

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5454575号
(P5454575)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 L	21/31	(2006.01)	HO 1 L	21/31	C
HO 1 L	21/316	(2006.01)	HO 1 L	21/316	X
HO 1 L	21/318	(2006.01)	HO 1 L	21/318	B
C 2 3 C	16/455	(2006.01)	C 2 3 C	16/455	
C 2 3 C	16/511	(2006.01)	C 2 3 C	16/511	

請求項の数 21 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2011-515615 (P2011-515615)	(73) 特許権者	000219967
(86) (22) 出願日	平成22年9月14日(2010.9.14)		東京エレクトロン株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/065847		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(87) 国際公開番号	W02011/034057	(74) 代理人	110001586
(87) 国際公開日	平成23年3月24日(2011.3.24)		特許業務法人アイミー国際特許事務所
審査請求日	平成23年4月13日(2011.4.13)	(74) 代理人	100091409
(31) 優先権主張番号	特願2009-215611 (P2009-215611)		弁理士 伊藤 英彦
(32) 優先日	平成21年9月17日(2009.9.17)	(74) 代理人	100096792
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 森下 八郎
		(74) 代理人	100091395
			弁理士 吉田 博由
		(72) 発明者	岩崎 征英
			兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロン技術研究所株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理装置用ガス供給機構

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下方側に位置する底部および前記底部の外周側から上方側に延びる側壁を含み、密封可能であって、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、

前記処理容器内に配置され、その上に前記被処理基板を保持する保持台と、

前記処理容器内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記保持台の上方側となる第一の位置および前記第一の位置と異なる第二の位置に移動可能であってガスを供給可能なヘッド部を含み、前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に前記ヘッド部と前記保持台との間に形成される小容積領域において成膜ガスを供給し、前記被処理基板上に成膜ガスを吸着させるガス供給機構とを備え、

前記ヘッド部は、略円板状の円板部を含み、

前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に、前記円板部は、前記保持台の上方側を覆う、プラズマ処理装置。

【請求項2】

前記ヘッド部は、前記処理容器内において水平方向に延びる棒状部を含み、

前記棒状部は、前記保持台上に保持された前記被処理基板上の領域を水平方向に移動可能である、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】

前記ガス供給機構は、前記ヘッド部のうち、前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に前記保持台上に保持された前記被処理基板に対向する位置に設けられ、成膜ガスを供

10

20

給するガス供給孔を含む、請求項 1 または 2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記ガス供給機構は、前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に、前記ヘッド部と前記保持台との間に形成される小容積領域の排気を行う排気機構を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記排気機構は、前記ヘッド部のうち、前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に前記保持台上に保持された前記被処理基板に対向する位置に設けられ、前記保持台と前記ヘッド部との間に形成される小容積領域の排気を行う排気孔を含む、請求項 4に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 6】

前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に、前記ヘッド部と前記保持台との間に形成される小容積領域の容積は、前記処理容器の容積の 50% 以下である、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記ヘッド部は、上下方向および水平方向のうち、少なくともいずれか一方方向に移動可能である、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記ガス供給機構は、前記側壁側から延び、内方側部分が前記ヘッド部に連結され、前記ヘッド部を支持する支持部を含む、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 9】

前記ヘッド部は、前記支持部の外方側端部を中心に回転可能である、請求項 8に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記ヘッド部および前記支持部の温度を調整可能な温度調整機構を含む、請求項 8 または 9に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記ガス供給機構は、前記側壁側から延び、内方側部分が前記ヘッド部に連結され、前記ヘッド部を支持する支持部を含み、

前記排気機構は、前記支持部の内部に、排気された排気ガスの通路となる排気路を含み

30

、
前記ガス供給機構は、前記支持部の内部に、供給するガスの通路となるガス供給路を含み、

前記ガス供給路は、前記ガス排気路の内側となるように多重に設けられている、請求項 4 ~ 10 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記保持台上への前記被処理基板の支持および前記保持台上に支持された前記被処理基板の取り外しのうちの少なくともいずれか一方が可能である被処理基板移動機構を備える、請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記処理容器には、前記側壁の一部が外方側に延びるようにして形成されており、前記ヘッド部を収容可能な収容部が設けられている、請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 14】

前記収容部内の領域と前記収容部外の領域とを遮断可能な遮断機構を備える、請求項 13に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 15】

前記遮断機構は、前記側壁の内方側の壁面に沿って移動可能な遮蔽板を含む、請求項 14に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 16】

50

前記処理容器は、第一の処理容器と、前記第一の処理容器とは異なる第二の処理容器とを備え、

前記ヘッド部は、前記第一の処理容器と第二の処理容器との間を移動可能である、請求項 1 ~ 15 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 17】

前記保持台は、上下方向および水平方向のうち、少なくともいずれか一方方向に移動可能である、請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 18】

前記プラズマ発生手段は、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、前記保持台と対向する位置に設けられ、マイクロ波を前記処理容器内に導入する誘電体窓とを含む、請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 19】

前記プラズマ発生手段は、複数のスロット孔が設けられており、前記誘電体窓の上方側に配置され、マイクロ波を前記誘電体窓に放射するスロットアンテナ板を含む、請求項 18 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 20】

下方側に位置する底部および前記底部の外周側から上方側に延びる側壁を含み、密封可能であって、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、前記処理容器内に配置され、その上に前記被処理基板を保持する保持台と、前記処理容器内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段とを備えるプラズマ処理装置に備えられ、

20

前記保持台の上方側となる第一の位置および前記第一の位置と異なる第二の位置に移動可能であってガスを供給可能なヘッド部を含み、前記ヘッド部は、略円板状の円板部を含み、前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に、前記円板部は、前記保持台の上方側を覆い、前記ヘッド部が前記第一の位置に配置された際に前記ヘッド部と前記保持台との間に形成される小容積領域において成膜ガスを供給し、前記被処理基板上に成膜ガスを吸着させる、プラズマ処理装置用ガス供給機構。

【請求項 21】

前記第一の位置に配置された際に、前記保持台上に保持された被処理基板に対向する位置に、前記保持台と前記ヘッド部との間に形成される小容積領域の排気を行う排気孔を含む、請求項 20 に記載のプラズマ処理装置用ガス供給機構。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、プラズマ処理装置およびプラズマ処理装置用ガス供給機構に関するものであり、特に、半導体素子の製造に利用されるプラズマ処理装置、およびこのようなプラズマ処理装置に用いられるプラズマ処理装置用ガス供給機構に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、LSI (Large Scale Integrated circuit) や CCD (Charge Coupled Device)、MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタ等に代表される半導体素子のゲート酸化膜等への高耐圧特性や優れたリーク特性が要求される絶縁層を形成する場合、熱CVD (Chemical Vapor Deposition) 法を用いることが一般的であった。しかし、高い絶縁性が要求されるシリコン酸化膜を成膜する場合において、上述した熱CVDによるシリコン酸化膜の成膜によると、シリコン基板を高温に暴露する必要がある。そうすると、比較的低融点の物質、例えば、低融点の金属や高分子化合物により既にシリコン基板上に導電層等が形成されている場合、低融点金属の熔融等が生じる問題があった。

