

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-183184

(P2014-183184A)

(43) 公開日 平成26年9月29日(2014.9.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 5 A	4 M 1 1 9
HO 1 L 21/3213 (2006.01)	HO 1 L 21/88 D	5 F 0 0 4
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/88 M	5 F 0 3 3
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 27/10 4 4 7	5 F 0 9 2
HO 1 L 23/532 (2006.01)	HO 1 L 43/12	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-56584 (P2013-56584)
 (22) 出願日 平成25年3月19日 (2013.3.19)

(71) 出願人 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (74) 代理人 100122507
 弁理士 柏岡 潤二
 (72) 発明者 西村 栄一
 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
 z タワー 東京エレクトロン株式会社内
 (72) 発明者 榑引 理人
 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
 z タワー 東京エレクトロン株式会社内
 最終頁に続く

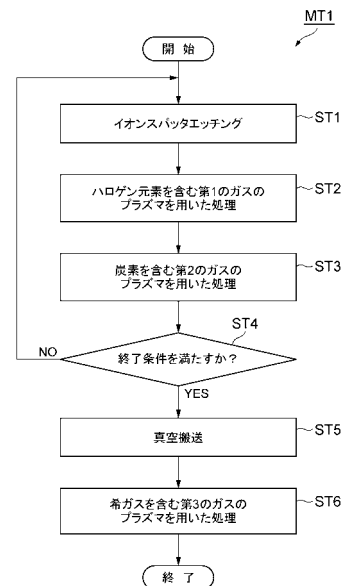
(54) 【発明の名称】 コバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】電子デバイスの製造において、コバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法が提供される。

【解決手段】被処理体のコバルト及びパラジウムを含む膜をイオンスパッタエッチングによりエッチングする工程 a と、ハロゲン元素を含む第 1 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程 b と、炭素を含む第 2 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程 c と、希ガスを含む第 3 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程 d と、を含む。工程 a、工程 b、及び、工程 c において、前記被処理体を載置する載置台の温度が 10 以下の第 1 の温度に設定される。また、工程 d において、前記被処理体を載置する載置台の温度が、前記第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に設定される。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理体のコバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法であって、該膜上にはハードマスクが設けられており、

イオンスパッタエッチングにより前記膜をエッチングする工程と、

前記膜をエッチングする工程の後、ハロゲン元素を含む第 1 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程と、

前記第 1 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程の後、炭素を含む第 2 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程と、

前記第 2 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程の後、希ガスを含む第 3 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程と、

を含み、

前記膜をエッチングする工程、前記第 1 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程、及び、前記第 2 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程において、前記被処理体を載置する載置台の温度が 10 以下の第 1 の温度に設定され、

前記第 3 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程において、前記被処理体を載置する載置台の温度が、前記第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に設定される、

方法。

【請求項 2】

前記第 1 の温度が、- 10 以下である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 3 のガスは、水素ガスを更に含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記膜をエッチングする工程、前記第 1 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程、及び、前記第 2 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程が順に繰り返され、次いで、前記第 3 のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程が行われる、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の種々の側面及び実施形態は、コバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電子デバイスの製造においては、半導体材料から構成された膜のエッチングのために、プラズマエッチングが従来から用いられている。プラズマエッチングでは、処理ガスのプラズマに被処理体を晒すことにより、エッチング対象の膜を化学的に又は物理的にエッチングすることができる。

【0003】

また、電子デバイスは、難エッチング材からなる膜を有することがあり、難エッチング材料をプラズマエッチングによってパターンニングすることも必要となっている。例えば、特許文献 1 には、難エッチング材料の一種として、コバルト (Co) 及びパラジウム (Pd) を含む膜 (「CoPd 膜」という) を有する MRAM 素子が記載されている。また、同文献には、炭化水素ガス及び不活性ガスを含む混合ガスのプラズマを発生させ、CoPd 膜の温度を 250 以下に設定し、バイアス電力によってイオンを CoPd 膜に引き込むことにより、CoPd 膜をエッチングすることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011 - 14881 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載されているように、C o P d膜は、所謂イオンスパッタエッチングによってパターンングされる。しかしながら、C o P d膜のエッチングに用いられるハードマスクは、C o P d膜のイオンスパッタエッチングに対する選択性が低い。したがって、特許文献1に記載されたエッチング方法では、C o P d膜のエッチング完了までの間に、ハードマスクの側面の垂直性が顕著に低下する。また、イオンスパッタエッチングによって削られた膜の構成材料は、ハードマスク及びエッチングによって形成された膜の側面に再付着する。

10

【0006】

したがって、本技術分野においては、コバルト及びパラジウムを含む膜を、ハードマスクの側面の垂直性の劣化を抑制しつつエッチングすることができ、且つ、被処理体に再付着する堆積物を除去することが必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一側面においては、被処理体のコバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法が提供される。当該膜上には、ハードマスクが設けられている。この方法は、(a)イオンスパッタエッチングにより前記膜をエッチングする工程(以下、「工程a」という)と、(b)前記膜をエッチングする工程の後、ハロゲン元素を含む第1のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程(以下、「工程b」という)と、(c)前記第1のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程の後、炭素を含む第2のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程(以下、「工程c」という)と、(d)前記第2のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程の後、希ガスを含む第3のガスのプラズマに前記被処理体を晒す工程(以下、「工程d」という)と、を含む。この方法では、工程a、工程b、及び、工程cにおいて、前記被処理体を載置する載置台の温度が10 以下の第1の温度に設定される。また、工程dにおいて、前記被処理体を載置する載置台の温度が、前記第1の温度よりも高い第2の温度に設定される。一形態においては、工程a~cが順に繰り返され、その後、被処理体を大気に晒すことなく、工程dが実施されてもよい。なお、コバルト及びパラジウムを含む膜は、コバルト層及びパラジウム層が交互に設けられた多層膜であってもよく、コバルト及びパラジウムが合金化することによって構成された膜であってもよい。以下、コバルト及びパラジウムを含む膜を、「C o P d膜」と称する。

20

30

【0008】

上記一側面に係る方法では、工程aにおいて、10 以下の低温に設定された載置台上でイオンスパッタエッチングによりC o P d膜が削られる。かかる温度の下でのイオンスパッタエッチングによれば、ハードマスクの側面の垂直性の劣化を抑制することができる。また、この方法では、ハードマスク及びエッチングによって形成された膜の側面に付着する堆積物が工程bにおいてハロゲン化され、工程cにおいて被処理体が炭素を含むガスのプラズマに晒される。これにより、載置台の温度を10 以下の温度に設定しても、堆積物が部分的に除去され得る。なお、堆積物が部分的に除去され得る理由は、工程a及びbにおいて載置台の温度を10 以下に設定しているため、堆積物の結晶性が低くなるからであるものと推測される。さらに、この方法では、比較的高温の第2の温度に設定された載置台上で被処理体が第3のガスのプラズマに晒される。これにより、部分的に残された堆積物を除去することも可能となる。

40

【0009】

一形態においては、第1の温度は-10 以下である。かかる温度に設定された載置台上に被処理体を載置して工程a~cを実施することで、ハードマスクの側面の垂直性の劣化を更に抑制することが可能となる。

【0010】

一形態においては、第3のガスは、水素ガスを更に含んでいてもよい。工程cでは炭素

50

を含むガスのプラズマに被処理体が晒されるので、被処理体上には炭素を含有する膜が形成され得る。第3のガスに水素を含めることにより、被処理体上に形成された炭素を含有する膜も除去することが可能となる。

