えばプロセス中に圧力のみを変化させて、レジストマスクと被エッチング膜とのエッチング速度の選択比を調整することが容易になる。本実施形態では、シリコン酸化膜をエッチングすることに限るものではなく、ポリシリコンあるいは窒化シリコンをエッチングする場合にも適用できる。

次に前述した第 4 の実施形態の効果について検証する。

（実験例 1）

A. 実験条件、図 2 2 に示した構成のプラズマ処理装置を用いて、第 1 のリング 9 1 の幅 c を内周縁を 0 とし、外周縁に向かって、7.5 mm、17.5 mm、22.5 mm、25 mm、30 mm、40 mm の 6 通りに設定し、各条件毎に、圧力を 15 mTorr、25 mTorr、35 mTorr 及び 50 mTorr の 4 通りに設定した。また第 1 のリング 9 1 の外周縁よりも内側の領域における単位面積当たりのバイアス電力を一定にするために、前記の各外径 a_2 に対応してバイアス電力は、夫々 1400 W、1550 W、1585 W、1650 W、1800 W、1950 W に設定した。

B. 実験結果各条件において、ウエハ W の外周縁から 10 mm 以内の領域において 16 点のエッチング速度を調べると共に当該領域よりも内側の領域において 21 点のエッチング速度を調べ、エッチング速度（エッチレート）の均一性を調べた。この均一性とは、（最大値－最小値） $\times 100$ / 平均値の式で表される。

第 1 のリング 9 1 の外径 a_2 とエッチング速度の均一性との関係は、図 2 4 に示す通りである。図 2 4 において黒菱形は 15 mTorr、白四角は 25 mTorr、黒三角は 35 mTorr、白丸は 50 mTorr にそれぞれ対応するプロットである。エッチング速度の均一性の＋側は、ウエハ W の外周縁領域の方が内側の領域よりもエッチング速度が大きいことを示しており、エッチング速度の均一性の－側は、ウエハ W の周縁部領域の方が内側の領域よりもエッチング速度が小さいことを示している。

C. 考察第1のリング91のリング幅cが7.5mm、17.5mmの場合には、前記均一性がいずれの圧力においても+10%を越えており、またリング幅cが40mmの場合には、前記均一性が-10%よりも悪くなっている。これに対して、圧力が22.5mm、25mm、30mmの場合には、前記均一性が圧力によっては10%よりも悪いものもあるが、全体として0%に寄っており、しかも圧力に対する前記均一性のばらつきが小さくなっている。従って幅cが15mm~35mmの範囲が好適であり、好ましくは22.5mm~27.5mmの範囲がより一層好適であることが理解される。

(実験例2)

次にウエハW面内における電束密度のモデルを設定し、このモデルに基づいて図24に示す実験結果が得られた理由について検討する。

図25を参照して、ウエハWの外周縁から10mm以内の領域(外周縁領域)に入射する電束の密度をNとすると、(1)式が成り立つ。

$$2\pi \cdot r_0 \cdot h \cdot D \cdot N = \Gamma_1 + \Gamma_2 \quad (1)$$

ただし、 r_0 : ウエハWの半径、 h : プラズマの厚さ、 D : 拡散係数、 Γ_1 : 第1のリングに向かう電束の密度、 Γ_2 : 処理容器の側壁に向かう電束の密度である。また Γ_1 、 Γ_2 はそれぞれ(2)、(3)式で表される。

$$\Gamma_1 = 2\pi \cdot r_0 \cdot h \cdot D \cdot B \cdot n_p \quad (2)$$

$$\Gamma_2 = 2\pi \cdot r_0 \cdot h \cdot D \cdot (\delta n / \delta r)_0$$

(3)

ただし、 B は移動度であり、 B_0 をイニシャル位置（ウエハの周縁）での移動度とすると、 $B = B_0 (r^2 - r_0^2)$ で表される。また n_p は各圧力におけるウエハ W の外周縁（中心から 100 mm の位置）での電子密度の実測値である。 n はウエハ W の中心位置から径方向に r だけ離れた位置における電子密度であり、 n は (4) 式で表される。

$$n = n_0 (1 - k r^2) \quad (4)$$

ただし、 n_0 はウエハ W の外周縁での電子密度の実測値であり、 k は定数である。前記 (1)、(2)、(3) 式から N を求めると、 N は (5) 式で表される。

$$N = B \cdot n_p + (\delta n / \delta r)_0 \quad (5)$$

ここで、 n_p は、プラズマ中の径方向の電子密度を複数点測定して、ウエハ W 中心部からの径方向（外周縁方向）距離と電子密度との関係を示す近似式を求める。この近似式に基づいて求めることができる。

また $(\delta n / \delta r)_0$ の値もこの近似式に基づいて求めることができる。こうして各圧力（15 mTorr、35 mTorr、50 mTorr）毎に、径方向の位置と前記外周縁領域に入射する電束の密度 N との関係調べた。

結果は、図 26 に示すとおりである。図中、黒三角、黒丸、黒四角は夫々 15 mTorr、35 mTorr、50 mTorr に対応するデータである。計算をするにあたって、15 mTorr、35 mTorr、50 mTorr の各圧力に対応するプラズ

マの抵抗は、夫々 $5 \Omega m$ 、 $10 \Omega m$ 、 $30 \Omega m$ としている。

また、縦軸の電束密度比とは、リング内周縁を 0 として 25 mm の位置において、圧力が 15 mTorr のときの電束密度 n_{15} に対する比であり、

$(N - n_{15}) / n_{15} \times 100 [\%]$ で表している。

ウエハ W の外周縁領域の電束密度の圧力依存の程度と第 1 のリング 91 の外径 a_2 との関連性について、図 26 に基づいてその傾向を見てみると、前記リング 91 のリング幅 a_3 が狭いときには電束密度が圧力によりばらついているが第 1 のリング 91 のリング幅 a_3 を広くしていくにつれて、そのばらつきが小さくなる。更に圧力と電束密度との関連については、圧力が大きいほど電束密度は大きくなっている。そして第 1 のリング 91 のリング幅 c がある幅 (25 mm) を越えると圧力による電束密度のばらつきが再び大きくなっている。また電束密度は圧力が大きいほど小さくなり、両者の関係が逆転している。

従って、図 24 に示す実際の実験結果と図 26 に示すシミュレーション結果とは、その傾向において概ね一致している。

ここで何故このような傾向にあるのかという点について考察してみる。

第 1 のリング 91 のリング幅 c が小さいときは、ウエハの周縁部領域に入射する電束の密度 N に与える Γ_1 の

影響が小さく、 $\Gamma 2$ の影響が大きい。このため前記電束密度 N は圧力によって変動する。そして第1のリング91の外径 $a 2$ が大きくなるにつれて $\Gamma 2$ の影響が小さくなり、圧力による N の値の変動の程度は小さくなり、各圧力における N の値は収束してくる。

第1のリング91のリング幅 c がある値を超えて更に大きくなると、今度は $\Gamma 1$ の影響が大きくなり、圧力による N の値の変動が大きくなる。また圧力による N の値の変動の要因は、 $\Gamma 1$ よりも $\Gamma 2$ の方が小さいと考えられる。

従って第1のリング91のリング幅 c が $15\text{ mm} \sim 35\text{ mm}$ の範囲であれば、 $\Gamma 1$ 及び $\Gamma 2$ が N の値に及ぼす影響が小さく、結果として上述の効果が得られると推測される。

(実験例3)

図22に示したプラズマ処理装置を用い、第1のリング91のリング幅 c を 17.5 mm 及び 30 mm に設定し、表面に窒化シリコン膜が形成された8インチサイズのウエハ W に対してエッチングを行い、エッチング速度の面内均一性を調べた。処理ガスとしては C_5F_8 ガス、 Ar ガス及び O_2 ガスの混合ガスを用い、圧力を 30 mTorr (3990 kPa) に設定し、上部電極に印加する高周波電力を 1530 W 、下部電極に印加する高周波電力をリング幅 c が 17.5 mm の場合には 1350 W 、リング幅 c が 30 mm の場合には 1600 W に設定した。

エッチング速度の面内均一性は、リング幅 c が 17.5 mm の場合には 16.0% であり、リング幅 c が 30 mm の場合には 10.8% であった。従って、ポリシリコンのエッチング速度の面内均一性が、外径 a_2 を調整することにより改善されることが分かる。

以上において、本発明ではプラズマ処理としてエッチング処理を例に挙げて説明したが、例えばレジストを灰化するアッシング処理にも適用することができる。またプラズマの発生手法としては本発明の構成に限らず、コイル型の高周波アンテナにより高周波電力を印加することによりプラズマを発生させるものであってもよい。

この第4の実施形態によれば、均一なプラズマ処理を行うことができ、またプロセス圧力が変化しても安定したプラズマ処理を行うことができる。

産業上の利用可能性

本発明は、処理チャンバー内に搭載される載置台（下部電極）に載置されるウエハ W を囲むフォーカスリングと分割されたカバーリングを備え、フォーカスリングの径方向外側にプラズマを広げるために、分割リング間にリング状の隙間 δ_1 を設けて、プラズマを入り込ませることにより、ウエハ W とフォーカスリングとの間の電位差を無くし、プラズマによるウエハ W とフォーカスリング間でアーク放電を防止するリング機構である。

また、処理チャンバー内に下部電極に載置されるウエハ W を取り囲むように内側リング（フォーカスリング）

と、この内側リングを取り囲む石英からなる外側リングが設けられ、内側リングの上面を外部リングの上面より高くする若しくは、内側リングの上面よりも外部リングの上面を低くすることにより、酸素ラジカルによる現象を抑制して、均一なプラズマ処理を行うリング機構である。

更に、本発明は、載置台上のウエハを取り囲むように設けられた導電性の第1のリングにおいて、ウエハ周縁部領域のプラズマ密度、プラズマ密度の均一性のプロセス圧力による影響が、ウエハの周縁から前記リングの外周縁までの距離に依存していることに着目し、リング幅を22.5mm～30mmに設定するリング機構である。

請 求 の 範 囲

1. リング機構は、

真空保持可能な処理チャンバーに搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、前記フォーカスリングの外周と隙間を空けて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、

高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記隙間にプラズマを入り込ませて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げる。

2. 請求項1に記載のリング機構において、

前記フォーカスリングの外周の前記隙間に入り込ませた前記プラズマが導電媒体として機能して該隙間に電流通路を形成し、前記フォーカスリングと前記カバーリングの間で前記高周波電力により発生する電流のやり取りを行い、前記フォーカスリングと前記被処理体の電位差を抑制する。