40

【0003】

一方、近年のデバイスの高集積化の観点から、3次元構造等への段差被覆性や均一性、

50

絶縁膜内および界面に不純物や物理欠陥の無い高品質な膜質が要求されている。これらを解決する手法として、基板表面に原子単位相当で反応ガスを周期的に供給することにより成膜し、高精度の膜厚制御を行うことができるALD (Atomic Layer Deposition) 法が有効な手段の一つであることが知られている。しかし、ALD法で形成した膜の膜質は、熱CVD法で形成した膜の膜質と比較して、耐圧特性やリーク特性が不十分であった。それらの問題を解決し、さらに効率良く高品質な膜を形成する手段として、プラズマエネルギーを用いたPE-ALD (Plasma-Enhanced ALD) 法が注目されている (May 15 2008 ASM Semi Mfg China ALD Article . pdf (非特許文献1))。

【先行技術文献】

10

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】 May 15 2008 ASM Semi Mfg China ALD Article . pdf

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

PE-ALD法による処理は、以下に示す(1)~(3)の流れで行なわれる。すなわち、PE-ALD法による処理は、(1)基板表面あるいは下地膜に薄膜をなす原子を含む第一のガスを供給し化学吸着させる工程、(2)前記工程にて物理吸着した余剰ガスを除去する工程、(3)薄膜をなす原子を含む第二のガスを用いたプラズマ処理により所望の薄膜を形成する工程、からなる。

20

【0006】

ここで問題となるのは、(1)、(2)の工程と(3)の工程で処理容器に要求される性能が異なる事である。PE-ALD法にとって、スループット改善は、装置開発上、重要な課題の一つであった。

【0007】

具体的には、(1)および(2)の工程では、ガス置換特性が重要である。例えば、基板上にガスを供給して化学吸着を行なう場合を考えてみる。ガスを吸着飽和させるためには、処理容器内の圧力を、一定の圧力に昇圧する必要がある。ここで、処理容器内における昇圧前と昇圧後の圧力差を P 、ガスの供給流量を Q 、処理容器の容積を V 、昇圧に要する時間を t とすると、 $t = P \times V / Q$ の関係を有する。

30

【0008】

一定の P を昇圧する場合において、時間 t を小さくするためには、ガスの供給流量 Q を多くすることも有効である。しかし、供給ガスである原材料の消費量が多くなり、ランニングコストに影響するので好ましくない。

【0009】

また、物理吸着した余剰ガスを除去する工程を考えると、一定圧力状態から排気およびガス置換を行なう必要がある。ここで、処理容器内の初期圧力を P_0 、到達圧力を P_1 、処理容器の容積を V 、排気速度を S 、時間を t とすると、 $P_1 = P_0 \times \exp(- (S / V) t)$ の関係を有する。

40

【0010】

一定の初期圧力 P_0 と到達圧力 P_1 の場合において、時間 t を小さくするためには、排気速度 S を大きくすることが有効である。しかし、排気速度 S を大きくするには高速大容量のポンプが必要となり、装置コストの上昇や装置自体の大型化に至り、好ましくない。

【0011】

このように、いずれの場合においても、時間 t を小さくするためには、処理容器の容積 V を小さくすることが有効である。

【0012】

しかし、(3)の工程に関して、プラズマの着火性、放電安定性、基板へのダメージ等

50

を考えると、良質なプラズマの生成には一定以上の処理容器の容積が必要である。すなわち、処理容器の容積を小さくするにも限界がある。

【0013】

また、ガス供給とプラズマ処理に同一の処理容器を用いることで、処理容器の内壁面は基板積算枚数と同様の成膜や、反応生成物の付着が発生する。このような反応生成物等は、内壁面から剥がれ、パーティクルの原因となる。したがって、一定時間ごとに処理容器をクリーニングする必要がある、生産効率上好ましくない。

【0014】

この発明の目的は、効率的に高品質な膜を成膜することができるプラズマ処理装置を提供することである。

10

【0015】

この発明の他の目的は、効率的に高品質な膜を成膜することができるプラズマ処理装置用ガス供給機構を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

この発明に係るプラズマ処理装置は、下方側に位置する底部および底部の外周側から上方側に延びる側壁を含み、密封可能であって、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、処理容器内に配置され、その上に被処理基板を保持する保持台と、処理容器内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、保持台の上方側となる第一の位置および第一の位置と異なる第二の位置に移動可能であってガスを供給可能なヘッド部を含み、ヘッド部が第一の位置に配置された際にヘッド部と保持台との間に形成される小容積領域において成膜ガスを供給し、被処理基板上に成膜ガスを吸着させるガス供給機構とを備える。

20

【0017】

このように構成することにより、成膜ガスを被処理基板上に吸着させる際に、保持台とヘッド部との間に形成される小容積領域において成膜ガスの供給を行なうことができる。そうすると、成膜ガスの供給量の低減を図ることができる。また、成膜時において、大容積である処理容器全体の圧力調整ではなく、小容積領域において小流量で圧力調整を行なうことができるため、圧力調整の短時間化を図ることができる。したがって、成膜を効率的に行なうことができる。さらに、プラズマ処理を行う際にも、処理容器の内壁面が成膜ガスに曝されることがないため、処理容器の内壁面への反応生成物の付着を抑制することができる。そうすると、処理容器の内壁面をクリーニングする工程の数を少なくすることができる。また、パーティクルの発生を抑制することもできる。したがって、このようなプラズマ処理装置によると、効率的に高品質な膜を成膜することができる。

30

【0018】

好ましくは、ヘッド部は、略円板状の円板部を含み、ヘッド部が第一の位置に配置された際に、円板部は、保持台の上方側を覆う。

【0019】

また、ヘッド部は、処理容器内において水平方向に延びる棒状部を含み、棒状部は、保持台上に保持された被処理基板上の領域を水平方向に移動可能であるよう構成してもよい。

40

【0020】

さらに好ましくは、ガス供給機構は、ヘッド部のうち、ヘッド部が第一の位置に配置された際に保持台上に保持された被処理基板に対向する位置に設けられ、成膜ガスを供給するガス供給孔を含む。

【0021】

さらに好ましくは、ガス供給機構は、ヘッド部が第一の位置に配置された際に、ヘッド部と保持台との間に形成される小容積領域の排気を行う排気機構を含む。

【0022】

さらに好ましい一実施形態として、排気機構は、ヘッド部のうち、ヘッド部が第一の位

50

置に配置された際に保持台上に保持された被処理基板に対向する位置に設けられ、保持台とヘッド部との間に形成される小容積領域の排気を行う排気孔を含む。

【0023】

なお、ヘッド部が第一の位置に配置された際に、ヘッド部と保持台との間に形成される小容積領域の容積は、処理容器の容積の50%以下であることが好ましい。

【0024】

さらに好ましくは、ヘッド部は、上下方向および水平方向のうち、少なくともいずれか一方方向に移動可能である。

【0025】

さらに好ましくは、ガス供給機構は、側壁側から延び、内方側部分がヘッド部に連結され、ヘッド部を支持する支持部を含む。

【0026】

なお、ヘッド部および支持部の温度を調整可能な温度調整機構を含むよう構成してもよい。

【0027】

また、ガス供給機構は、側壁側から延び、内方側部分がヘッド部に連結され、ヘッド部を支持する支持部を含む構成であり、排気機構は、支持部の内部に、排気された排気ガスの通路となる排気路を含み、ガス供給機構は、支持部の内部に、供給するガスの通路となるガス供給路を含み、ガス供給路は、ガス排気路の内側となるように多重に設けられていてもよい。