【発明の効果】

【0011】

以上説明したように、コバルト及びパラジウムを含む膜を、ハードマスクの側面の垂直性の劣化を抑制しつつエッチングすることができ、且つ、被処理体に再付着する堆積物を除去することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】コバルト及びパラジウムを含む膜を有する被処理体の一例を示す図である。

【図2】一実施形態に係るコバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法を示す流れ図である。

【図3】図2に示す方法の各工程を説明するための図である。

【図4】図2に示す方法の各工程を説明するための図である。

【図5】図2に示す方法の各工程を説明するための図である。

【図6】図2に示す方法の各工程を説明するための図である。

【図7】図2に示す方法の各工程を説明するための図である。

【図8】一実施形態に係る処理システムを概略的に示す図である。

【図9】一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【図10】一実施形態に係る別のプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【図11】図10に示すプラズマ処理装置の高周波アンテナの平面図である。

【図12】実験例1、実験例2、及び比較実験例1の結果を示す図である。

【図13】実験例3、比較実験例2及び3の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

【0014】

まず、一実施形態のコバルト及びパラジウムを含む膜（以下、「CoPd膜」という）をエッチングする方法を適用し得る被処理体について説明する。図1は、CoPd膜を有する被処理体の一例を示す図である。図1には、MRAM素子の製造に用いられる被処理体Wの断面が示されている。この被処理体（以下、「ウエハ」という）Wは、基板SB、下部電極層LE、ピン止め層PL、第1磁性層MG1、絶縁層IL、第2磁性層MG2、CoPd膜CP、上部電極層UE、及びハードマスクHMを有している。

【0015】

下部電極層LEは、基板SB上に設けられており、例えば、Ti（チタン）から構成され得る。下部電極層LE上には、ピン止め層PLが設けられている。ピン止め層PLは、反強磁性体材料から構成され、例えば、IrMn、又はPtMnから構成され得る。このピン止め層PL上には、MTJ（磁気トンネル接合）を構成する第1磁性層MG1、絶縁層IL、第2磁性層MG2が順に積層されている。第1磁性層MG1及び第2磁性層MG2は、例えば、CoFeBから構成され得る。また、絶縁層ILは、MgO又はAl₂O₃から構成され得る。

【0016】

第2磁性層MG2上には、CoPd膜CPが設けられている。図1に示すウエハWのCoPd膜CPは、Co層及びPd層が交互に積層されることによって構成される多層膜である。このCoPd膜CP上には、上部電極層UEが設けられている。上部電極層UEは、例えば、Ruから構成され得る。また、上部電極層UE上には、ハードマスクHMが設けられている。ハードマスクHMは、上部電極層UE及びCoPd膜CPのエッチング用のマスクであり、例えば、W（タングステン）から構成され得る。なお、ハードマスクH

10

20

30

40

50

Mは、Ta、TiN等から構成されていてもよい。

【0017】

以下、一実施形態のCoPd膜をエッチングする方法を、図1に示すウエハWをその適用対象として例にとり、説明する。図2は、一実施形態に係るコバルト及びパラジウムを含む膜をエッチングする方法を示す流れ図である。以下、図2に示す方法MT1を、図2と共に図3～図7を参照しつつ説明する。図3～図7は、図2に示す方法の各工程を説明するための図である。

【0018】

方法MT1では、まず、工程ST1が実施される。工程ST1では、プラズマ処理装置の処理容器内において、イオンパッタエッチングによってCoPd膜CPがエッチングされる。工程ST1においては、希ガス、例えばArガスのプラズマが生成され、図3に示すように、プラズマ中のイオンがバイアス電力によってウエハWに引き込まれる。図3においては、矢印の基端に描かれた円がイオンを示している。このように、工程ST1では、イオンがウエハWに引き込まれることによって、CoPd膜CPが物理的にエッチングされる。この工程ST1は、ウエハWを載置する載置台の温度が10以下第1の温度に設定された状態で実施される。一実施形態においては、工程ST1の載置台の温度は、-10以下であってもよい。

10

【0019】

なお、上部電極層UEのエッチングもCoPd膜CPのエッチングと同様に実行することができ、したがって、初回に実施される工程ST1は、上部電極層UEのエッチングを兼ねていてもよい。

20

【0020】

工程ST1によってCoPd膜CPがエッチングされると、図4に示すように、当該膜CPから削られた物質は堆積物DFとなって、ハードマスクHMの表面、上部電極層UEの側面、及び、エッチングによって形成されたCoPd膜CPの側面に付着する。方法MT1では、工程ST1において形成された堆積物DFを部分的に除去するために、図2に示すように、工程ST2及び工程ST3が実施される。

【0021】

工程ST2では、プラズマ処理装置の処理容器内において第1のガスのプラズマにウエハWが晒される。この第1のガスは、ハロゲン元素を含み得る。例えば、第1のガスは、NF₃ガスを含み得る。この工程ST2も、ウエハWを載置する載置台の温度が10以下の第1の温度に設定された状態で実施される。一実施形態においては、工程ST2の載置台の温度は、-10以下であってもよい。

30

【0022】

加えて、第1のガスは、ハードマスクHMのエッチングを抑制するために、炭素を含んでいてもよい。例えば、第1のガスは、メタンガスを含み得る。これにより、炭素に基づく保護膜がハードマスクHMの表面に形成され、ハードマスクHMのエッチングが抑制され得る。

【0023】

工程ST2が実施されると、図5に示すように、ハロゲン元素、又はハロゲン元素を含む分子の活性種が生成され、当該活性種に堆積物DFが晒される。図5においては、矢印の基端に描かれた円が、活性種を表わしている。この工程ST2の結果、堆積物DFがハロゲン化され、図6に示すように、堆積物DFが、ハロゲン化された堆積物DFXに変化する。

40

【0024】

図2に示すように、方法MT1では、次いで、工程ST3が実施される。工程ST3では、プラズマ処理装置の処理容器内において第2のガスのプラズマにウエハWが晒される。この第2のガスは、炭素を含み得る。例えば、第2のガスは、メタンガスを含み得る。なお、第2のガスは、メタンガスに代えて、或いはこれに加えて、CHF₃、CH₂F₂、CH₃F、C₄F₆といったC_xF_y、CO、又はCO₂といった他のガスを含んでい

50

てもよい。この工程 S T 3 も、ウエハ W を載置する載置台の温度が 1 0 以下の第 1 の温度に設定された状態で実施される。一実施形態においては、工程 S T 3 の載置台の温度は、- 1 0 以下であってもよい。

【 0 0 2 5 】

一実施形態においては、また、第 2 のガスは、水素ガスを含んでいてもよい。上述したように、第 2 のガスは炭素を含んでいるので、ウエハ W の表面に炭素に基づく膜が形成され得る。しかし、炭素の量が過剰となると、膜が過剰に形成されることになる。第 2 のガスに水素ガスを添加することによって第 2 のガス中の炭素が希釈されるので、過剰な膜の形成が抑制される。

【 0 0 2 6 】

工程 S T 3 が実施されると、図 6 に示すように、炭素、又は炭素を含む分子の活性種が生成され、当該活性種に堆積物 D F X が晒される。図 6 においては、矢印の基端に描かれた円が、活性種を表わしている。この工程 S T 3 の結果、堆積物 D F X が部分的に除去される。