3. 請求項1に記載のリング機構において、

前記隙間が前記フォーカスリングと前記カバーリングと間の全周に渡って環状に形成され、少なくともプラズマが入り込める幅を有している。

4. 請求項1に記載のリング機構において、

前記カバーリングは、2分割され、前記フォーカスリングに隣接する矩形断面形状の第1のカバーリングと、

前記第1カバーリングの外周側に前記プラズマが入り込める幅を有する第1の隙間を空けて配置され、外周側

に向かってテーパ面を有する形状の第2のカバーリングと、で構成され、

前記第1のカバーリングと前記第2のカバーリングは、それぞれ前記第1の隙間よりも狭い第2の隙間を空けて前記載置台に固定される支持部に支持される。

5. プラズマ処理装置は、

真空保持可能な処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内の気体を排気して真空状態を作り出す排気系と、

前記前記処理チャンバー内に搭載され、被処理体を載置及び保持する機能を有する下部電極と、

前記処理チャンバー内に搭載され、処理ガスの導入の機能を有する上部電極と、

前記下部電極及び前記上部電極に異なる周波数の高周波電力を印加する高周波電源と、

前記下部電極に載置される前記被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、

前記フォーカスリングの外周と隙間を空けて挿嵌されるカバーリングと、

で構成され、

高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記隙間にプラズマを入り込ませて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げる。

6. 請求項5に記載のプラズマ処理装置において、

前記高周波電源は、前記下部電極又は前記上部電極の

いずれか一方に高周波電力を印加してプラズマを発生させる。

7. リング機構は、真空保持可能な処理チャンバーに搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、

前記フォーカスリングの外周と導電体を介在させて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、

高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記導電体を通じて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げる。

8. 請求項7に記載のリング機構において、前記導電体は、Si、SiC、Alのいずれかである。

9. 請求項7に記載のリング機構において、前記フォーカスリングの外周の前記導電体により電流通路を形成し、前記フォーカスリングと前記カバーリングで前記高周波電力により発生する電流のやり取りを行い、前記フォーカスリングと前記被処理体との電位差を抑制する。

10. プラズマ処理装置は、
真空保持可能な処理チャンバーと、
前記処理チャンバー内の気体を排気して真空状態を作り出す排気系と、
前記前記処理チャンバー内に搭載され、被処理体を載置及び保持する機能を有する下部電極と、
前記処理チャンバー内に搭載され、処理ガスの導入の

機能を有する上部電極と、

前記下部電極及び前記上部電極に異なる周波数の高周波電力を印加する高周波電源と、

前記下部電極に載置される前記被処理体を周囲から囲むフォーカスリングと、

前記フォーカスリングの外周と導電体を介在させて挿嵌されるカバーリングと、で構成され、

高周波電力の印加によるプラズマ発生時に前記フォーカスリングの外周の前記導電体を通じて、該プラズマを前記被処理体の径方向外側へ広げる。

1 1 . 請求項 1 0 に記載の前記カバーリングにおいて、

前記導電体は、S i、S i C、A l のいずれかである。

1 2 . リング機構は、

真空保持可能な処理チャンバーに搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から囲む第 1 のリングと、

前記第 1 のリング外周を取り囲み、前記第 1 のリングの上面よりも低い上面を有する絶縁部材で形成された第 2 のリングと、で構成され、

プラズマ環境下において、前記第 2 のリングで発生した化学的作用が前記第 1 のリングの上面により、前記被処理体への影響を防止する。

1 3 . 請求項 1 2 に記載のリング機構において、

前記化学的作用は、石英で形成される第 2 のリングがプラズマ環境下で発生させる酸素ラジカルによるエッチング作用である。

14. リング機構は、

真空保持可能な処理チャンバー内に搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から囲む導電性の第1のリングと、

前記第1のリングを取り囲むように設けられた絶縁性の第2のリングと、で構成され、

前記第1のリングは、内縁から外側に向かって前記被処理体の被処理面と略同じ高さに設定された平坦面部と、この平坦面部の外側に前記第2のリングよりも高くなるように設けられた凸部と、を備える。

15. 請求項14に記載のリング機構において、

前記平坦面部の幅は10mm以上である。

16. 請求項14に記載のリング機構において、

前記第2のリングは、前記第1のリングを保持する機能を有した、処理チャンバー内のプロセスガスの流れを調整する機能を有する。

17. プラズマ処理装置は、

真空保持可能な処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内の気体を排気して真空状態を作り出す排気系と、

前記前記処理チャンバー内に搭載され、被処理体を載置及び保持する機能を有する下部電極と、

前記処理チャンバー内に搭載され、処理ガスの導入の機能を有する上部電極と、

前記下部電極及び前記上部電極に異なる周波数の高周

波電力を印加する高周波電源と、

前記下部電極に載置される前記被処理体を周囲から囲む導電性の第1のリングと、

前記第1のリングを取り囲むように設けられた絶縁性の第2のリングと、

で構成され、

前記第1のリングは、内縁から外側に向かって前記被処理体の被処理面と略同じ高さに設定された平坦面部と、この平坦面部の外側に前記第2のリングよりも高くなるように設けられた凸部と、を備える。

18. リング機構は、

真空保持可能な処理チャンバーに搭載される載置台に載置される被処理体を周囲から所定の隙間を空けて囲む導電性の第1のリングとを備え、

前記第1のリングが15mmから35mmの幅を有し、好ましくは22.5mm～30mmの幅を有する。

19. 請求項16に記載のリング機構において、

前記被処理基板の外周縁と、前記第1のリングの内周縁と間の前記所定の隙間のが0mm～2mmである。

20. プラズマ処理装置は、

真空保持可能な処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内の気体を排気して真空状態を作り出す排気系と、