【0028】

また、保持台上への被処理基板の支持および保持台上に支持された被処理基板の取り外しのうちの少なくともいずれか一方が可能である被処理基板移動機構を備えるよう構成してもよい。

【0029】

なお、ヘッド部は、支持部の外方側端部を中心に回転可能であるよう構成してもよい。

【0030】

さらに好ましくは、処理容器には、側壁の一部が外方側に延びるようにして形成されており、ヘッド部を収容可能な収容部が設けられている。

【0031】

ここで、収容部内の領域と収容部外の領域とを遮断可能な遮断機構を備えるよう構成してもよい。

【0032】

さらに好ましい一実施形態として、遮断機構は、側壁の内方側の壁面に沿って移動可能な遮蔽板を含む。

【0033】

また、処理容器は、第一の処理容器と、第一の処理容器とは異なる第二の処理容器とを備え、ヘッド部は、第一の処理容器と第二の処理容器との間を移動可能であるよう構成してもよい。

【0034】

さらに好ましくは、保持台は、上下方向および水平方向のうち、少なくともいずれか一方方向に移動可能である。

【0035】

さらに好ましくは、プラズマ発生手段は、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、保持台と対向する位置に設けられ、マイクロ波を処理容器内に導入する誘電体窓とを含む。

【0036】

さらに好ましい一実施形態として、プラズマ発生手段は、複数のスロット孔が設けられており、誘電体窓の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体窓に放射するスロットアンテナ板を含む。

10

20

30

40

50

【0037】

この発明の他の局面において、プラズマ処理装置用ガス供給機構は、下方側に位置する底部および底部の外周側から上方側に延びる側壁を含み、密封可能であって、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、処理容器内に配置され、その上に被処理基板を保持する保持台と、処理容器内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段とを備えるプラズマ処理装置に備えられる。プラズマ処理装置用ガス供給機構は、保持台の上方側となる第一の位置および第一の位置と異なる第二の位置に移動可能であってガスを供給可能なヘッド部を含み、ヘッド部が第一の位置に配置された際にヘッド部と保持台との間に形成される小容積領域において成膜ガスを供給し、被処理基板上に成膜ガスを吸着させる。

10

【0038】

このようなプラズマ処理装置用ガス供給機構によると、効率的に高品質な膜を成膜することができる。

【0039】

好ましくは、第一の位置に配置された際に、保持台上に保持された被処理基板に対向する位置に、保持台とヘッド部との間に形成される小容積領域の排気を行う排気孔を含む。

【発明の効果】

【0040】

このようなプラズマ処理装置によると、成膜ガスを被処理基板上に吸着させる際に、保持台とヘッド部との間に形成される小容積領域において成膜ガスの供給を行なうことができる。そうすると、成膜ガスの供給量の低減を図ることができる。また、成膜時において、大容積である処理容器全体の圧力調整ではなく、小容積領域において小流量で圧力調整を行なうことができるため、圧力調整の短時間化を図ることができる。したがって、成膜を効率的に行なうことができる。さらに、プラズマ処理を行う際にも、処理容器の内壁面が成膜ガスに曝されることがないため、処理容器の内壁面への反応生成物の付着を抑制することができる。そうすると、処理容器の内壁面をクリーニングする工程の数を少なくすることができる。また、パーティクルの発生を抑制することもできる。したがって、このようなプラズマ処理装置によると、効率的に高品質な膜を成膜することができる。

20

【0041】

また、このようなプラズマ処理装置用ガス供給機構によると、効率的に高品質な膜を成膜することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】MOS型半導体素子の一部を示す概略断面図である。

【図2】この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図3】図2に示すプラズマ処理装置に含まれるスロットアンテナ板を板厚方向から見た図である。

【図4】誘電体窓の下面からの距離とプラズマの電子温度との関係を示すグラフである。

【図5】誘電体窓の下面からの距離とプラズマの電子密度との関係を示すグラフである。

【図6】図2に示すプラズマ処理装置に含まれるヘッド部の一部を、図2中の矢印IIIの方向から見た図である。

40

【図7】図6に示すヘッド部の一部を示す断面図である。

【図8】図2に示すプラズマ処理装置において、ヘッド部が収容部に収容された状態を示す概略断面図である。

【図9】図2に示すプラズマ処理装置で成膜する際の代表的な処理の工程を示すフローチャートである。

【図10】処理容器全体におけるガス流量と所定の圧力に到達するまでの到達時間との関係を示すグラフである。

【図11】保持台とヘッド部との間に形成される小容積領域におけるガス流量と所定の圧力に到達するまでの到達時間との関係を示すグラフである。

50

【図12】RLSAを用いたPE-ALDで成膜を行ったライナー膜の断面を拡大して示す顕微鏡写真であり、アスペクト比が約6の場合を示す。

【図13】RLSAを用いたPE-ALDで成膜を行ったライナー膜の断面を拡大して示す顕微鏡写真であり、アスペクト比が約3の場合を示す。

【図14】ヘッド部が上下方向に回転するようにして移動するプラズマ処理装置の一部を示す概略断面図である。

【図15】ガス排気孔が設けられているヘッド部の一部を板厚方向から見た図であり、図6に相当する。

【図16】ガス排気孔が設けられているヘッド部の一部を示す断面図であり、図7に相当する。

【図17】ヘッド部が水平方向に移動可能なプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図18】ヘッド部が水平方向に回転可能なプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図19】第一および第二の処理容器を行き来可能なヘッド部を備えるプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図20】ヘッド部が棒状部を含むプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図21】棒状部の一部を示す斜視図である。

【図22】棒状部が水平方向に移動可能なプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図23】棒状部が水平方向に回転可能なプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

【図24】ガス排気孔を備える棒状部の一部を示す斜視図である。

【図25】図17に示す支持部のうちの根元部付近の一部の構成を示す概略断面図である。

【図26】図17に示す支持部のうちの根元部付近の一部の構成を示す概略断面図であり、図25に示す断面を90度回転させた場合の断面に相当する。

【図27】図17に示す支持部のうちの根元部付近の一部の構成を示す概略断面図であり、図26中のXXVII-XXVII断面に相当する。

【図28】プラズマ処理システムの構成を概略的に示す概略図である。

【図29】回転可能な支持台付近を概略的に示す概略斜視図である。

【図30】固定された支持台付近を概略的に示す概略斜視図である。

【図31】ピンによる被処理基板Wの支持および取り外しを行う際の保持台の一部を示す概略断面図であり、保持台上に被処理基板Wが支持された状態を示す。

【図32】ピンによる被処理基板Wの支持および取り外しを行う際の保持台の一部を示す概略断面図であり、ピンの上側端部に被処理基板Wを載せた状態を示す。

【図33】ピンによる被処理基板Wの支持および取り外しを行う際の保持台の一部を示す概略断面図であり、載置部の上面と被処理基板Wの下面が対向した位置にある状態を示す。

【図34】ピンによる被処理基板Wの支持および取り外しを行う際の保持台の一部を示す概略断面図であり、載置部に被処理基板Wを載置した状態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0043】