【 0 0 2 7 】

図 1 に戻り、一実施形態の方法 M T 1 では、工程 S T 4 において、終了条件が満たされるか否かが判定される。終了条件は、例えば、工程 S T 1 ~ S T 3 のサイクルが繰り返される上限回数である。この終了条件が満たされない場合には、再び工程 S T 1 からの処理が行われる。一方、終了条件が満たされる場合には、方法 M T 1 は、部分的に残された堆積物を除去するための処理に移行する。

【 0 0 2 8 】

一実施形態においては、工程 S T 1 ~ S T 3 のサイクルの繰り返しの後、別のプラズマ処理装置の処理容器内においてウエハ W を更に処理するために、ウエハ W は真空搬送系を介して当該別のプラズマ処理装置に搬送される（工程 S T 5）。工程 S T 1 ~ 工程 S T 3 は 1 0 以下の低温で実施されているため、ウエハ W が大気中で搬送されると、ウエハ W は結露し得る。一方、真空搬送系を介してウエハ W を搬送することによって、ウエハ W の結露を防止することができる。

【 0 0 2 9 】

次いで、方法 M T 1 では、工程 S T 6 が実施される。工程 S T 6 では、上述した別のプラズマ処理装置の処理容器内において、ウエハ W が第 3 のガスのプラズマに晒される。この第 3 のガスは、A r ガスといった希ガスを含み得る。この工程 S T 6 では、ウエハ W を載置する載置台の温度が、第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に設定される。第 2 の温度は、1 0 0 以上であることが好ましく、2 0 0 であってもよい。

【 0 0 3 0 】

一実施形態においては、第 3 のガスは、水素ガスを含んでいてもよい。上述したように、ウエハ W の表面には、先の工程において使用された炭素に基づく膜が残存し得る。第 3 のガスに水素ガスを添加することにより、炭素に基づく膜を除去することが可能である。

【 0 0 3 1 】

また、一実施形態においては、工程 S T 6 は、ウエハ W にイオンを引き込むためのバイアス電力を使用しない。即ち、工程 S T 6 は、無バイアス状態で実施されてもよい。工程 S T 6 は比較的高温化で実施されるので、無バイアス状態で工程 S T 6 を実施することにより、ウエハ W の表面やハードマスク H M に対するダメージを抑制することが可能となる。

【 0 0 3 2 】

この工程 S T 6 が実施されると、ウエハ W の表面は、希ガス原子の活性種、或いは、これに加えて水素の活性種に晒される。これにより、ウエハ W の表面に付着していた堆積物 D F X が除去される。その結果、図 7 に示すように、エッチングされた C o P d 膜 C P が得られる。

【 0 0 3 3 】

上述したように、方法 M T 1 の工程 S T 1 では、載置台の温度が 1 0 以下の第 1 の温

10

20

30

40

50

度に設定される。かかる第1の温度の下でのイオンスパッタエッチングによれば、ハードマスクHMのエッチングが抑制されるので、ハードマスクHMの側面の垂直性の劣化を抑制することができる。また、第1の温度が-10以下であれば、ハードマスクHMの側面の垂直性の劣化が、更に抑制される。

【0034】

また、方法MT1では、堆積物DFが工程ST2においてハロゲン化され、工程ST3においてウエハWが炭素を含む第2のガスのプラズマに晒される。これにより、載置台の温度を10以下の温度に設定しても、堆積物DFが部分的に除去され得る。堆積物DFが部分的に除去され得る理由は、工程ST1及びST2において載置台の温度を10以下に設定しているため、堆積物DF（又はDFX）の結晶性が低くなるからであるものと推測される。また、堆積物DFは、ハロゲン化されることにより、炭素を含む分子と錯体を形成し易い状態になるものと推測される。これにより、第1の温度に載置台の温度が設定されていても、堆積物DFを除去することが可能になるものと推測される。

10

【0035】

また、方法MT1の工程ST6では、部分的に残された堆積物を除去するために、比較的高温の第2の温度に設定された載置台上にウエハWが載置されて、処理される。これにより、低温下の工程ST1～ST3の処理において部分的に残された堆積物を除去することが可能となる。

【0036】

以下、方法MT1の実施に用いることが可能な処理システムについて説明する。図8は、一実施形態に係る処理システムを概略的に示す図である。図8に示す処理システム300は、載置台322a～322d、収容容器324a～324d、ローダモジュールLM、ロードロックチャンバLL1、LL2、プロセスモジュールPM1、PM2、PM3、及び、トランスファーチャンバ321を備えている。

20

【0037】

載置台322a～322dは、ローダモジュールLMの一縁に沿って配列されている。これら載置台322a～322dの上には、収容容器324a～324dがそれぞれ載置されている。収容容器324a～324d内には、ウエハWが収容されている。

【0038】

ローダモジュールLM内には、搬送ロボットRb1が設けられている。搬送ロボットRb1は、収容容器324a～324dの何れかに収容されているウエハWを取り出して、当該ウエハWを、ロードロックチャンバLL1又はLL2に搬送する。

30

【0039】

ロードロックチャンバLL1及びLL2は、ローダモジュールLMの別の縁に沿って設けられており、予備減圧室を構成している。ロードロックチャンバLL1及びLL2は、トランスファーチャンバ321にゲートバルブを介してそれぞれ接続されている。

【0040】

トランスファーチャンバ321は、減圧可能なチャンバであり、当該チャンバ内には別の搬送ロボットRb2が設けられている。このトランスファーチャンバ321内の搬送ロボットRb2を用いることにより、方法MT1の工程ST5、即ち、真空環境下でのウエハWの搬送が可能となる。

40

【0041】

トランスファーチャンバ321には、プロセスモジュールPM1～PM2が対応のゲートバルブを介してそれぞれ接続されている。搬送ロボットRb2は、ロードロックチャンバLL1又はLL2からウエハWを取り出して、プロセスモジュールPM1、及びPM2に順に搬送する。処理システム300のプロセスモジュールPM1は、プラズマ処理装置であり、工程ST1～ST3を実施し得る装置である。また、処理システム300のプロセスモジュールPM2は、プラズマ処理装置であり、工程ST6を実施し得る装置である。

【0042】

50

図9は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図9には、プラズマ処理装置10の断面構造が概略的に示されている。図9に示すプラズマ処理装置10は、処理システム300のプロセスモジュールPM1として用いられ得る。

【0043】

プラズマ処理装置10は、処理容器12を備えている。処理容器12は、略円筒形状を有しており、その内部空間として処理空間Sを画成している。プラズマ処理装置10は、処理容器12内に、載置台SGを備えている。載置台SGは、略円板形状のベース14及び静電チャック50を含んでいる。ベース14は、処理空間Sの下方に設けられている。ベース14は、例えばアルミニウム製であり、下部電極を構成している。ベース14は、後述する静電チャック50の熱を吸熱して、静電チャック50を冷却する機能を有する。

10

【0044】

ベース14の内部には、冷媒流路15が形成されており、冷媒流路15には、冷媒入口配管、冷媒出口配管が接続される。そして、冷媒流路15の中に適宜の冷媒、例えば冷却水等をチラーユニットを用いて循環させることによって、ベース14及び静電チャック50を所定の温度に制御可能な構成とされている。

【0045】

また、プラズマ処理装置10は、筒状保持部16及び筒状支持部17を更に備えている。筒状保持部16は、ベース14の側面及び底面の縁部に接して、ベース14を保持している。筒状支持部17は、処理容器12の底部から垂直方向に延在し、筒状保持部16を介してベース14を支持している。プラズマ処理装置10は、この筒状保持部16の上面に載置されるフォーカスリング18を更に備えている。フォーカスリング18は、例えば、シリコン又は石英から構成され得る。