前記前記処理チャンバー内に搭載され、被処理体を載置及び保持する機能を有する下部電極と、

前記処理チャンバー内に搭載され、処理ガスの導入の機能を有する上部電極と、

前記下部電極及び前記上部電極に異なる周波数の高周波電力を印加する高周波電源と、

前記下部電極に載置される前記被処理体を周囲から所定の隙間を空けて囲む導電性の第1のリングと、
で構成され、

前記第1のリングが15mmから35mmの幅を有し、好ましくは22.5mm～30mmの幅を有する。

1/18

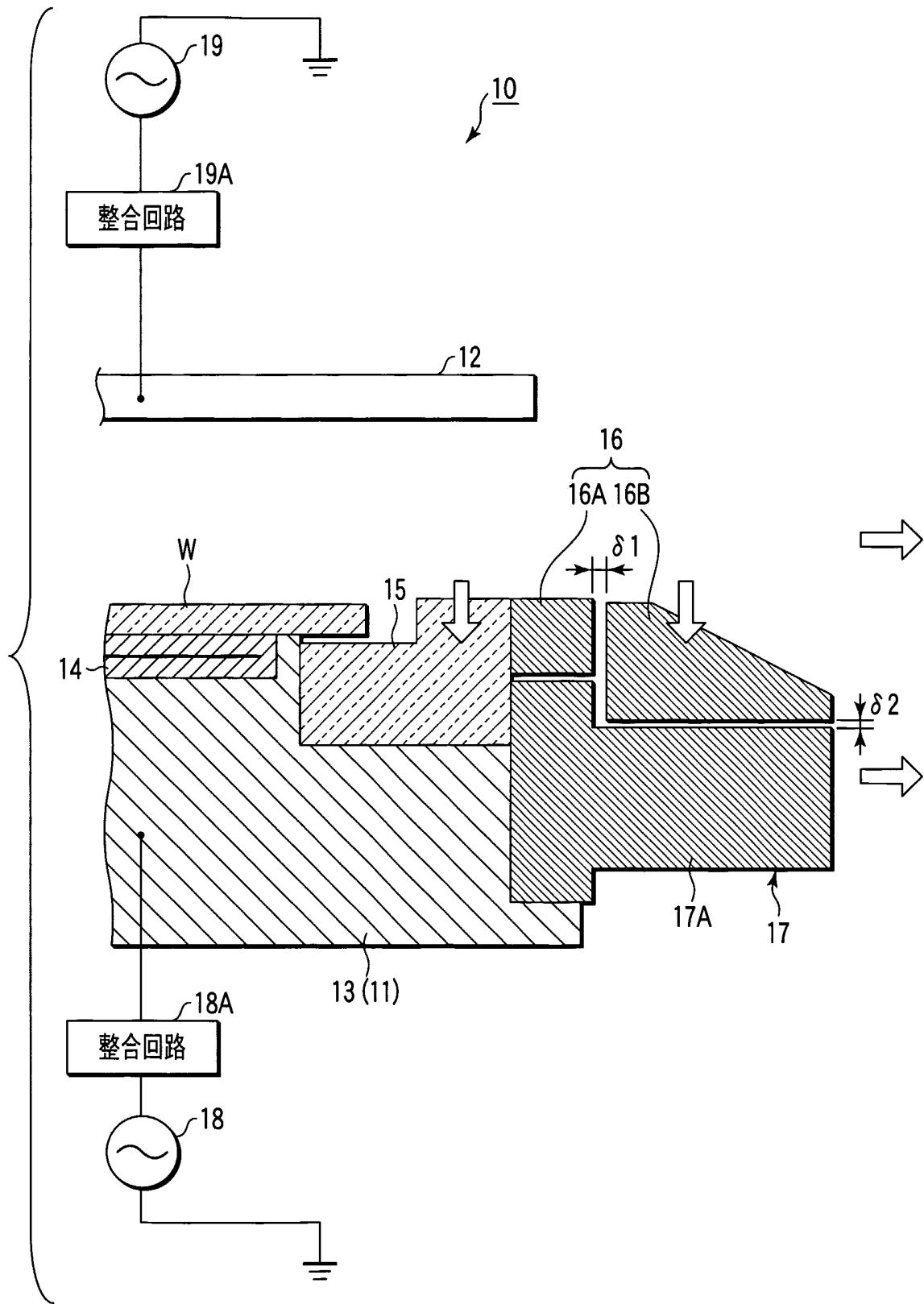


FIG. 1

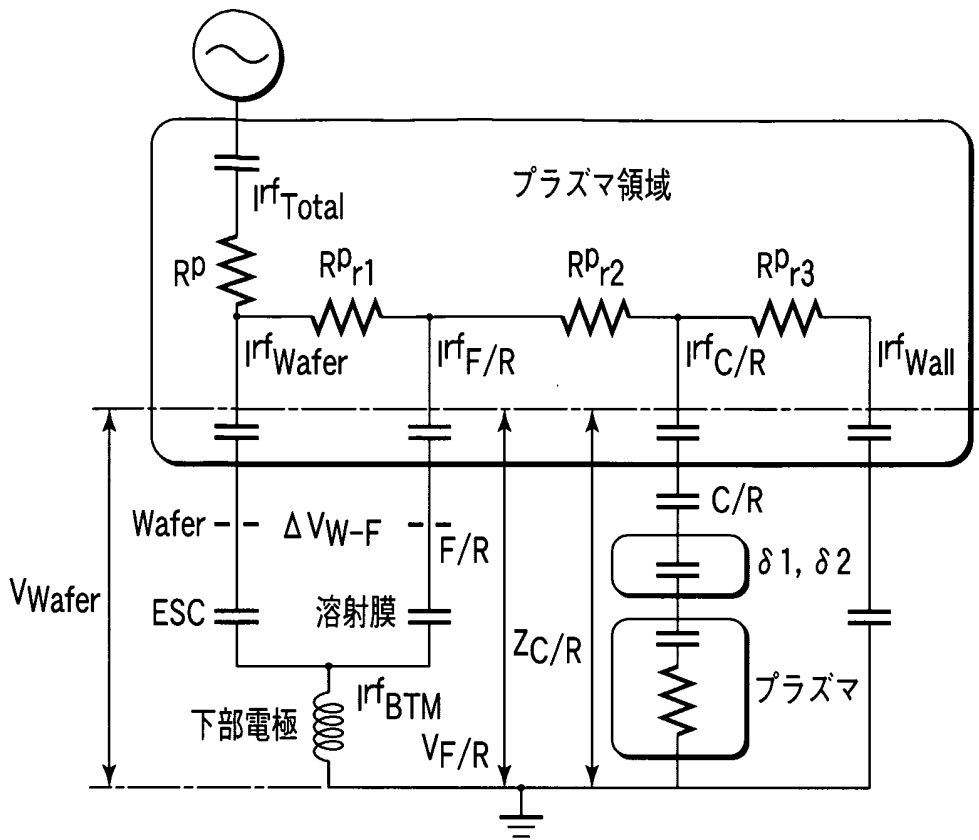


FIG. 2

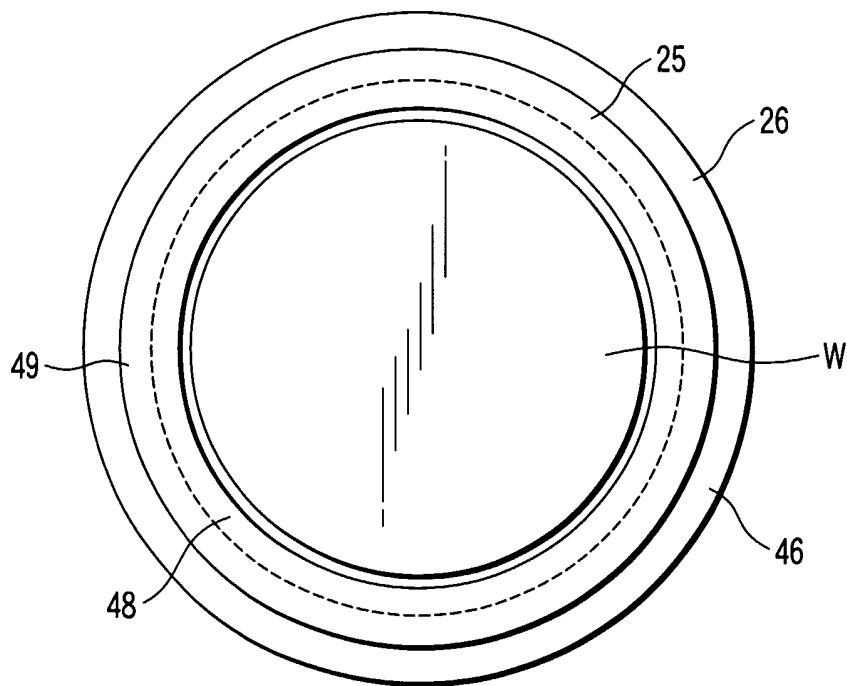


FIG. 6

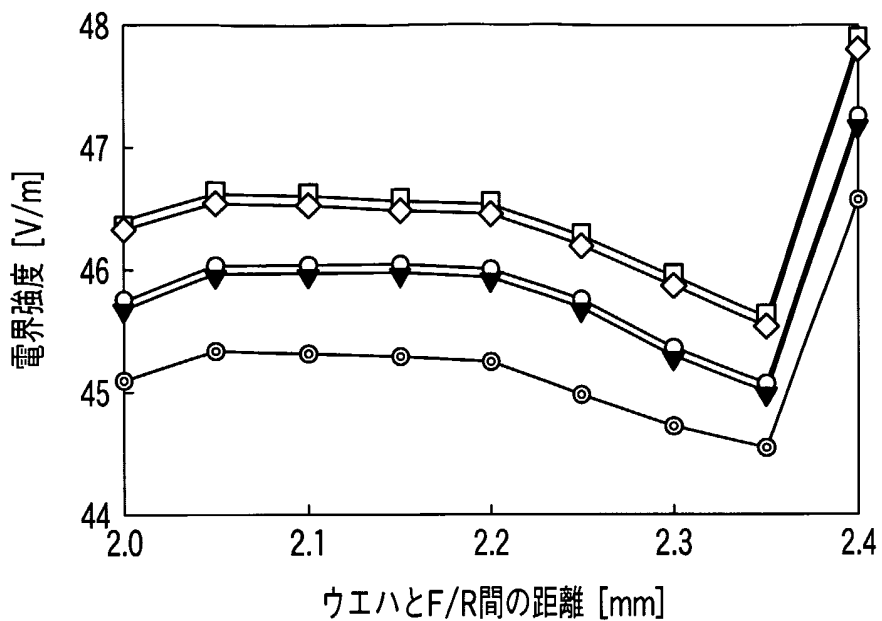


FIG. 3

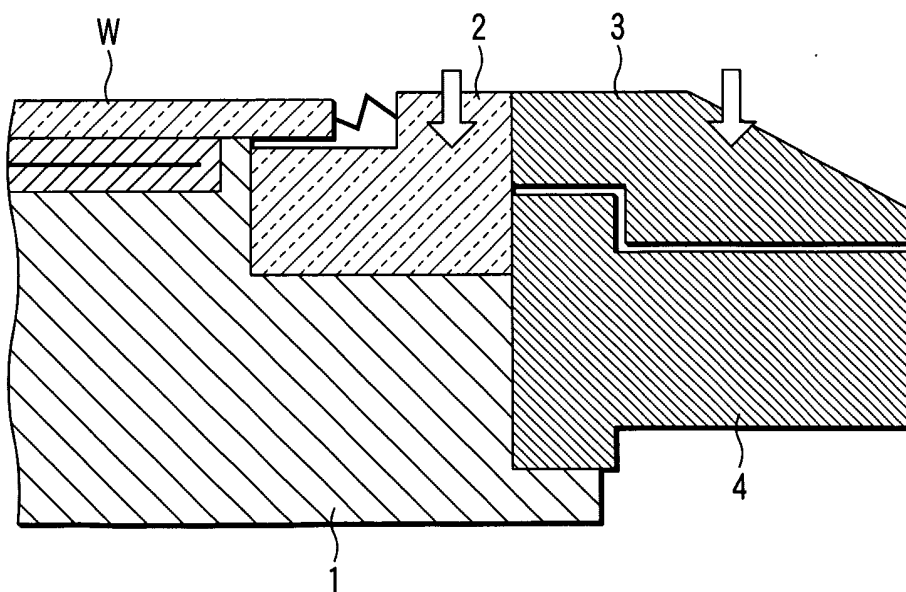