以下、この発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。まず、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置によって製造される半導体素子の構成について説明する。図1は、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置によって製造されるMOS型半導体素子の一部を示す概略断面図である。なお、図1に示すMOS型半導体素子において、導電層をハッチングで示している。

【0044】

図1を参照して、MOS型半導体素子11には、シリコン基板12上に、素子分離領域

10

20

30

40

50

13、p型ウェル14a、n型ウェル14b、高濃度n型不純物拡散領域15a、高濃度p型不純物拡散領域15b、n型不純物拡散領域16a、p型不純物拡散領域16b、およびゲート酸化膜17が形成されている。ゲート酸化膜17を間に挟むように形成される高濃度n型不純物拡散領域15aおよび高濃度p型不純物拡散領域15bのいずれか一方は、ドレインとなり、他方はソースとなる。

【0045】

また、ゲート酸化膜17の上には、導電層となるゲート電極18が形成されており、ゲート電極18の側部には、絶縁膜となるゲート側壁部19が形成される。さらに、上記したゲート電極18等が形成されたシリコン基板12の上には、絶縁膜21が形成される。絶縁膜21には、高濃度n型不純物拡散領域15aおよび高濃度p型不純物拡散領域15bに連なるコンタクトホール22が形成され、コンタクトホール22内には穴埋め電極23が形成される。さらにその上に導電層となるメタル配線層24が形成される。さらに、絶縁層となる層間絶縁膜(図示せず)および導電層となるメタル配線層を交互に形成し、最後に外部との接点となるパッド(図示せず)を形成する。このようにMOS型半導体素子11が形成されている。

10

【0046】

この発明に係るプラズマ処理装置によって製造される半導体素子には、後述するように、被処理基板上に成膜ガスを吸着させてプラズマ処理を行うことで形成されたシリコン酸化膜が、例えば、ゲート酸化膜17として含まれる。また、この発明に係るプラズマ処理装置によって成膜される絶縁膜は、上記したゲート酸化膜を構成するシリコン酸化膜であって、被処理基板上に成膜ガスを吸着させてプラズマ処理することにより成膜されている。

20

【0047】

次に、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成および動作について説明する。

【0048】

図2は、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。また、図3は、図2に示すプラズマ処理装置に含まれるスロットアンテナ板を下方側、すなわち、図2中の矢印IIIの方向から見た図である。なお、図2において、理解の容易の観点から、部材の一部のハッチングを省略している。

30

【0049】

図2および図3を参照して、プラズマ処理装置31は、その内部で被処理基板Wにプラズマ処理を行う処理容器32と、処理容器32内にプラズマ処理用の反応ガスを供給するプラズマ処理用のガス供給部33と、その上に被処理基板Wを保持する円板状の保持台34と、処理容器32内にプラズマを発生させるプラズマ発生機構39と、プラズマ処理装置31全体を制御する制御部(図示せず)とを備える。制御部は、プラズマ処理用のガス供給部33におけるガス流量、処理容器32内の圧力等、プラズマ処理装置31全体の制御を行なう。

【0050】

処理容器32は、保持台34の下方側に位置する底部41と、底部41の外周から上方に延びる側壁42とを含む。側壁42は、一部を除いて略円筒状である。処理容器32の底部41には、その一部を貫通するように排気用の排気孔43が設けられている。処理容器32の上部側は開口しており、処理容器32の上部側に配置される蓋部44、後述する誘電体窓36、および誘電体窓36と蓋部44との間に介在するシール部材としてのOリング45によって、処理容器32は密封可能に構成されている。

40

【0051】

プラズマ処理用のガス供給部33は、側壁42の上部側の一部において、処理容器32内にプラズマ処理用ガスを供給する複数のプラズマ処理用のガス供給孔46を設けることにより形成されている。複数のプラズマ処理用のガス供給孔46は、周方向に等配に設けられている。プラズマ処理用のガス供給部33には、反応ガス供給源(図示せず)からブ

50

ラズマ処理用のガスが供給される。

【 0 0 5 2 】

保持台 3 4 は、静電チャック（図示せず）によりその上に被処理基板 W を保持可能である。また、保持台 3 4 は、内部に設けられた温度調整機構（図示せず）により所望の温度に設定可能である。保持台 3 4 は、底部 4 1 の下方側から垂直上方に延びる絶縁性の筒状支持部 4 9 に支持されている。上記した排気孔 4 3 は、筒状支持部 4 9 の外周に沿って処理容器 3 2 の底部 4 1 の一部を貫通するように設けられている。環状の排気孔 4 3 の下方側には排気管（図示せず）を介して排気装置（図示せず）が接続されている。排気装置は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有している。排気装置により、処理容器 3 2 内を所定の圧力まで減圧することができる。

10

【 0 0 5 3 】

プラズマ発生機構 3 9 は、処理容器 3 2 外に設けられており、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器 3 5 と、保持台 3 4 と対向する位置に配置され、マイクロ波発生器 3 5 により発生させたマイクロ波を処理容器 3 2 内に導入する誘電体窓 3 6 と、複数のスロット孔 4 0 が設けられており、誘電体窓 3 6 の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体窓 3 6 に放射するスロットアンテナ板 3 7 と、スロットアンテナ板 3 7 の上方側に配置され、後述する同軸導波管 5 4 により導入されたマイクロ波を径方向に伝播する誘電体部材 3 8 とを含む。

【 0 0 5 4 】

マッチング機構 5 1 を有するマイクロ波発生器 3 5 は、モード変換器 5 2 および導波管 5 3 を介して、マイクロ波を導入する同軸導波管 5 4 の上部に接続されている。例えば、マイクロ波発生器 3 5 で発生させた T E モードのマイクロ波は、導波管 5 3 を通り、モード変換器 5 2 により T E M モードへ変換され、同軸導波管 5 4 を伝播する。マイクロ波発生器 3 5 において発生させるマイクロ波の周波数としては、例えば、2 . 4 5 G H z が選択される。

20

【 0 0 5 5 】

誘電体窓 3 6 は、略円板状であって、誘電体で構成されている。なお、誘電体窓 3 6 の具体的な材質としては、石英やアルミナ等が挙げられる。

【 0 0 5 6 】

スロットアンテナ板 3 7 は、薄板状であって、円板状である。複数の長孔状のスロット孔 4 0 については、図 3 に示すように、一对のスロット孔 4 0 が略八の字状に直交するように設けられており、一对をなしたスロット孔 4 0 が周方向に所定の間隔を開けて設けられている。また、径方向においても、複数の一对のスロット孔 4 0 が所定の間隔を開けて設けられている。

30

【 0 0 5 7 】

マイクロ波発生器 3 5 により発生させたマイクロ波は、同軸導波管 5 4 を通って、誘電体部材 3 8 に伝播され、スロットアンテナ板 3 7 に設けられた複数のスロット孔 4 0 から誘電体窓 3 6 に放射される。誘電体窓 3 6 を透過したマイクロ波は、誘電体窓 3 6 の直下に電界を生じさせ、処理容器 3 2 内にプラズマを生成させる。すなわち、プラズマ処理装置 3 1 において処理に供されるマイクロ波プラズマは、上記した構成のスロットアンテナ板 3 7 および誘電体部材 3 8 を含むラジアルラインスロットアンテナ (R L S A : R a d i a l L i n e S l o t A n t e n n a) により生成されている。