20

【0046】

処理容器12の側壁と筒状支持部17との間には、排気路20が形成されている。排気路20の入口又はその途中には、バッフル板22が取り付けられている。また、排気路20の底部には、排気口24が設けられている。排気口24は、処理容器12の底部に嵌め込まれた排気管28によって画成されている。この排気管28には、排気装置26が接続されている。排気装置26は、真空ポンプを有しており、処理容器12内の処理空間Sを所定の真空度まで減圧することができる。また、処理容器12の側壁には、ウエハWの搬入出口を開閉するゲートバルブ30が取り付けられている。

30

【0047】

ベース14には、イオン引き込み用の高周波バイアス電源を発生する高周波電源32が整合器34を介して電氣的に接続されている。高周波電源32は、例えば、400KHzの高周波バイアス電力を下部電極、即ち、ベース14に印加する。

【0048】

プラズマ処理装置10は、更に、内にシャワーヘッド38を備えている。シャワーヘッド38は、処理空間Sの上方に設けられている。シャワーヘッド38は、電極板40及び電極支持体42を含んでいる。

【0049】

電極板40は、略円板形状を有する導電性の板であり、上部電極を構成している。電極板40には、プラズマ生成用の高周波電源35が整合器36を介して電氣的に接続されている。第1高周波電源35は、例えば60MHzの高周波電力を電極板40に印加する。高周波電源32及び高周波電源35によってベース14及び電極板40に高周波電力がそれぞれ与えられると、ベース14と電極板40との間の空間、即ち、処理空間Sには高周波電界が形成される。

40

【0050】

電極板40には、複数のガス通気孔40hが形成されている。電極板40は、電極支持体42によって着脱可能に支持されている。電極支持体42の内部には、バッファ室42aが設けられている。プラズマ処理装置10は、ガス供給部44を更に備えており、バッファ室42aのガス導入口25にはガス供給導管46を介してガス供給部44が接続され

50

ている。ガス供給部 44 は、処理空間 S に処理ガスを供給する。ガス供給部 44 は、複数のガスを供給し得る。一実施形態においては、ガス供給部 44 は、Ar ガス、水素 (H_2) ガス、メタンガス、及び、 NF_3 ガスを選択的にガス供給導管 46 を介してシャワーヘッド 38 に供給し得る。

【0051】

電極支持体 42 には、複数のガス通気孔 40h にそれぞれ連続する複数の孔が形成されており、当該複数の孔はバッファ室 42a に連通している。したがって、ガス供給部 44 から供給されるガスは、バッファ室 42a、ガス通気孔 40h を経由して、処理空間 S に供給される。

【0052】

一実施形態においては、処理容器 12 の天井部に、環状又は同心状に延在する磁場形成機構 48 が設けられている。この磁場形成機構 48 は、処理空間 S における高周波放電の開始 (プラズマ着火) を容易にして放電を安定に維持するよう機能する。

【0053】

一実施形態においては、ベース 14 の上面に静電チャック 50 が設けられている。この静電チャック 50 は、電極 52、並びに、一对の絶縁膜 54a 及び 54b を含んでいる。絶縁膜 54a 及び 54b は、セラミック等の絶縁体により形成される膜である。電極 52 は、導電膜であり、絶縁膜 54a と絶縁膜 54b の間に設けられている。この電極 52 には、スイッチ SW を介して直流電源 56 が接続されている。直流電源 56 から電極 52 に直流電圧が与えられると、クーロン力が発生し、当該クーロン力によってウエハ W が静電チャック 50 上に吸着保持される。静電チャック 50 の内部には、加熱素子であるヒータ 53 が埋め込まれ、ウエハ W を所定温度に加熱できるようになっている。ヒータ 53 は、配線を介してヒータ電源に接続される。

【0054】

プラズマ処理装置 10 は、ガス供給ライン 58 及び 60、並びに、伝熱ガス供給部 62 及び 64 を更に備えている。伝熱ガス供給部 62 は、ガス供給ライン 58 に接続されている。このガス供給ライン 58 は、静電チャック 50 の上面まで延びて、当該上面の中央部分において環状に延在している。伝熱ガス供給部 62 は、例えば He ガスといった伝熱ガスを、静電チャック 50 の上面とウエハ W との間に供給する。また、伝熱ガス供給部 64 はガス供給ライン 60 に接続されている。ガス供給ライン 60 は、静電チャック 50 の上面まで延びて、当該上面においてガス供給ライン 58 を囲むように環状に延在している。伝熱ガス供給部 64 は、例えば He ガスといった伝熱ガスを、静電チャック 50 の上面とウエハ W との間に供給する。

【0055】

一実施形態においては、プラズマ処理装置 10 は、制御部 66 を更に備えている。この制御部 66 は、排気装置 26、スイッチ SW、高周波電源 32、整合器 34、高周波電源 35、整合器 36、ガス供給部 44、並びに、伝熱ガス供給部 62 及び 64 に接続されている。制御部 66 は、排気装置 26、スイッチ SW、高周波電源 32、整合器 34、高周波電源 35、整合器 36、ガス供給部 44、並びに、伝熱ガス供給部 62 及び 64 のそれぞれに制御信号を送出する。制御部 66 からの制御信号により、排気装置 26 による排気、スイッチ SW の開閉、高周波電源 32 からの高周波バイアス電力の供給、整合器 34 のインピーダンス調整、高周波電源 35 からの高周波電力の供給、整合器 36 のインピーダンス調整、ガス供給部 44 による処理ガスの供給、伝熱ガス供給部 62 及び 64 それぞれによる伝熱ガスの供給が、制御される。

【0056】

このプラズマ処理装置 10 では、ガス供給部 44 から Ar ガスを処理空間 S に供給して当該ガスを励起させることによって、工程 ST1 を実施することが可能である。なお、工程 ST1 において用いられるガスは、Ar ガス以外の他の希ガスであってもよく、希ガス以外のガスであってもよい。また、ガス供給部 44 から NF_3 ガスを処理空間 S に供給して、当該ガスを励起させることによって、工程 ST2 を実施することが可能である。なお

10

20

30

40

50

、工程 S T 2 においては、 $N F_3$ に代る他のハロゲン含有ガスが用いられてもよい。また、工程 S T 2 においては、メタンガスといった炭素を含むガス、及び / 又は Ar ガスといった希ガスが、処理空間 S に供給されてもよい。また、プラズマ処理装置 1 0 では、ガス供給部 4 4 からメタンガスを処理空間 S に供給して当該ガスを励起させることによって、工程 S T 3 を実施することが可能である。なお、工程 S T 3 では、炭素を含む他のガスが用いられてもよく、また、処理空間 S に供給されるガスに水素ガスが含まれていてもよい。

【 0 0 5 7 】

次いで、図 1 0 及び図 1 1 を参照する。図 1 0 は、一実施形態に係る別のプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 1 1 は、図 1 0 に示すプラズマ処理装置の高周波アンテナの平面図である。図 1 0 に示すプラズマ処理装置 1 0 0 は、処理システム 3 0 0 のプロセスモジュール P M 2 として用いることが可能である。

10

【 0 0 5 8 】

プラズマ処理装置 1 0 0 は、金属製（例えばアルミニウム製）の筒状（例えば円筒状）に形成された処理容器 1 9 2 を備える。処理容器 1 9 2 は、その内部に空間 S 1 0 0 を画成している。