FIG. 4 PRIOR ART

4/18

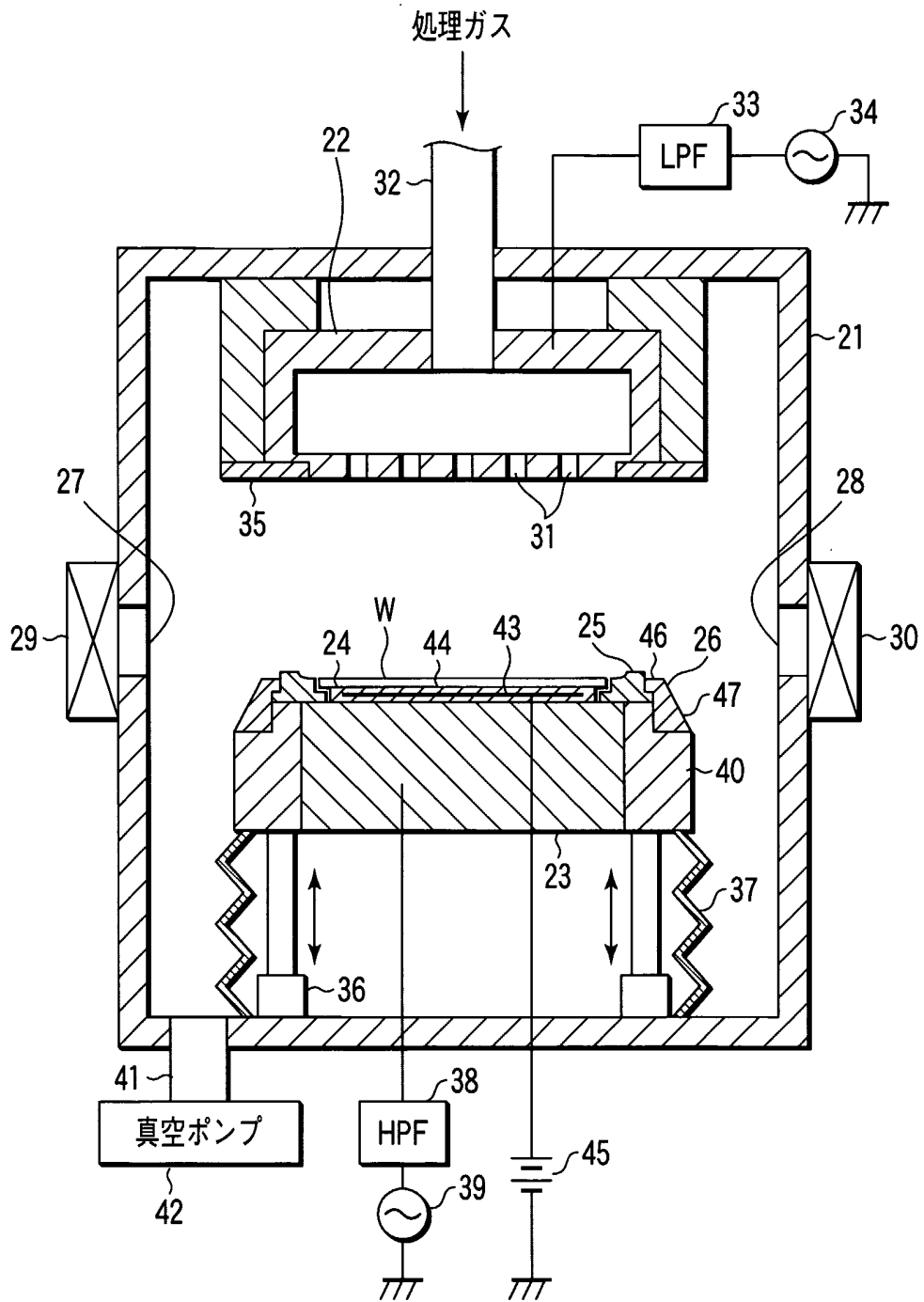


FIG. 5

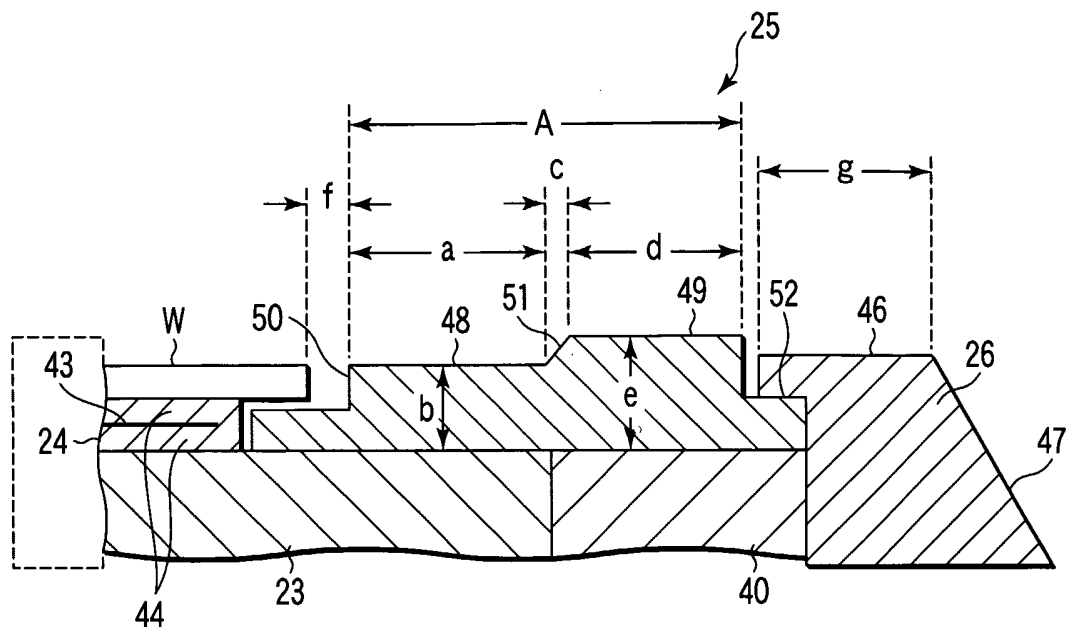


FIG. 7

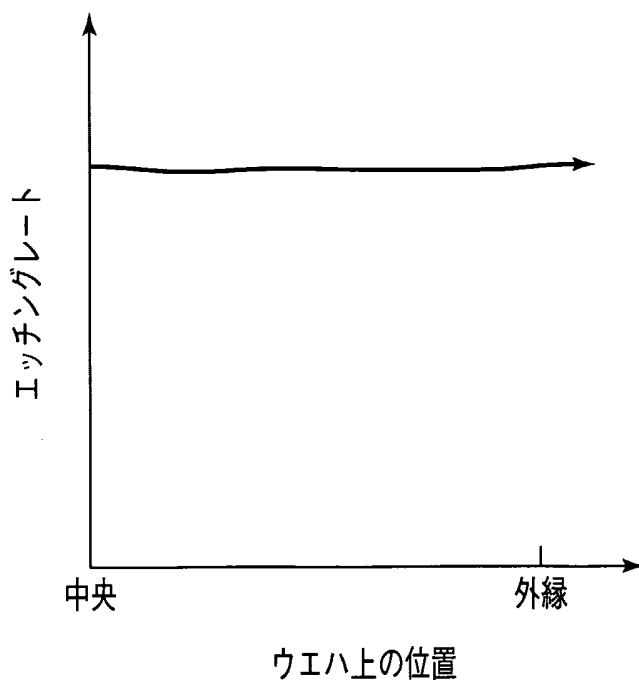


FIG. 8

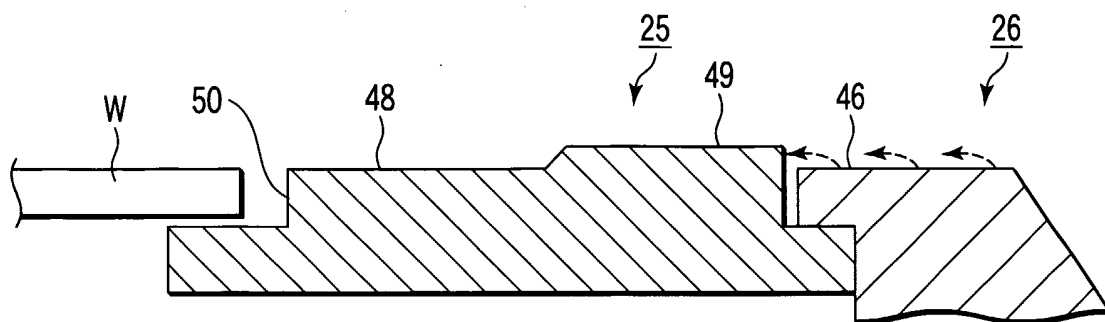


FIG. 9A

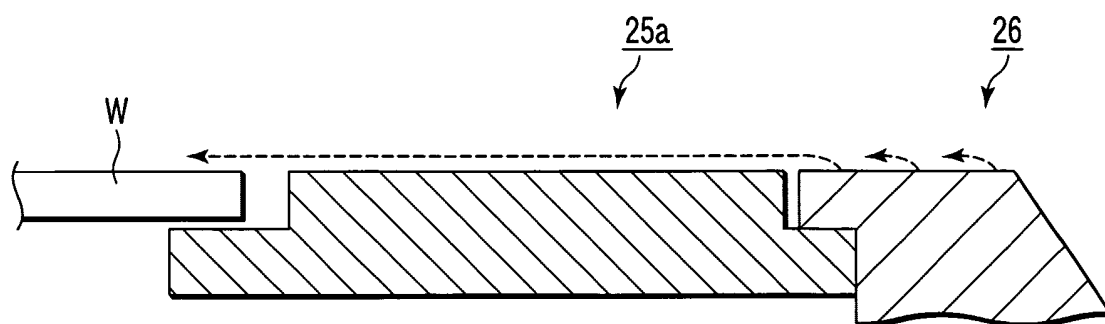


FIG. 9B

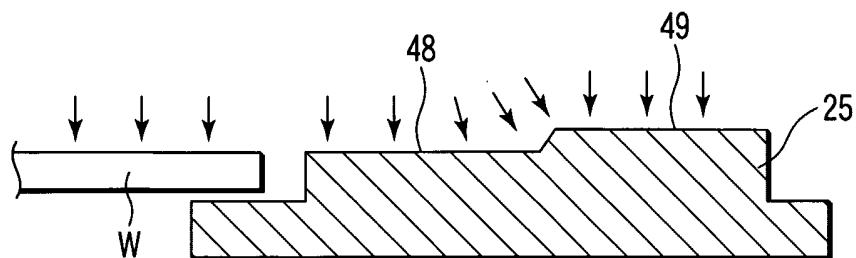


FIG. 10A

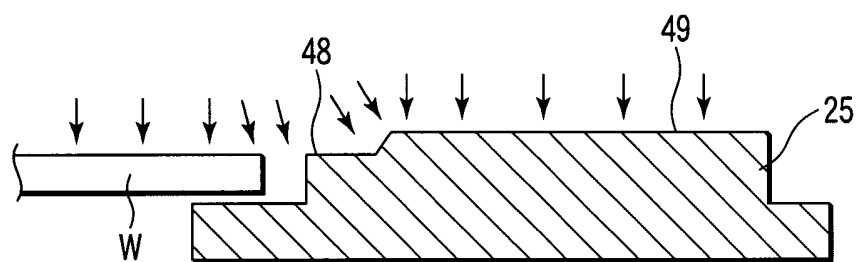


FIG. 10B

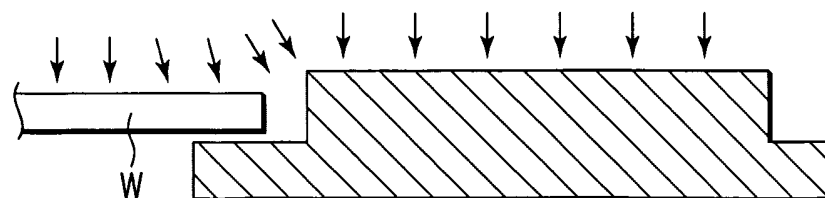


FIG. 10C

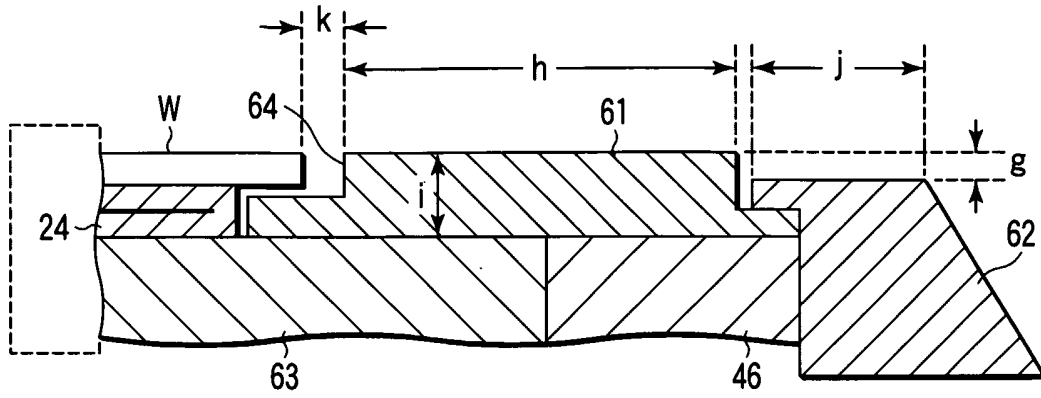


FIG. 11