40

【 0 0 5 8 】

図 4 は、プラズマ処理装置 3 1 においてプラズマを発生させた際の処理容器 3 2 内における誘電体窓 3 6 の下面 4 8 からの距離とプラズマの電子温度との関係を示すグラフである。図 5 は、プラズマ処理装置 3 1 においてプラズマを発生させた際の処理容器 3 2 内における誘電体窓 3 6 の下面 4 8 からの距離とプラズマの電子密度との関係を示すグラフである。

【 0 0 5 9 】

図 4 および図 5 を参照して、誘電体窓 3 6 の直下の領域、具体的には、一点鎖線で示す

50

おおよそ10mm程度までの領域26は、いわゆるプラズマ生成領域と呼ばれる。この領域26においては、電子温度が1.5~2.5eV程度であって比較的高く、電子密度が $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ よりも大きい。一方、二点鎖線で示す10mmを越える領域27は、プラズマ拡散領域と呼ばれる。この領域27においては、電子温度が1.0~1.3eV程度、少なくとも1.5eVよりも低く、電子密度が $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 程度、少なくとも $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ よりも高い。プラズマ処理装置31の処理容器32内においては、マイクロ波により励起され、このようなプラズマの状態となっている。そして、後述する被処理基板Wに対するプラズマ処理は、プラズマ拡散領域で行なわれる。すなわち、プラズマ処理工程は、被処理基板の表面近傍において、プラズマの電子温度が1.5eVよりも低く、かつプラズマの電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ よりも高いマイクロ波プラズマを用いた処理である。

10

【0060】

ここで、プラズマ処理装置31は、保持台34の上方側となる第一の位置および第一の位置と異なる第二の位置に移動可能であって成膜ガスを供給可能なヘッド部62と、処理容器32の側壁42側から延び、内方側部分である内方側端部64がヘッド部62に接続されてヘッド部62を支持する支持部63とを含み、ヘッド部62が第一の位置に配置された際にヘッド部62と保持台34との間に形成される小容積領域において成膜ガスを供給し、被処理基板W上に成膜ガスを吸着させるガス供給機構61を備える。第一および第二の位置については、後述する。なお、小容積領域とは、処理容器32全体の大容積の領域と比較し、ヘッド部62と保持台34との間に形成される小さな容積の領域をいう。

20

【0061】

次に、ガス供給機構61に備えられるヘッド部62の詳細な構成について説明する。図6は、ヘッド部62の一部を、図2に示す矢印IIIの方向から見た図である。図7は、図6に示すヘッド部62の一部を示す断面図である。

【0062】

図6および図7を参照して、ヘッド部62は、薄板円板状の円板部66と、円板部66の外径側領域から板厚方向に延びる環状の延出部67とを備える。具体的には、延出部67は、略円筒状であって、下方側に延びている。円板部66は、被処理基板Wよりも大きく構成されている。上記した第一の位置とは、この場合、円板部66が保持台34の上方側を覆う位置である。第一の位置においては、保持台34の外径側の上面47と延出部67を構成する下面70とが対向する。

30

【0063】

ヘッド部62は、ヘッド部62が第一の位置、すなわち、保持台34上に配置された際に保持台34上に保持された被処理基板Wに対向する位置に設けられ、成膜ガスを供給するガス供給孔68を含む。ガス供給孔68は、ヘッド部62に含まれる円板部66の下方側に位置する面の一部が開くように複数設けられている。複数のガス供給孔68は、図6中縦方向および横方向に所定の間隔を開けて、それぞれ略等配に設けられている。

【0064】

ヘッド部62の内部および支持部63の内部には、一方側がガス供給孔68に繋がり、他方側が処理容器32外に設けられ、成膜ガスを供給するガス供給部(図示せず)に繋がるガス供給路69が設けられている。ガス供給路69および複数のガス供給孔68を介して、処理容器32の外部側から被処理基板Wに対して、成膜ガスを供給することができる。

40

【0065】

また、プラズマ処理装置31に備えられる処理容器32には、側壁42の一部が外方側に延びるようにして形成されており、ヘッド部62を収容可能な収容部71が設けられている。収容部71は、側壁42の一部から外方側に向かって真直ぐ延びるようにして形成されている。なお、この収容部71内の領域が、図2に示すプラズマ処理装置31におけるヘッド部62が移動可能な第二の位置となる。

【0066】

50

上記したようにヘッド部 6 2 は、保持台 3 4 の上方側である第一の位置、および収容部 7 1 内である第二の位置に移動可能である。すなわち、ヘッド部 6 2 は、図 2 に示す矢印 A₁ の方向またはその逆の方向に移動可能である。なお、ヘッド部 6 2 が第一の位置に配置された場合を図 2 で示し、ヘッド部 6 2 が第二の位置に配置された場合を、図 8 で示している。図 8 は、図 2 に示すプラズマ処理装置 3 1 において、ヘッド部 6 2 が収容部 7 1 に収容された状態を示す概略断面図である。

【 0 0 6 7 】

また、プラズマ処理装置 3 1 には、収容部 7 1 内の領域と収容部 7 1 外の領域、ここでは、処理容器 3 2 との領域を遮断する遮断機構としての遮蔽板 7 2 が設けられている。遮蔽板 7 2 は、側壁 4 2 の内壁面 7 3 に沿って、図 2 中の矢印 A₂ の方向またはその逆の方向に移動可能である。遮蔽板 7 2 により、収容部 7 1 内の領域と収容部 7 1 外の領域を遮蔽した場合を、図 8 に示している。

10

【 0 0 6 8 】

次に、図 1 ~ 図 9、表 1 および上記したプラズマ処理装置 3 1 を用いて、絶縁膜を含む半導体素子を製造する方法について説明する。図 9 は、図 2 等 に示すプラズマ処理装置を用いて被処理基板の成膜を行う際の代表的な処理の工程を示すフローチャートである。表 1 は、処理の流れおよびその処理条件を示すテーブルである。なお、後述するプラズマ処理時における保持台 3 4 の温度は、例えば、1 0 0 ~ 6 0 0、好ましくは、3 0 0 ~ 4 0 0 の間の任意の温度が選択される。

20

【 0 0 6 9 】

【表 1】

ステップ	(A)	(B)	(C)
工程	ガス吸着工程	パージ工程	プラズマ処理工程
圧力(Torr)	3	1	1
Ar ガス流量(sccm)	500	500	500
O ₂ ガス流量(sccm)	0	60	60
プリカーサガス流量(sccm)	100	0	0
マイクロ波出力(kW)	0	0	3

30

【 0 0 7 0 】

表 1 および図 1 ~ 図 9 を参照して、まず、保持台 3 4 上に半導体素子を形成する被処理基板 W を静電チャックにより保持させる。

40

【 0 0 7 1 】

次に、被処理基板 W 上に成膜ガスを吸着させる（図 9 (A) ）。具体的には、以下の流れによる。まず、ヘッド部 6 2 を第一の位置、すなわち、被処理基板 W がその上に保持された保持台 3 4 の上方側に移動させる。そして、保持台 3 4 とヘッド部 6 2 との間に形成される小容積領域内を表 1 のステップ (A) に示す圧力とする。