【 0 0 5 9 】

処理容器 1 9 2 の底部には、ウエハ W を載置するための載置台 1 1 0 が設けられている。載置台 1 1 0 は、アルミニウム等から構成されており、略柱状（例えば円柱状）に形成されている。なお、載置台 1 1 0 には、ウエハ W をクーロン力により吸着保持する静電チャック、ヒータや冷媒流路などの温度調整機構等、必要に応じて様々な機能が設けられている。

20

【 0 0 6 0 】

処理容器 1 9 2 の天井部には、例えば石英ガラスやセラミック等で構成された板状誘電体 1 9 4 が載置台 1 1 0 に対向するように設けられている。例えば、板状誘電体 1 9 4 は、円板状に形成されており、処理容器 1 9 2 の天井部に形成された開口を塞ぐように気密に取り付けられている。

【 0 0 6 1 】

処理容器 1 9 2 には、ガス供給部 1 2 0 が接続されている。ガス供給部 1 2 0 は、空間 S 1 0 0 にガスを供給する。具体的に、ガス供給部 1 2 0 は、Ar ガスを供給する。なお、ガス供給部 1 2 0 は、Ar ガ스에代えて他の希ガスを供給してもよい。また、ガス供給部 1 2 0 は、一実施形態においては、希ガスに加えて水素 (H_2) ガスを、空間 S 1 0 0 に供給してもよい。

30

【 0 0 6 2 】

処理容器 1 9 2 の底部には、処理容器 1 9 2 内の雰囲気を出する排気部 1 3 0 が排気管 1 3 2 を介して接続されている。排気部 1 3 0 は、例えば真空ポンプにより構成され、処理容器 1 9 2 内を所定の圧力まで減圧し得るようになっている。

【 0 0 6 3 】

処理容器 1 9 2 の側壁部にはウエハ搬出入口 1 3 4 が形成され、ウエハ搬出入口 1 3 4 にはゲートバルブ 1 3 6 が設けられている。例えばウエハ W の搬入の際には、ゲートバルブ 1 3 6 が開かれ、ウエハ W が処理容器 1 9 2 内の載置台 1 1 0 上に載置され、ゲートバルブ 1 3 6 が閉じられ、ウエハ W の処理が行われる。

40

【 0 0 6 4 】

処理容器 1 9 2 の天井部には、板状誘電体 1 9 4 の上側面（外側面）に平面状の高周波アンテナ 1 4 0 と、高周波アンテナ 1 4 0 を覆うシールド部材 1 6 0 が配設されている。高周波アンテナ 1 4 0 は、大別すると板状誘電体 1 9 4 の中央部に配置された内側アンテナ素子 1 4 2 A と、その外周を囲むように配置された外側アンテナ素子 1 4 2 B とで構成されている。アンテナ素子 1 4 2 A、1 4 2 B はそれぞれ、例えば銅、アルミニウム、ステンレスなどの導体で構成された渦巻きコイル状に形成され得る。

【 0 0 6 5 】

50

アンテナ素子 142 A、142 B は共に、複数の挟持体 144 に挟持されて一体となっている。各挟持体 144 は、例えば、図 11 に示すように棒状に形成されており、これらの挟持体 144 は、内側アンテナ素子 142 A の中央付近から外側アンテナ素子 142 B の外側に張り出すように放射状に配置されている。図 11 は、各アンテナ素子 142 A、142 B を 3 つの挟持体 144 で挟持した場合の具体例である。

【0066】

シールド部材 160 は、内側アンテナ素子 142 A を囲むように各アンテナ素子 142 A、142 B の間に設けられた筒状の内側シールド壁 162 A と、外側アンテナ素子 142 B を囲むように設けられた筒状の外側シールド壁 162 B とを備えている。これにより、板状誘電体 194 の上側面は、内側シールド壁 162 A の内側の中央部（中央ゾーン）と、各シールド壁 162 A、162 B の間の周縁部（周縁ゾーン）に分けられる。

10

【0067】

内側アンテナ素子 142 A 上には、内側シールド壁 162 A の開口を塞ぐように円板状の内側シールド板 164 A が設けられている。外側アンテナ素子 142 B 上には、各シールド壁 162 A、162 B の間の開口を塞ぐようにドーナツ板状の外側シールド板 164 B が設けられている。また、内側シールド板 164 A、外側シールド板 164 B はそれぞれ、アクチュエータ 168 A、168 B によって別々に高さが調整できるようになっている。

【0068】

アンテナ素子 142 A、142 B にはそれぞれ、高周波電源 150 A、150 B がそれぞれ接続されている。これにより、アンテナ素子 142 A、142 B には同じ周波数又は異なる周波数の高周波を印加できる。内側アンテナ素子 142 A に高周波電源 150 A から所定の周波数（例えば 40 MHz）の高周波を所定のパワーで供給すると、処理容器 192 内に形成された誘導磁界によって、処理容器 192 内に導入されたガスが励起され、ウエハ W 上の中央部にドーナツ型のプラズマが生成される。

20

【0069】

また、外側アンテナ素子 142 B に高周波電源 150 B から所定の周波数（例えば 60 MHz）の高周波を所定のパワーで供給すると、処理容器 192 内に形成された誘導磁界によって、処理容器 192 内に導入されたガスが励起され、ウエハ W 上の周縁部に別のドーナツ型のプラズマが生成される。

30

【0070】

プラズマ処理装置 100 は、制御部 200 を更に備えている。この制御部 200 によってプラズマ処理装置 100 の各部が制御されるようになっている。制御部 200 は、プラズマ処理装置 100 で所望の処理が実行されるよう、所望のプロセス処理レシピに従ってプラズマ処理装置 100 の各部を制御することができる。

【0071】

このプラズマ処理装置 100 で工程 S6 を実施する場合には、ガス供給部 120 から希ガスを含む第 3 のガスが空間 S100 に供給され、アンテナ素子 142 A、142 B に電力が供給されて、空間 S100 内に誘導磁界が形成される。これにより、空間 S100 内において第 3 のガスが励起され、プラズマが生成される。このプラズマ中の活性種にウエハ W が晒されることによって、ウエハ W に付着している堆積物が除去される。

40

【0072】

以下、方法 MT1 の評価のために行った実験例について説明する。以下に説明する実験例は、処理システム 300 を用いて行ったものである。

【0073】

（実験例 1、実験例 2、及び比較実験例 1）

【0074】

実験例 1 及び 2 では、処理システム 300 を用いて方法 MT1 の工程 ST1 ~ ST3 のサイクルを実施した。実験例 1 及び 2 で用いたウエハ W は、図 1 に示した構造を有するものであり、20 nm 厚の CoPd 膜 CP、5 nm 厚の Ru から構成された上部電極層 UE

50

、100nm厚のW(タングステン)から構成されたハードマスクHMを有するものであった。実験例1では、載置台の温度を10に設定し、以下に示す条件の工程ST1~ST3を含むサイクルを8回繰り返した。

【0075】

(実験例1の工程ST1の条件)

処理容器内圧力：10mTorr(1.333Pa)
 高周波電源35の高周波電力：60MHz、300W
 高周波電源32の高周波バイアス電力：400kHz、300W
 H₂ガス：410sccm
 CH₄ガス：30sccm
 SiF₄ガス：10sccm
 処理時間：30秒

10

(実験例1の工程ST2の条件)