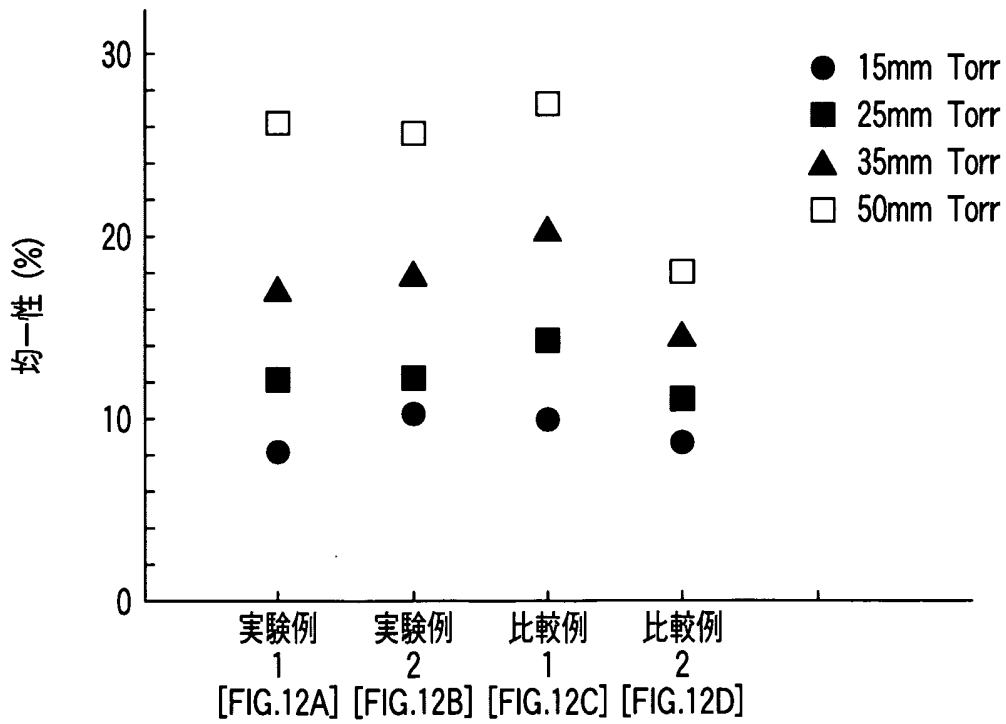


FIG. 13

9/18

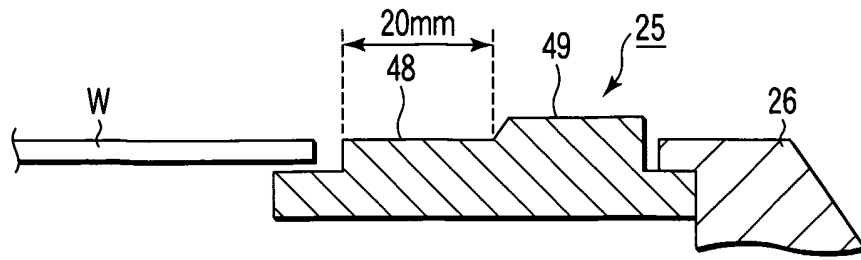


FIG. 12A

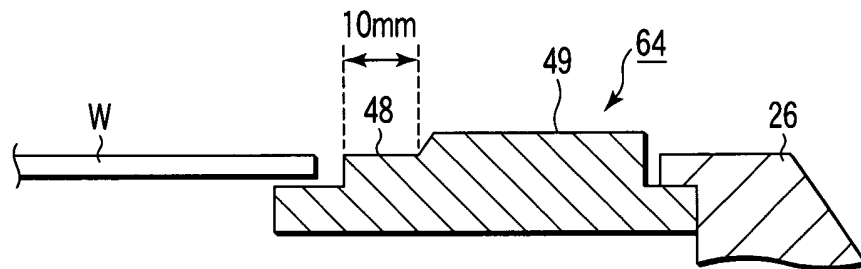


FIG. 12B

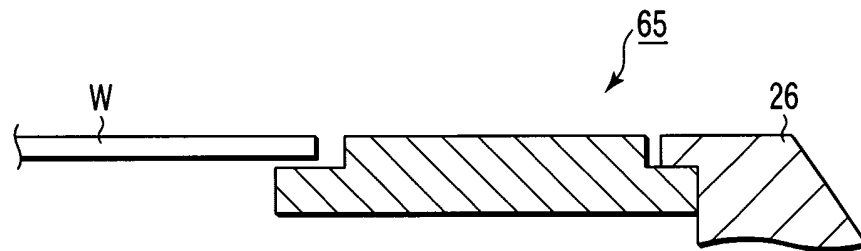


FIG. 12C

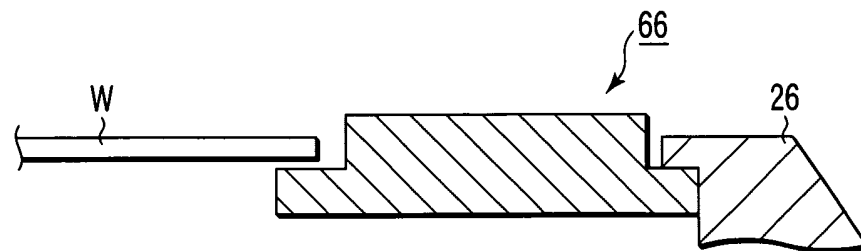


FIG. 12D

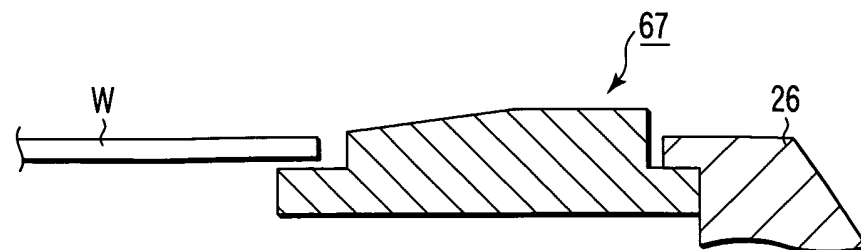


FIG. 12E

10/18

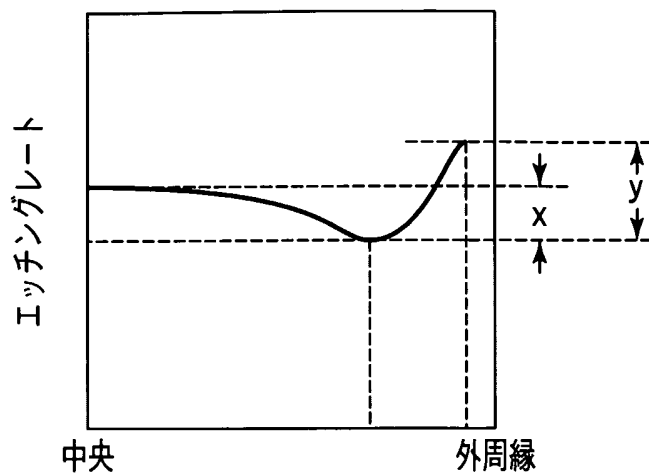


FIG. 14A

ウエハ上の位置

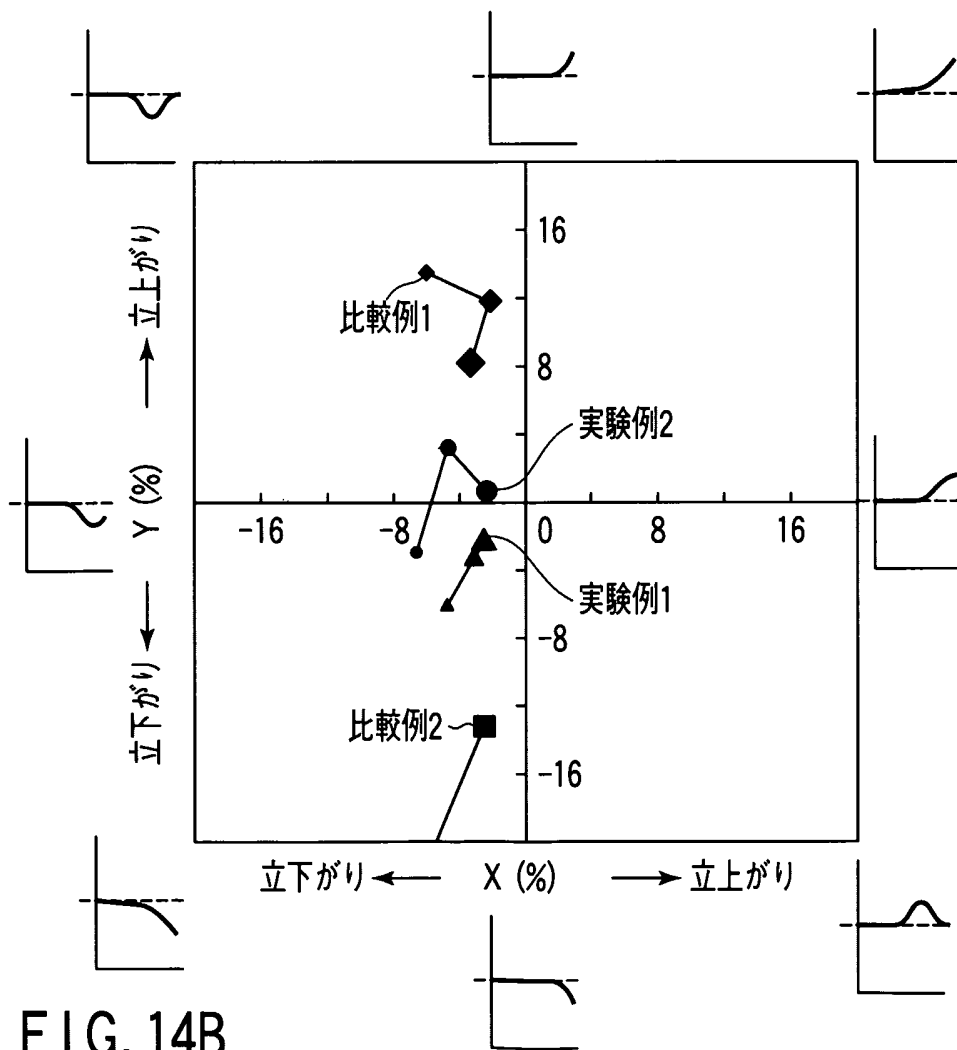


FIG. 14B

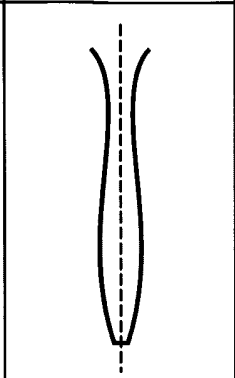