【 0 0 7 2 】

ここで、圧力の調整について説明する。図 1 0 は、処理容器全体におけるガス流量と所定の圧力に到達するまでの到達時間との関係を示すグラフである。図 1 1 は、保持台 3 4 とヘッド部 6 2 との間に形成される小容積領域におけるガス流量と所定の圧力に到達するまでの到達時間との関係を示すグラフである。図 1 0 および図 1 1 中、縦軸は、到達時間

50

(秒)を示し、横軸は、ガス流量 (s c c m)を示す。なお、ガス流量は、A r (アルゴン)ガス換算で示している。図10および図11に示すグラフは、1 T o r r から3 T o r r に昇圧する場合のグラフである。図10に示す場合において、処理容器全体の容積は、約54リットルである。図11に示す場合において、保持台34とヘッド部62との間に形成される小容積領域の容積は、0.75リットルである。

【0073】

図10および図11を参照して、いずれのガス流量においても、3 T o r r に到達するまでに要する時間は、図11に示す場合の方が、大幅に短くなっていることが把握できる。なお、保持台34とヘッド部62の間に形成される小容積領域の容積は、例えば、処理容器32の全体の容積の50%以内であることが好ましい。また、小容積領域の容積は、
10 処理容器32の全体の容積の20%以内であればさらに好ましい。ここで、上記した図10および図11に示す場合であれば、小容積領域の容積は、処理容器32の全体の容積のおおよそ1.4%となる。

【0074】

その後、ガス供給孔68から、成膜ガスを被処理基板Wに向けて供給する。具体的には、プリカーサガスを含む成膜ガスを複数のガス供給孔68から噴出するようにして供給する。そうすると、被処理基板W上にガスが1層吸着される。この場合、シリコン原子を含む分子層がおおよそ1層程度形成される。

【0075】

成膜ガスを被処理基板W上に吸着させた後、ヘッド部62を第二の位置へ移動させて収容部71に退避させる。ヘッド部62を収容部71に収容後、遮蔽板72を上方向に移動させ、収容部71内と収容部71外とを遮蔽板72により遮断する。
20

【0076】

その後、表1のステップ(B)へ進み、未吸着のプリカーサガスを含む成膜ガスを除去するための物理吸着除去工程として、処理容器32内の排気およびパージ(P u r g e)工程を行う(図9(B))。処理容器32内の排気は、排気孔43および排気装置等を用いて行なう。

【0077】

排気後、表1のステップ(C)へ進み、マイクロ波によるプラズマ処理を行う(図9(C))。具体的には、プラズマ処理用のガス供給部33からプラズマ励起用のガスおよび反応ガスを含むプラズマ処理用ガスを処理容器32内に供給する。この場合の反応ガスは、酸素(O₂)ガスである。そして、処理容器32内においてプラズマ発生機構39によりプラズマを生成し、形成したシリコン原子を含む吸着層のマイクロ波によるプラズマ処理を行う。この場合のマイクロ波によるプラズマ処理は、シリコン分子を含む吸着層の終端処理と、シリコン原子の酸化処理である。このプラズマ処理は、上記したプラズマ拡散領域で行なう。
30

【0078】

このステップ(A)~ステップ(C)の一連の流れを、所望の膜厚となるまで繰り返す。なお、実際の膜厚としては、例えば、膜厚1nm~500nmが選択される。このようにして、被処理基板Wに対するシリコン酸化膜の成膜を行なう。その後、被処理基板Wに対して、所望の箇所のエッチング等を繰り返し、図1に示すような半導体素子を製造する。
40

なお、このような処理を、R L S Aを用いたP E - A L D処理という。また、このような装置を、R L S Aを用いたP E - A L D装置ともいう。

【0079】

このようなプラズマ処理装置によると、ガスを被処理基板W上に吸着させる際に、保持台とヘッド部との間に形成される小容積領域において吸着層を形成することができる。そうすると、吸着工程の成膜ガスの供給量の低減や、吸着工程とプラズマ処理工程間における圧力調整の短時間化が図れ、成膜を効率的に行なうことができる。また、処理容器の内壁面が成膜ガスに曝されることがないため、処理容器の内壁面への成膜および反応生成物の付着を抑制することができる。そうすると、処理容器の内壁面をクリーニングする工程の
50

数を少なくすることができる。また、パーティクルの発生を抑制することもできる。したがって、このようなプラズマ処理装置によると、効率的に高品質な膜を成膜することができる。

【0080】

また、このようなプラズマ処理装置用ガス供給機構によると、効率的に高品質な膜を成膜することができる。

【0081】

また、この場合、ヘッド部を収容部に収容し、遮蔽板により遮蔽しているため、プラズマによる処理の際のヘッド部および収容部の内壁面へのプラズマ処理による反応生成物の付着も低減することができる。

10

【0082】

ここで、上記の実施の形態においては、収容部は側壁の一部から外方側に向かって真直ぐ伸びるようにして形成されることとしたが、これに限らず、収容部は、側壁の一部から外方側に向かって斜め方向に伸びるようにして形成することにしてもよい。また、収容部の容積とヘッド部の大きさをほぼ同一とし、ヘッド部の側壁において遮蔽機構を備えるよう構成してもよい。さらに遮蔽板の移動は上下方向に限らず、水平方向や円周方向、斜め方向に移動可能に構成してもよい。さらに、収容部内の空間と処理容器内の空間とを仕切るシャッター状のものを備えるようにしてもよい。さらに、遮蔽機構については、用途等に応じて設ける必要はない。

【0083】

図12は、RLSAを用いたPE-ALDで処理を行ったライナー膜の断面を拡大して示す顕微鏡写真であり、アスペクト比が約6の場合を示す。図13は、RLSAを用いたPE-ALDで処理を行ったライナー膜の断面を拡大して示す顕微鏡写真であり、アスペクト比が約3の場合を示す。なお、図12中の矢印B₁で示す部分および図13中の矢印B₂で示す部分が、ライナー膜である。また、ライナー膜の形成においては、BTBAS (bis-tertiaryl-butyl-amino-silane) を含むガスをプリカーサガスとしている。このようなライナー膜は、素子分離領域において形成されるトレンチにおいて、穴埋め絶縁膜によりトレンチを埋める前にトレンチの表面に形成され、高い絶縁性能等が要求される。

20

【0084】

図12においては、トレンチの幅が77.2nmであり、トレンチの深さが449.5nmであるので、アスペクト比は、5.8となる。また、図13においては、トレンチの幅が170.0nmであり、トレンチの深さが581.7nmであるので、アスペクト比は、3.4となる。

30

【0085】

図12および図13を参照して、アスペクト比が約6の場合も約3の場合も、トレンチが完全に覆われ、トレンチの最深部までライナー膜による成膜がなされていることが把握できる。

【0086】

以上より、このような成膜方法によると、被処理基板が高いアスペクト比や、例えば、50nm程度の微細な段差を有する形状であっても、上記した形状を完全に覆うように成膜することができる。さらに、マイクロ波プラズマによりプラズマ処理を行っているため、成膜時におけるプラズマダメージを大きく低減することができる。したがって、このような成膜方法によると、高品質な膜を形成することができる。

40

【0087】

また、このような成膜方法によると、半導体素子において高い絶縁性を有するシリコン酸化膜を低温で成膜することができる。そうすると、製造工程の順序の制約による問題等を回避することができる。