処理容器内圧力：10mTorr(1.333Pa)
 高周波電源35の高周波電力：60MHz、300W
 高周波電源32の高周波バイアス電力：400kHz、0W
 CH₄ガス：50sccm
 NF₃ガス：50sccm
 SF₆ガス：350sccm
 処理時間：10秒

20

(実験例1の工程ST3の条件)

処理容器内圧力：10mTorr(1.333Pa)
 高周波電源35の高周波電力：60MHz、300W
 高周波電源32の高周波バイアス電力：400kHz、300W
 Arガス：100sccm
 H₂ガス：320sccm
 CH₄ガス：30sccm
 処理時間：30秒

【0076】

実験例2では、載置台の温度を-10に設定し、以下に示す条件の工程ST1~ST3を含むサイクルを10回繰り返した。

30

(実験例2の工程ST1の条件)

処理容器内圧力：10mTorr(1.333Pa)
 高周波電源35の高周波電力：60MHz、300W
 高周波電源32の高周波バイアス電力：400kHz、500W
 H₂ガス：410sccm
 CH₄ガス：30sccm
 SiF₄ガス：10sccm
 処理時間：30秒

40

(実験例2の工程ST2の条件)

処理容器内圧力：10mTorr(1.333Pa)
 高周波電源35の高周波電力：60MHz、300W
 高周波電源32の高周波バイアス電力：400kHz、0W
 Arガス：350sccm
 CH₄ガス：50sccm
 NF₃ガス：50sccm
 処理時間：20秒

(実験例2の工程ST3の条件)

処理容器内圧力：10mTorr(1.333Pa)
 高周波電源35の高周波電力：60MHz、300W

50

高周波電源 3 2 の高周波バイアス電力：400 kHz、500 W

Ar ガス：100 sccm

H₂ ガス：320 sccm

CH₄ ガス：30 sccm

処理時間：20 秒

【0077】

また、比較実験例 1 として、載置台の温度を 60 に設定して、実験例 1 及び 2 と同様のウエハ W に対して、以下に示す条件のプラズマ処理を行った。

(比較実験例 1 のプラズマ処理条件)

処理容器内圧力：30 mTorr (4 Pa)

高周波電源 3 5 の高周波電力：60 MHz、800 W

高周波電源 3 2 の高周波バイアス電力：400 kHz、1000 W

CO₂ ガス：80 sccm

CH₄ ガス：70 sccm

処理時間：150 秒

【0078】

実験例 1、実験例 2、及び比較実験例 1 の上述した処理条件により Copd 膜をエッチングした後、ウエハ W の SEM 写真を取得した。図 1 2 に、SEM 写真に現れていた輪郭を描いた線図を示す。図 1 2 の (a) には比較実験例 1 のウエハの線図、図 1 2 の (b) には実験例 1 のウエハの線図、図 1 2 の (c) には、実験例 2 のウエハの線図が示されている。図 1 2 の (a) に示すように、比較実験例 1 の結果、60 の処理ではハードマスク HM の側面の垂直性が維持されず、ハードマスク HM の肩部が完全に損失していることが確認された。一方、図 1 2 の (b) 及び (c) に示すように、実験例 1 及び 2 の結果、ハードマスク HM の肩部が維持されていることが確認された。また、-10 で処理を行った実験例 2 では、ハードマスク HM の側面の垂直性がより効果的に維持されることが確認された。

【0079】

(実験例 3、比較実験例 2 及び 3)

【0080】

実験例 3 では、実験例 1 と同様のウエハ W に対して、以下に示す条件で方法 MT 1 を実施した。なお、工程 ST 1 ~ ST 3 では載置台の温度を -10 に設定し、工程 ST 6 では、載置台の温度を 200 に設定した。また、工程 ST 1 ~ ST 3 のサイクルを 3 回繰り返した。

(実験例 3 の工程 ST 1 の条件)

処理容器内圧力：30 mTorr (4 Pa)

高周波電源 3 5 の高周波電力：60 MHz、100 W

高周波電源 3 2 の高周波バイアス電力：400 kHz、300 W

Ar ガス：450 sccm

処理時間：20 秒

(実験例 3 の工程 ST 2 の条件)

処理容器内圧力：30 mTorr (4 Pa)

高周波電源 3 5 の高周波電力：60 MHz、100 W

高周波電源 3 2 の高周波バイアス電力：400 kHz、0 W

Ar ガス：300 sccm

CH₄ ガス：100 sccm

NF₃ ガス：50 sccm

処理時間：10 秒

(実験例 3 の工程 ST 3 の条件)

処理容器内圧力：30 mTorr (4 Pa)

高周波電源 3 5 の高周波電力：60 MHz、100 W

高周波電源 3 2 の高周波バイアス電力：4 0 0 k H z、2 0 0 W

H₂ ガス：4 3 0 s c c m

CH₄ ガス：2 0 s c c m

処理時間：2 0 秒

(実験例 3 の工程 S T 6 の条件)

処理容器内圧力：1 0 0 0 m T o r r (1 3 3 . 3 P a)

高周波電源 1 5 0 A , 1 5 0 B の高周波電力：4 0 M H z、2 0 0 0 W

イオン引き込み用のバイアス電力：0 W

A r ガス：1 1 0 0 s c c m

H₂ ガス：1 3 5 s c c m

処理時間：1 8 0 秒

【 0 0 8 1 】

また、比較実験例 2 では、実験例 3 と同様のウエハ W を用い同様の処理条件を用いたが、最終サイクルの工程 S T 3 前に処理を終了させた。また、比較実験例 3 では、実験例 3 と同様のウエハ W を用い同様の処理条件を用いたが、工程 S 6 を実施しなかった。

【 0 0 8 2 】

そして、実験例 3、比較実験例 2 及び 3 それぞれの処理後のウエハ W の S E M 写真を取得した。図 1 3 に、S E M 写真に現れていた輪郭を描いた線図を示す。図 1 3 の (a) には比較実験例 2 のウエハの線図、図 1 3 の (b) には比較実験例 3 のウエハの線図、図 1 3 の (c) には、実験例 3 のウエハの線図が示されている。図 1 3 の (a) に示すように、比較実験例 2 の結果、最終サイクルの工程 S T 3 前に処理を終了させると、ハードマスク H M の周囲に堆積物 D が残存していることが確認された。なお、図 1 3 に示す堆積物 D は、ハロゲン化された堆積物 D F X が、S E M 写真の取得時に水分を吸着して形成されたものである。また、比較実験例 3 の結果、図 1 3 の (b) に示すように、工程 S 6 を行わなかった場合には、工程 S T 1 ~ 工程 S T 1 の処理により堆積物 D は部分的に除去されて、当該堆積物 D の量は減少しているものの、依然として残されていることが確認された。一方、実験例 3 の結果、図 1 3 の (c) に示すように、ハードマスク H M の周囲から堆積物が略完全に除去されることが確認された。

【 0 0 8 3 】

以上の実験例 3、比較実験例 2 及び 3 の結果から、方法 M T 1 では、工程 S T 1 ~ S T 3 を含むサイクルにより、低温でも部分的に堆積物を除去することが可能であり、当該サイクルの後に工程 S T 6 において、比較的高温の環境下でウエハ W を処理することで、堆積物を略完全に除去可能であることが確認された。また、実験例 3 では、工程 S T 6 における処理容器内の圧力は、工程 S T 1 ~ S T 3 の処理容器内の圧力よりも高く設定されていた。このことから、堆積物の除去には、工程 S T 6 において比較的高圧の条件を用いることが有効であることも確認された。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