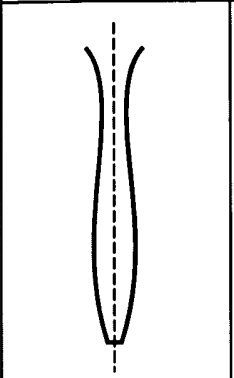
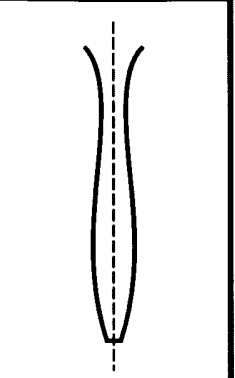
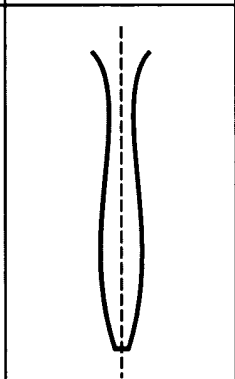
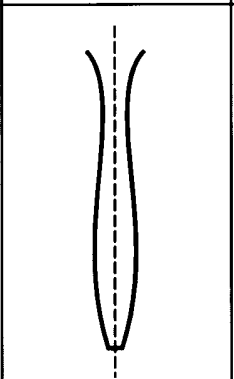
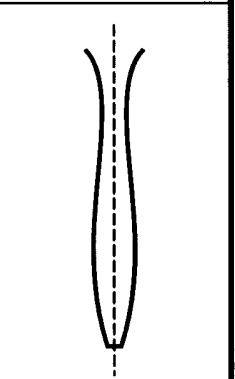
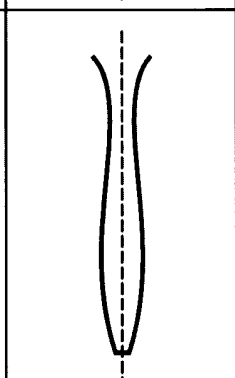
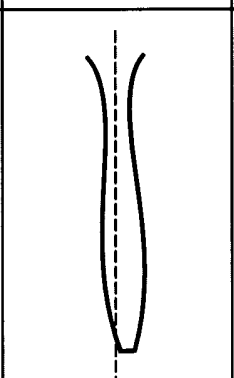
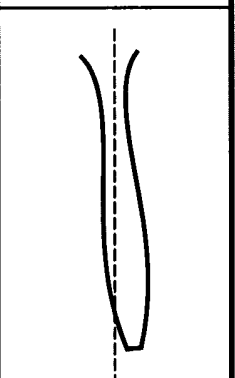
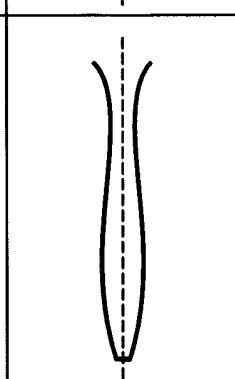
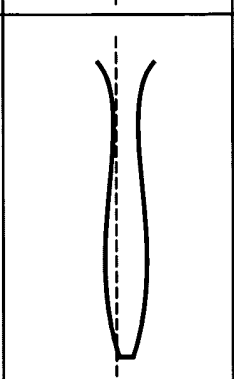
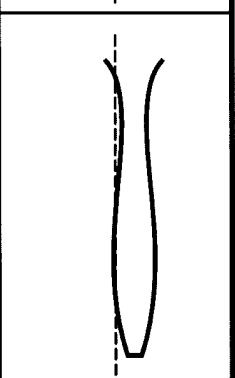
	位置 1	位置 2	位置 3
実験例 1			
実験例 2			
比較例 1			
比較例 2			