【0088】

また、このようにして成膜された絶縁膜は、絶縁性能に優れている。

50

【 0 0 8 9 】

また、このようにして成膜された絶縁膜を備える半導体素子は、絶縁性能の優れている絶縁膜を備えるため、高品質である。

【 0 0 9 0 】

なお、上記の実施の形態においては、ヘッド部は、処理容器内を横方向、すなわち、水平方向に進退するように移動することとしたが、これに限らず、ヘッド部は、処理容器内において、上下方向に移動可能なように構成することとしてもよい。

【 0 0 9 1 】

なお、ヘッド部および支持部の温度を調整可能な温度調整機構を含むよう構成してもよい。こうすることにより、供給するガスの温度を適切にして、より効率的に成膜等を行うことができる。具体的には、例えば、ヒータおよびセンサ（いずれも図示せず）をヘッド部の内部および支持部の内部に設ける。そして、プラズマ処理装置に備えられる制御部により、センサからの温度情報に基づいて、ヒータのオンおよびオフを行うようにする。なお、ヒータやセンサは、ヘッド部や支持部の外側に取り付けられるようにして設けることとしてもよい。また、いずれか一方、すなわち、ヘッド部のみや支持部のみに温度調整機構を備えるよう構成してもよい。

【 0 0 9 2 】

ここで、温度調整を行う際の設定温度については、用いるプリカーサガスによって任意に設定される。制御においては、例えば、用いるプリカーサガスの蒸気圧に対応する温度範囲に設定してもよい。具体的には、用いるプリカーサガスの蒸気圧が $10 \text{ Torr} (1.333 \times 10^3 \text{ Pa})$ 以上となるような温度範囲に設定してもよいし、用いるプリカーサガスの蒸気圧が $100 \text{ Torr} (1.333 \times 10^4 \text{ Pa})$ 以上となるような温度範囲に設定してもよい。

【 0 0 9 3 】

図 1 4 は、この場合におけるプラズマ処理装置の一部を示す概略断面図である。図 1 4 を参照して、プラズマ処理装置 9 1 の処理容器 9 2 内には、ヘッド部 9 3 と支持部 9 4 とが備えられている。支持部 9 4 の外径側端部 9 5 は、処理容器 9 2 の内壁面 9 6 に取り付けられている。ヘッド部 9 3 および支持部 9 4 は、外径側端部 9 5 を回転中心として、図 1 4 中の矢印 C で示す方向、すなわち、上下方向に回転可能に構成されている。ヘッド部 9 3 は、第一の位置として、保持台 9 7 の上方側に配置される。また、ヘッド部 9 3 は、第二の位置として、図 1 4 に示す状態から、上側に回転させた状態に配置される。

【 0 0 9 4 】

成膜処理については、まず、ガスを吸着する工程において、ヘッド部 9 3 を保持台 9 7 の上方側に位置させる。そして、プラズマ処理時においては、図 1 4 中の矢印 C で示す方向に支持部 9 4 ごと回転させて、ヘッド部 9 3 を第二の位置、ここでは、内壁面 9 6 側に傾けた位置にする。そして、マイクロ波による被処理基板 W のプラズマ処理を行う。このように構成することとしてもよい。

【 0 0 9 5 】

また、上記の実施の形態において、ヘッド部は、排気機構を備える構成としてもよい。図 1 5 は、この場合におけるプラズマ処理装置に備えられるヘッド部 1 0 1 の一部を板厚方向から見た図であり、図 6 に相当する。また、図 1 6 は、図 1 5 に示すヘッド部 1 0 1 の一部を示す断面図であり、図 7 に相当する。なお、図 1 5 および図 1 6 に示すヘッド部を含むプラズマ処理装置の全体的な構成は、図 2 および図 8 に示す通りである。

【 0 0 9 6 】

図 1 5 および図 1 6 を参照して、ヘッド部 1 0 1 は、上記した図 6 に示すヘッド部と同様の複数のガス供給孔 1 0 2 と、排気のためのガス排気孔 1 0 3 とが設けられている。ガス排気孔 1 0 3 は複数設けられている。ガス排気孔 1 0 3 は、ガス供給孔 1 0 2 と所定の間隔を開けて、図 1 5 に示す縦方向および横方向に、略等配に設けられている。さらに、ヘッド部 1 0 1 および図示しない支持部には、排気する成膜ガスの通路となるガス排気路 1 0 4 が設けられている。このように構成することにより、ヘッド部 1 0 1 が保持台 1 0

10

20

30

40

50

5の上方側に配置されている状態で、未吸着の成膜ガスの排気を行うことができる。そうすると、処理容器全体の排気を行う必要がなく、スループットの向上に繋がる。

【0097】

また、図17に示すように、プラズマ処理装置111に備えられるヘッド部112は、支持部113の根元部114を回転中心として、矢印Dで示す方向に処理容器115内を水平方向に回転可能な構成としてもよい。また、プラズマ処理装置116に備えられるヘッド部117は、図18に示すように、支持部118ごと処理容器119内を矢印Eで示す水平方向に移動可能な構成としてもよい。

【0098】

ここで、支持部113の構成については、以下のようにしてもよい。図25、図26、および図27は、図17に示す支持部113のうちの根元部114付近の構成を示す概略断面図である。図25に示す断面は、支持部113のうちの根元部114付近を、図17における紙面表裏方向に延びる面で切断した場合の断面に相当し、図26に示す断面は、図25に示す断面を90度回転させた場合の断面に相当し、図27に示す断面は、図26中のXXVII-XXVII断面に相当する。

10

【0099】

図17、図25～図27を参照して、支持部113のうちの根元部114には、回転可能な可動部151と、ベース153に固定されている固定部152とが設けられている。固定部152については、下方側に位置する部分が、土台となるベース153に取り付けられ、固定されている。一方、可動部151については、図25および図26に一点鎖線で示す紙面上下方向に延びる回転中心軸154を中心に、図17および図27中の矢印Dで示す方向におおよそ90度回転することができる。

20

【0100】

支持部113および根元部114の内部においては、ヘッド部側にガスを供給するガス供給孔(図示せず)に通じるガス供給路155と、排気する成膜ガスの通路となり、ガス排気孔(図示せず)に通じるガス排気路156とが設けられている。ここで、ガス供給路155とガス排気路156とは、ガス供給路155が内側に位置し、ガス排気路156が外側に位置するよう、支持部113内において、二重に設けられている。すなわち、図26中の矢印H₁で示す方向にガスが供給され、図26中の矢印H₂で示す方向にガスが排気される。

30

【0101】

このように構成することにより、ガス供給路155から供給されるガスがガス供給路155の一部から漏洩したとしても、ガス排気路156が外側に設けられているため、ガス排気路156に漏洩したガスが入り込み、排気されることになる。そうすると、ガス供給路155から漏洩したガスが、他の部分に漏洩することはない。したがって、より安全かつ確実にガス供給路155からのガスをヘッド部に供給することができる。

【0102】

もちろん、この場合において、ガス供給路155が二重以上の多重に設けられていてもよいし、ガス排気路156が二重以上の多重に設けられていてもよい。すなわち、ガス供給機構は、側壁側から延び、内方側部分がヘッド部に連結され、ヘッド部を支持する支持部を含む構成であり、排気機構は、支持部の内部に、排気された排気ガスの通路となる排気路を含み、ガス供給機構は、支持部の内部に、供給するガスの通路となるガス供給路を含み、ガス供給路は、ガス排気路の内側となるように多重に設けられていればよい。