1 0 ... プラズマ処理装置、1 2 ... 処理容器、S G ... 載置台、1 4 ... ベース、5 0 ... 静電チャック、2 6 ... 排気装置、3 2 ... 高周波電源 (バイアス電力)、3 5 ... 高周波電源 (プラズマ生成用高周波電力)、3 8 ... シャワーヘッド、4 4 ... ガス供給部、6 6 ... 制御部、1 0 0 ... プラズマ処理装置、1 1 0 ... 載置台、1 2 0 ... ガス供給部、1 3 0 ... 排気部、1 4 0 ... 高周波アンテナ、1 5 0 A , 1 5 0 B ... 高周波電源、1 9 2 ... 処理容器、2 0 0 ... 制御部、3 0 0 ... 処理システム、3 2 1 ... トランスファーチャンバ、P M 1 ... プロセスモジュール (プラズマ処理装置 1 0)、P M 2 ... プロセスモジュール (プラズマ処理装置 1 0 0)、W ... 被処理体 (ウエハ)、C P ... C o P d 膜。

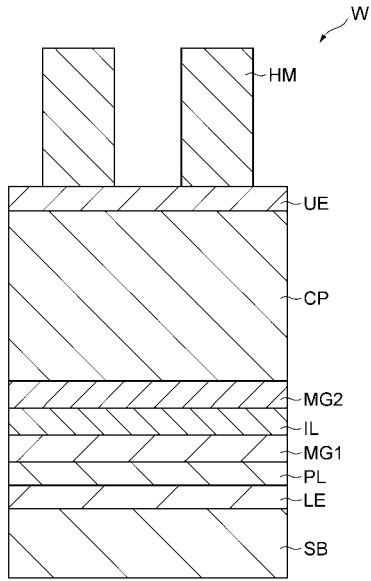
10

20

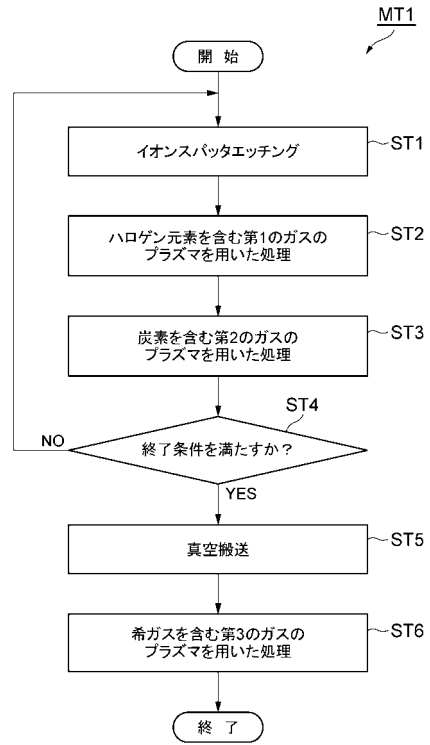
30

40

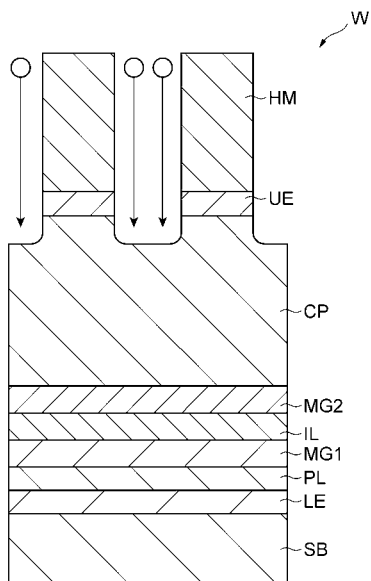
【図1】



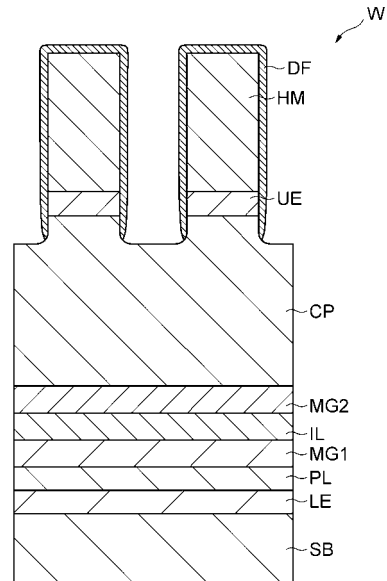
【図2】



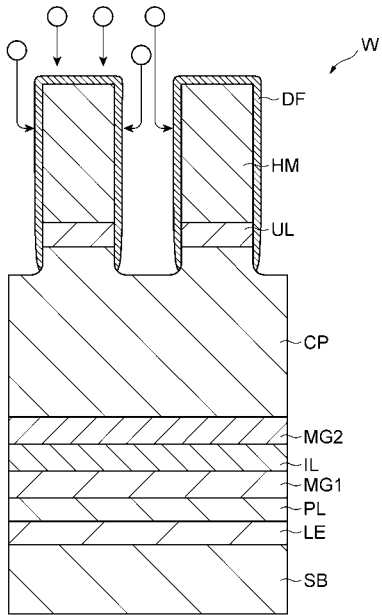
【図3】



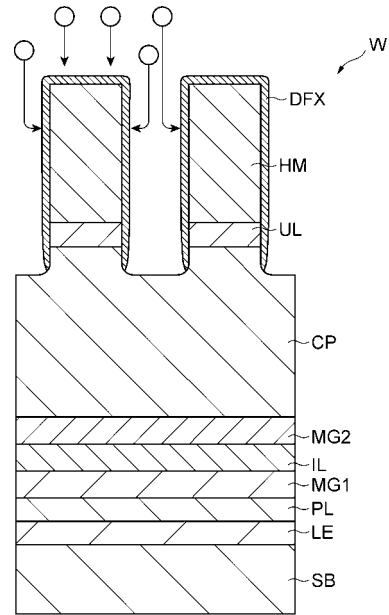
【図4】



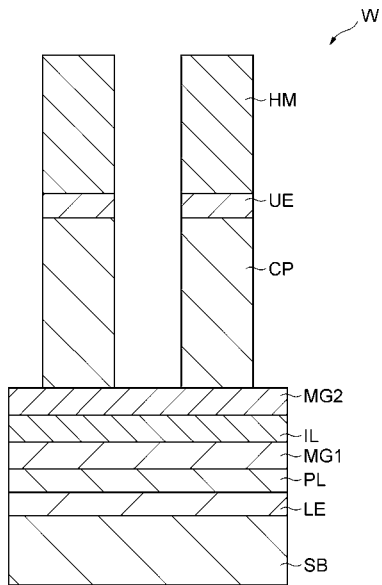
【 図 5 】