FIG. 15

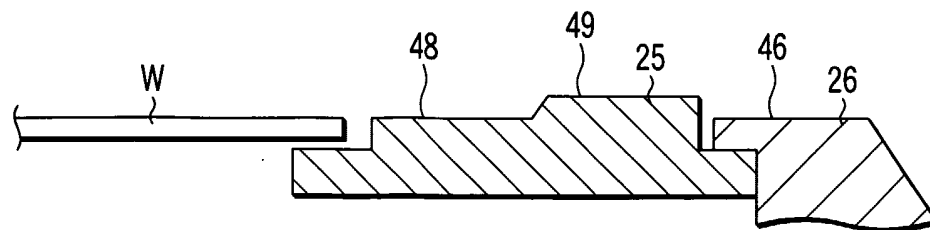


FIG. 16A

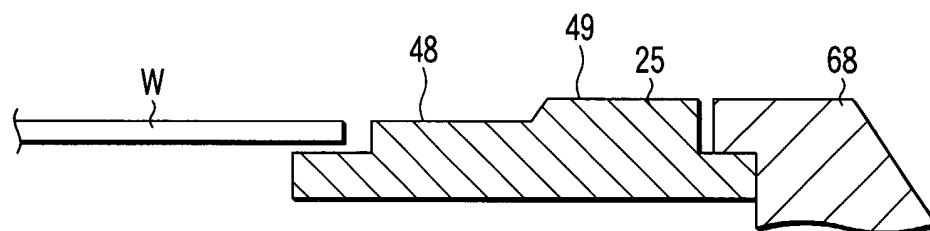


FIG. 16B

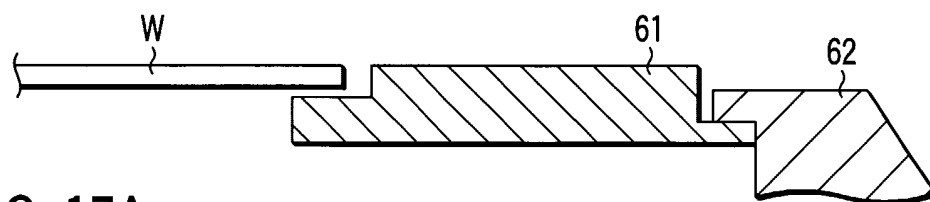


FIG. 17A

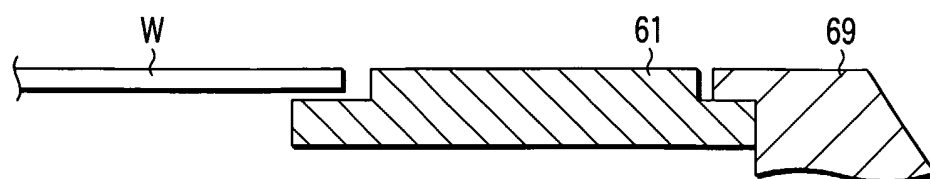


FIG. 17B

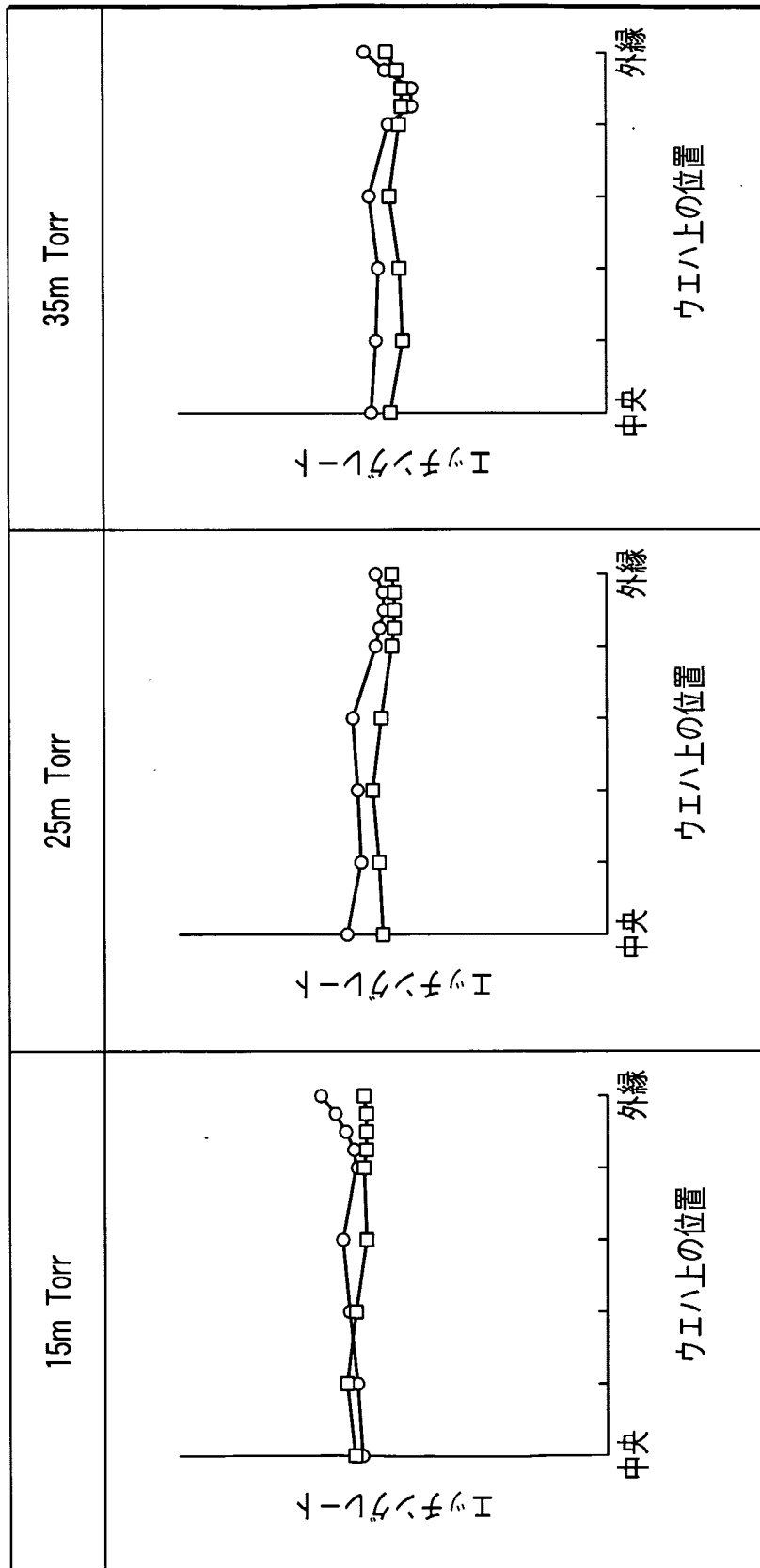


FIG. 18

14/18

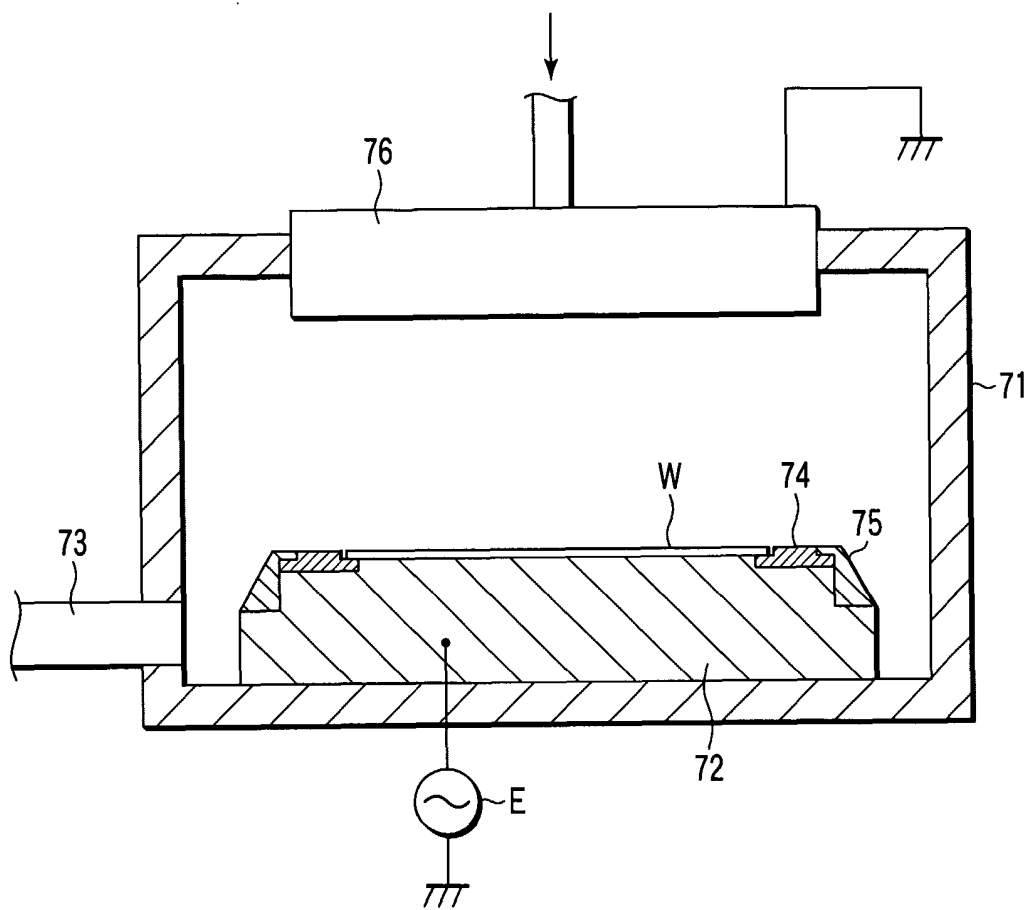


FIG. 19 PRIOR ART

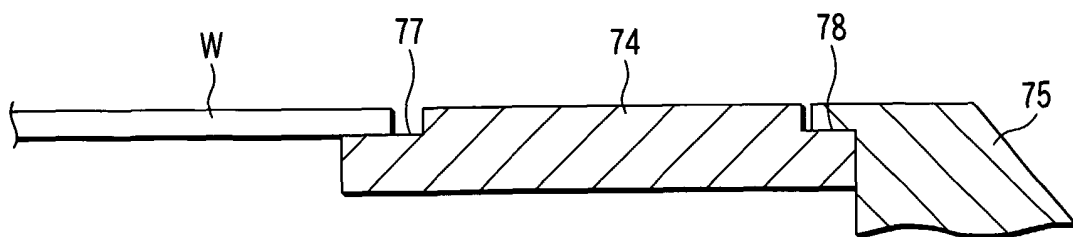


FIG. 20 PRIOR ART

15/18

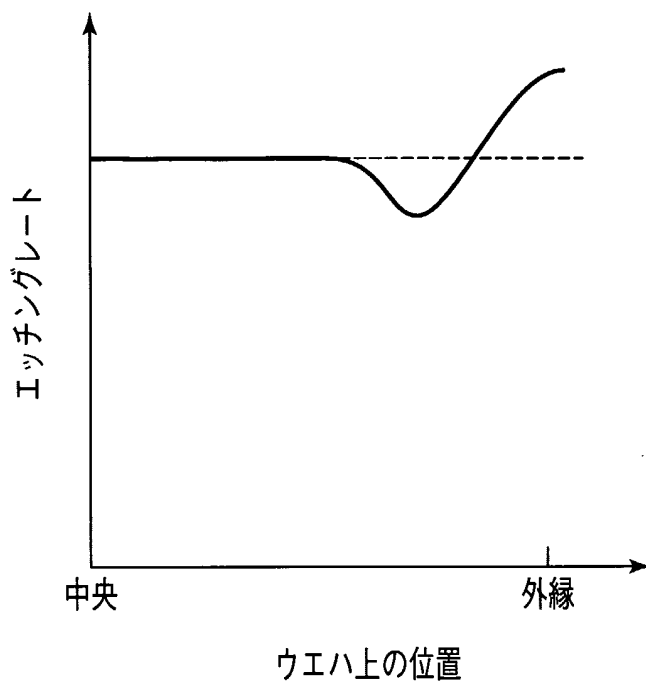


FIG. 21 PRIOR ART

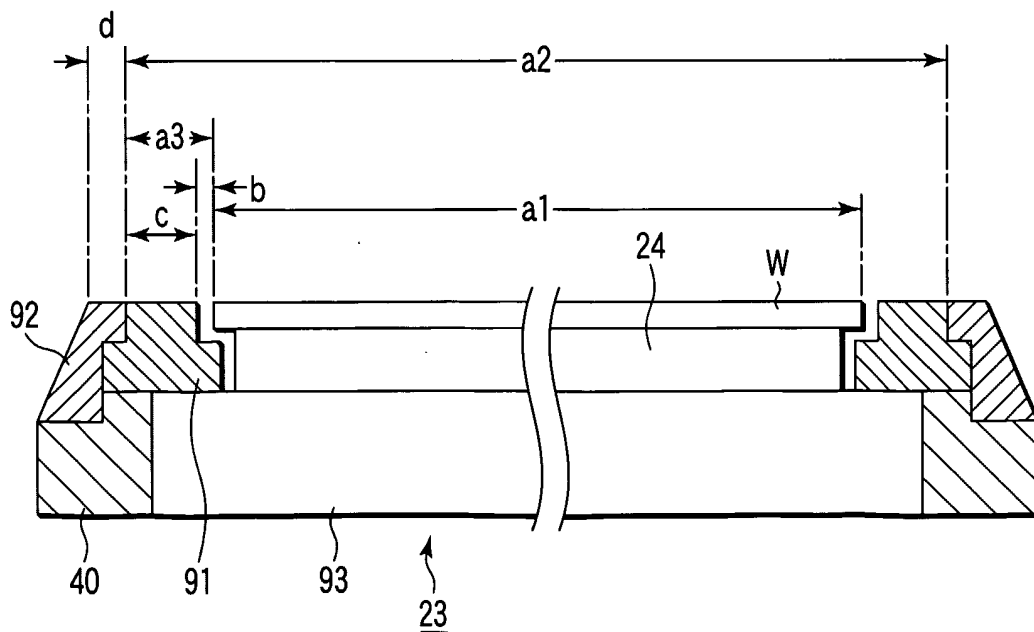


FIG. 23

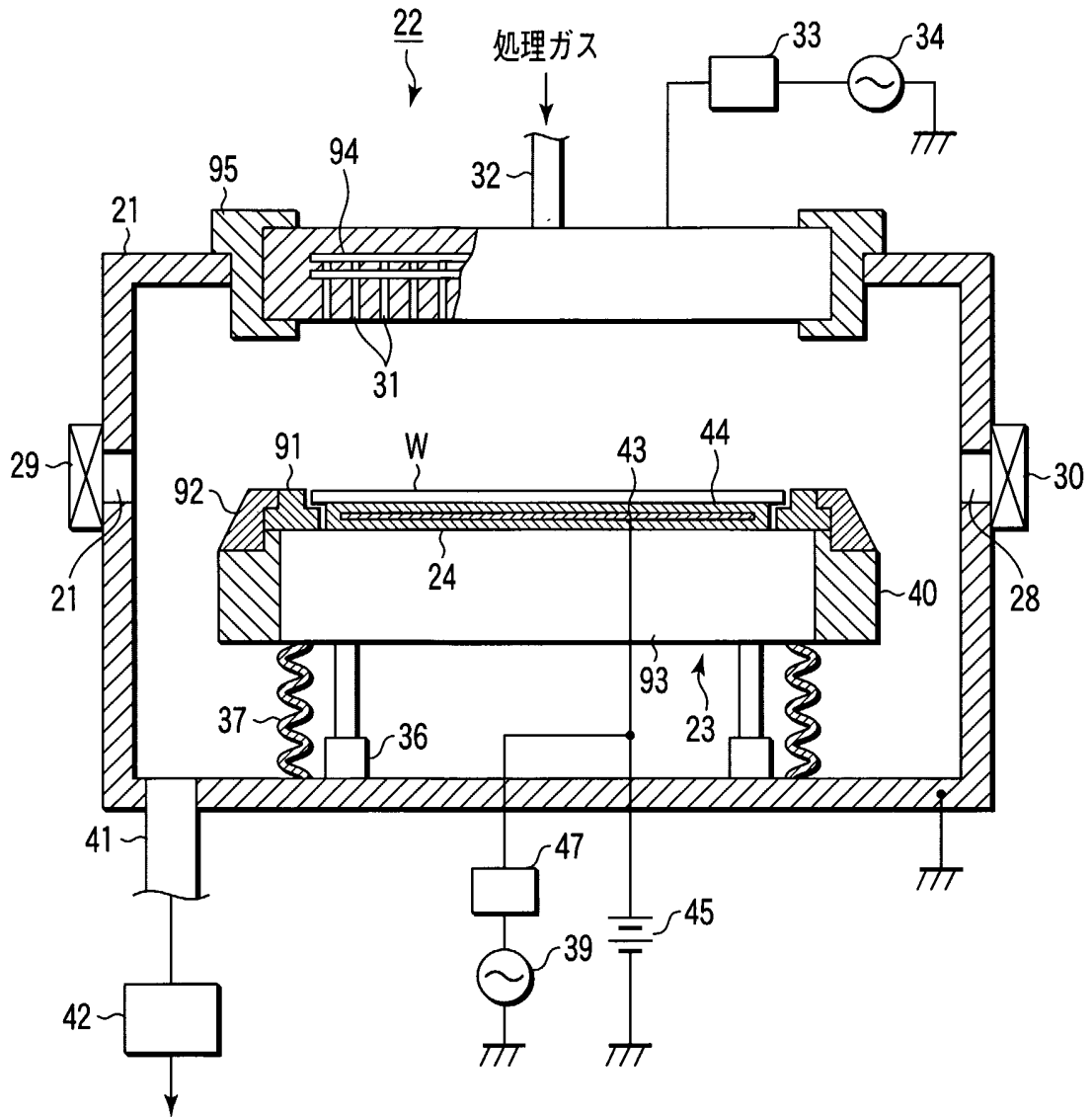


FIG. 22

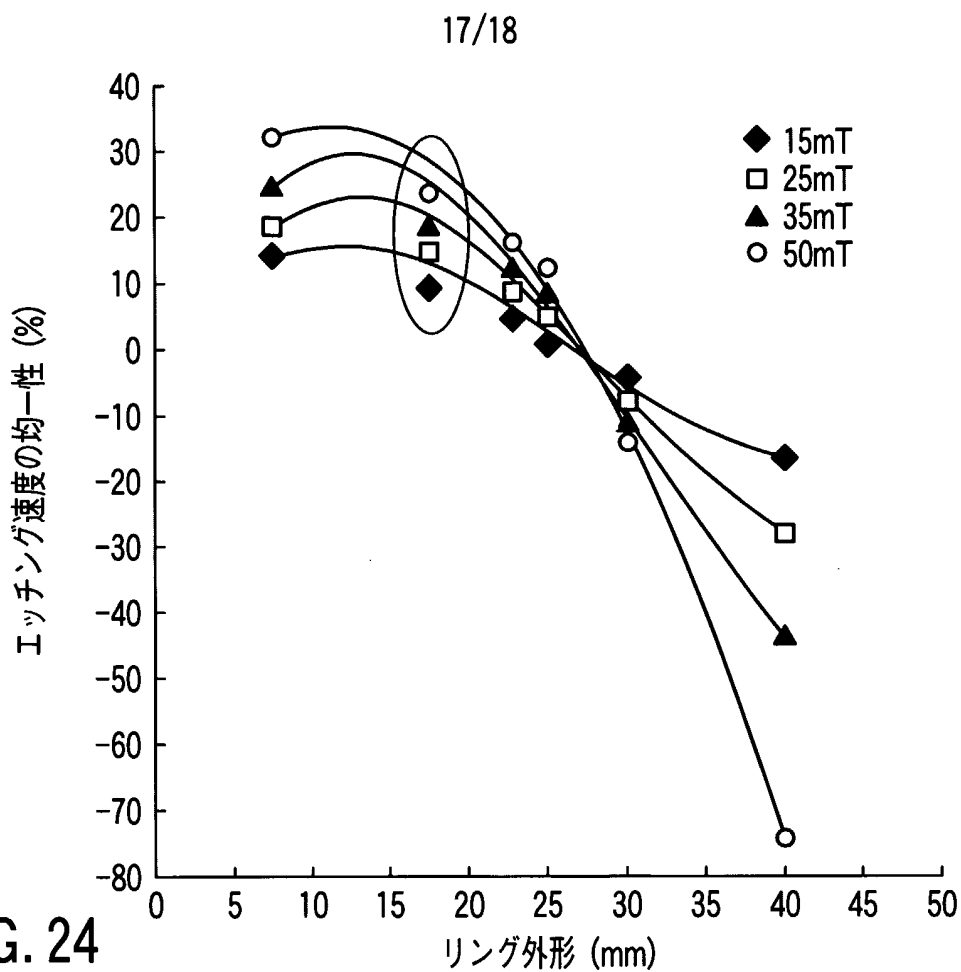


FIG. 24

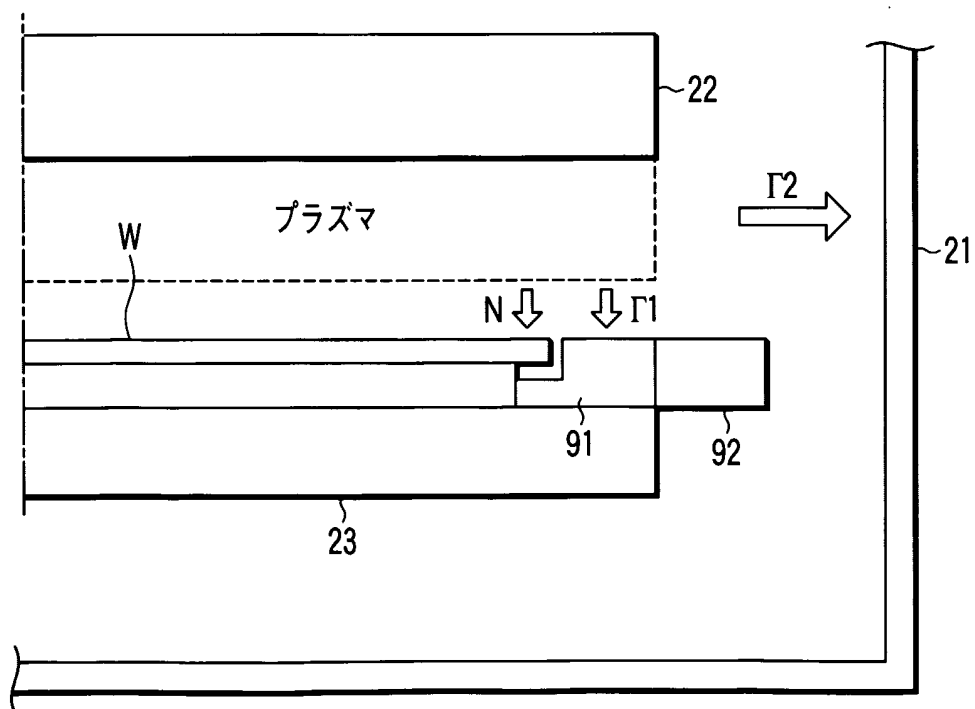


FIG. 25

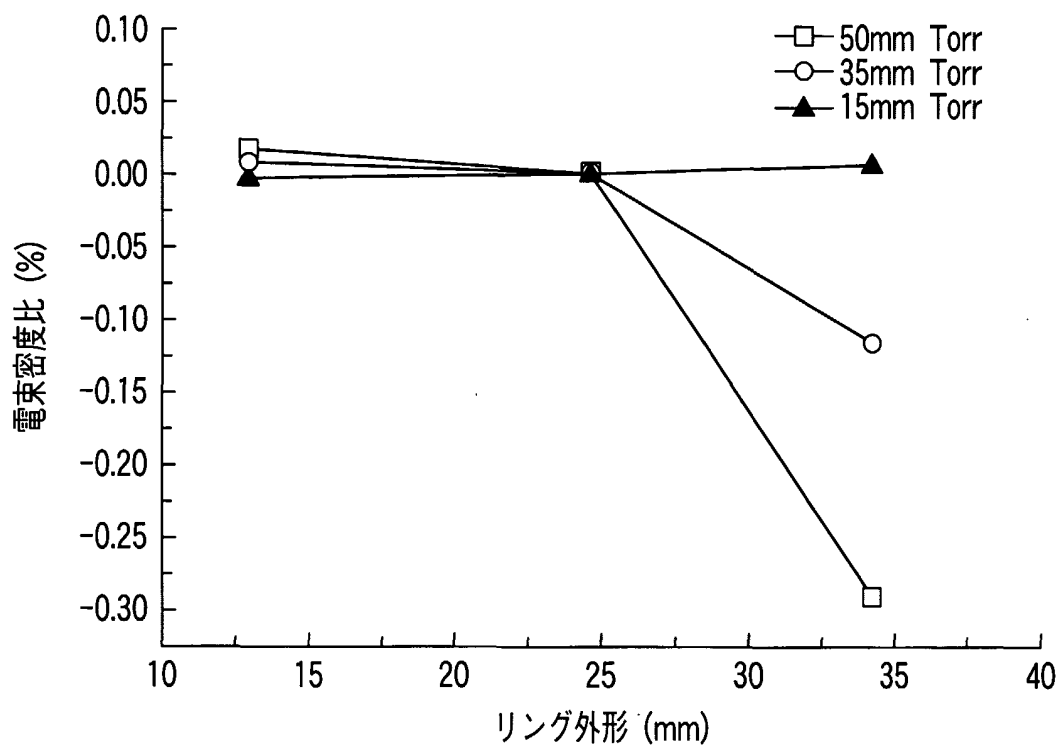


FIG. 26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/13016

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	JP 07-245292 A (Tokyo Electron Ltd.), 19 September, 1995 (19.09.95), Par. Nos. [0014] to [0033] (Family: none)	1-11
Y	JP 2000-243707 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 08 September, 2000 (08.09.00), Par. Nos. [0014] to [0052] (Family: none)	1-11
X, <u>A</u>	US 6210593 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 03 April, 2001 (03.04.01), Column 6, line 36 to column 12, line 29 & JP 10-280173 A	12,13, <u>14-20</u>

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Date of the actual completion of the international search 07 March, 2003 (07.03.03)	Date of mailing of the international search report 25 March, 2003 (25.03.03)