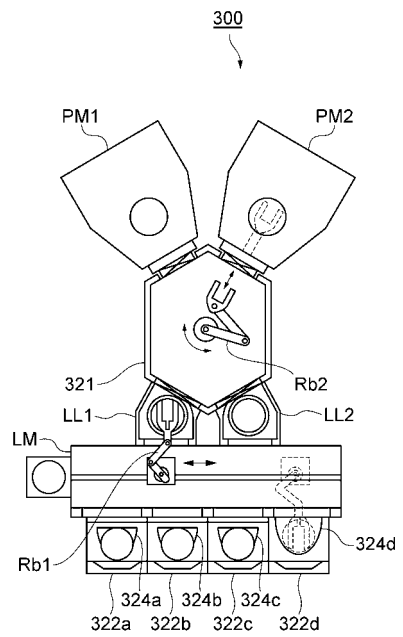
【 図 6 】



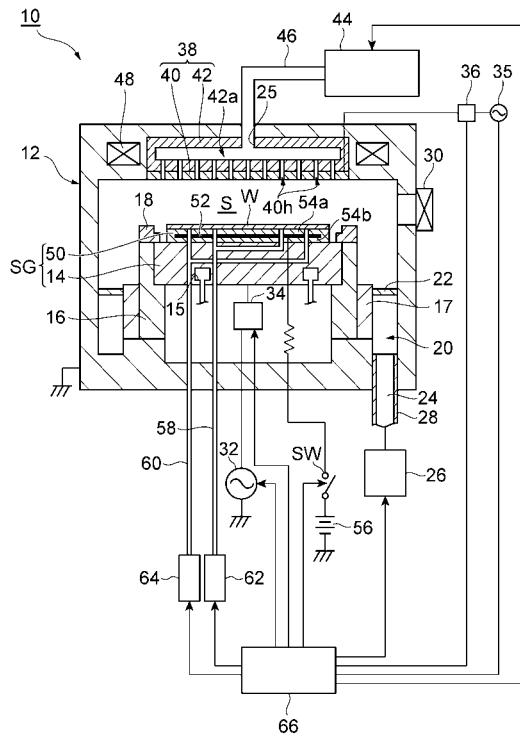
【 図 7 】



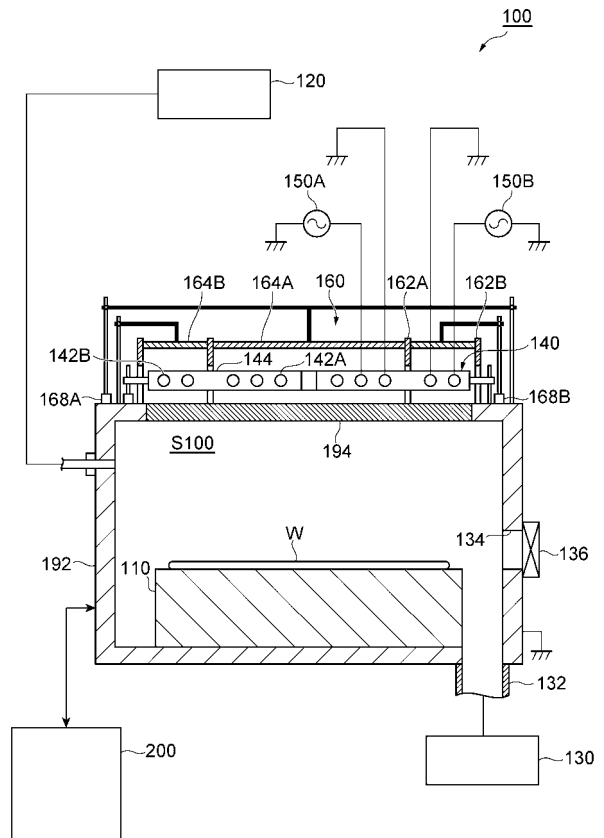
【 図 8 】



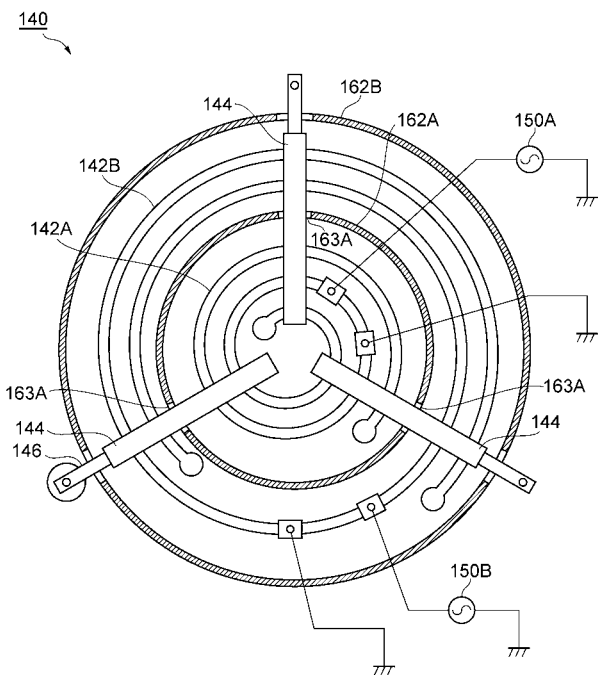
【 図 9 】



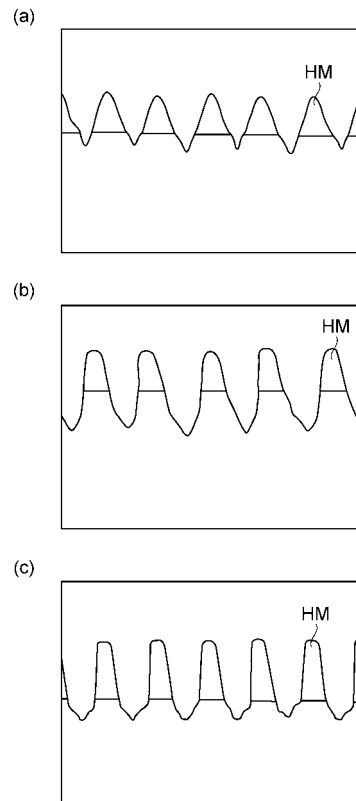
【 図 10 】



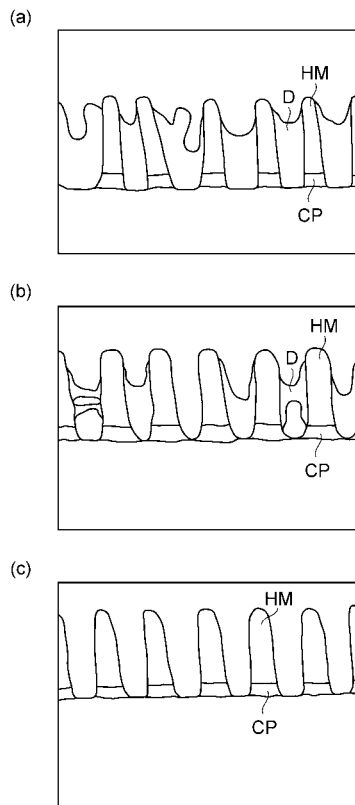
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<i>H 0 1 L 27/105 (2006.01)</i>	H 0 1 L 43/08 Z	
<i>H 0 1 L 21/8246 (2006.01)</i>	H 0 1 L 21/302 1 0 4 C	
<i>H 0 1 L 43/12 (2006.01)</i>		
<i>H 0 1 L 43/08 (2006.01)</i>		

Fターム(参考) 4M119 AA19 BB01 JJ12 JJ13
5F004 AA01 AA02 BA04 BA11 BB11 CA04 CA06 DA00 DA17 DA18
DA23 DA24 DB08 DB12 DB29 EA03 EA28
5F033 HH07 HH15 HH18 HH19 HH21 HH33 MM04 QQ07 QQ08 QQ10
QQ12 QQ13 QQ14 QQ15 QQ16 QQ21 QQ27 QQ35 QQ53 VV16
WW03 WW10 XX00
5F092 AA11 AB06 AC12 BB17 BB23 BB35 BB36 BB43 BB53 BB55
BC04 CA08