----------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/13016

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Inventions as set forth in Claims 1-11 are technologies to allow plasma to come into a clearance by a cover ring fitted to the outer periphery of a focus ring through a clearance.

Inventions as set forth in Claims 12-20 are technologies to prevent, by a higher formed inside ring, a processed body from being affected by a chemical action occurred on an outside ring under a plasma environment.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest** The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int.Cl.⁷ H01L21/3065

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 H01L21/3065

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 07-245292 A (東京エレクトロン株式会社) 1995. 09. 19 第14~33段落 (ファミリーなし)	1-11 1-11
Y	JP 2000-243707 A (松下電器産業株式会社) 2000. 09. 08 第14~52段落 (ファミリーなし)	
X, <u>A</u>	US 6210593 A (Matsushita Electric Industrial Co.,) 2001. 04. 03 第6欄第36行~第12欄第29行 & JP 10-280173 A	12, 13, <u>14-20</u>

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
07.03.03

国際調査報告の発送日
25.03.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
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)
今井 淳一 (印)
4R 9055
電話番号 03-3581-1101 内線 6376

第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲第 1-11 項に記載された発明は、フォーカスリングの外周に隙間を空けた挿嵌されたカバーリングによってプラズマを隙間に入り込ませる技術である。

請求の範囲第 12-20 項に記載された発明は、プラズマ環境下において外側のリング上で発生した化学作用を高く形成された内側リングにより被処理体に影響しないようにする技術である。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。