40

【0103】

さらにプラズマ処理装置において、処理容器を2つ以上有する構成として、ヘッド部を2つ以上の処理容器の間で行き来可能な構成としてもよい。

【0104】

図19は、この場合のプラズマ処理装置の一部を示す概略断面図である。図19を参照して、プラズマ処理装置121は、図19中の左方側に位置する第一の処理容器122aと、右方側に位置する第二の処理容器122bとを備える。第一の処理容器122aと第

50

二の処理容器 1 2 2 b とは、その間に位置する側壁 1 2 3 を共有するようにして設けられている。そして、各処理容器 1 2 2 a、1 2 2 b にはそれぞれ、保持台 1 2 4 a、1 2 4 b、プラズマ処理用ガス供給部および誘電体窓 1 2 5 a、1 2 5 b 等が設けられている。そして、各処理容器 1 2 2 a、1 2 2 b 内でそれぞれ、被処理基板 W に対するプラズマ処理が可能である。しかし、ヘッド部 1 2 6 を含むガス供給機構については、プラズマ処理装置において、1 つのみ設けられている。

【 0 1 0 5 】

ここで、第一の処理容器 1 2 2 a と第二の処理容器 1 2 2 b との間に位置する側壁 1 2 3 の一部は、開口している。この開口部 1 2 7 を通じて、ヘッド部 1 2 6 は、第一の処理容器 1 2 2 a と第二の処理容器 1 2 2 b との間を移動可能に構成されている。また、第一および第二の処理容器 1 2 2 a、1 2 2 b 側には、開口部 1 2 7 の開閉を可能とする第一のシャッター 1 2 8 a、および第二のシャッター 1 2 8 b が設けられている。具体的には、開口部 1 2 7 を通じて、ヘッド部 1 2 6 は、第一の処理容器 1 2 2 a と第二の処理容器 1 2 2 b との間を行き来可能とされている。

10

【 0 1 0 6 】

このような構成によると、効率的な成膜工程を行なうことができる。すなわち、例えば、一方側である第二の処理容器 1 2 2 b で被処理基板 W のプラズマ処理を行っている間に、他方側である第一の処理容器 1 2 2 a にヘッド部 1 2 6 を移動させて、第一の処理容器 1 2 2 a 内で、ヘッド部 1 2 6 により被処理基板 W に対するガス吸着工程を行う。このように構成することにより、効率的な成膜が可能となる。この場合、プラズマ発生器等についても、2 つの処理容器における処理で、共用することができる。

20

【 0 1 0 7 】

なお、プラズマ処理装置は、保持台上への被処理基板の支持および保持台上に支持された被処理基板の取り外しのうちの少なくともいずれか一方が可能である被処理基板移動機構を備えるよう構成してもよい。図 2 8 は、この場合におけるプラズマ処理システムの構成を概略的に示す概略図である。図 2 8 を参照して、プラズマ処理システム 1 6 1 は、処理前の被処理基板 W の搬入口や処理後の被処理基板 W の搬出口となり、プラズマ処理システム 1 6 1 と外部との間において被処理基板 W の出し入れを行うための 3 つのロードポート 1 6 2 a、1 6 2 b、1 6 2 c と、大気圧雰囲気下において被処理基板 W の搬送を行う空間を有するロードモジュール 1 6 3 と、ロードモジュール 1 6 3 とトランスファモジュール 1 6 5 との間において圧力調整等を行う 2 つのロードロックモジュール 1 6 4 a、1 6 4 b と、真空雰囲気下において被処理基板 W の搬送を行う空間を有するトランスファモジュール 1 6 5 と、被処理基板 W のプラズマ処理を行う 2 つのプラズマ処理装置 1 8 1 a、1 8 1 b と、トランスファモジュール 1 6 5 の内部に備えられ、図示しないアームを用いて、プラズマ処理装置 1 8 1 a、1 8 1 b との間において被処理基板 W の出し入れ等の搬送を行う被処理基板搬送機構（図示せず）とを備える。

30

【 0 1 0 8 】

各プラズマ処理装置 1 8 1 a、1 8 1 b に備えられるそれぞれの保持台 1 6 7 a、1 6 7 b は、それぞれ 4 枚の被処理基板 W を載置するようにして支持することができる。保持台 1 6 7 a における 4 枚の被処理基板 W の支持領域を、図 2 8 等における一点鎖線で示す領域 1 6 8 a、1 6 8 b、1 6 8 c、1 6 8 d で示している。また、保持台 1 6 7 b における 4 枚の被処理基板 W の支持領域を、図 2 8 等における一点鎖線で示す領域 1 6 8 e、1 6 8 f、1 6 8 g、1 6 8 h で示している。なお、ここでは保持台 1 6 7 a、1 6 7 b は、4 枚の被処理基板 W を載置できることとしたが、これに囚われず、例えば、2 枚以上の被処理基板 W を載置できるようにしてもよい。

40

【 0 1 0 9 】

図 2 9 は、保持台 1 6 7 a 付近を概略的に示す概略斜視図である。図 2 9 を参照して、被処理基板 W の保持台 1 6 7 a 上への支持および被処理基板 W の保持台 1 6 7 a からの取り外しについては、3 つのピン（図示せず）が用いられる。ピンによる被処理基板 W の支持および取り外しについては、後述する。なお、図 2 9 においては、保持台 1 6 7 a の領

50

域 168a における 3 つのピンの設置領域となる 3 つのピン孔 172a、172b、172c を示している。他の領域 168b ~ 168d におけるピン孔の図示は省略する。3 つのピン孔 172a ~ 172c は、それぞれを仮想線で結んだ場合に、ほぼ正三角形を形成する位置に設けられている。すなわち、3 つのピン孔 172a ~ 172c は、仮想の正三角形の角に位置する部分に設けられている。

【0110】

保持台 167a を備える一方のプラズマ処理装置 181a には、上述したヘッド部 169 が設けられている。ヘッド部 169 は、支持部 170 に取り付けられている。ヘッド部 169 は、支持部 170 の外方側端部となる根元部 171 を回転中心として、図 29 中の矢印 J_1 で示す方向に 360 度回転可能である。こうすることにより、4 つの領域 168a ~ 168d にそれぞれ支持された被処理基板 W において、成膜等の処理を効率的に行うことができる。また、保持台 167a は、根元部 171 の中心を回転中心として、図 29 中の矢印 J_2 で示す方向に 360 度回転可能である。

10

【0111】

こうすることにより、処理を行う被処理基板 W の搬入、すなわち、保持台 167a 上への支持や、処理が終了した被処理基板 W の搬出、すなわち、保持台 167a 上からの取り外しを効率的に行うことができる。ここで、上記した回転する保持台 167a およびピンは、保持台上への被処理基板の支持および支持台上に支持された被処理基板の取り外しのうちの少なくともいずれか一方が可能である被処理基板移動機構として作動する。すなわち、プラズマ処理装置は、保持台上への被処理基板の支持および支持台上に支持された被

20

【0112】

また、保持台 167b を備える他方のプラズマ処理装置 181b についても、上述したヘッド部 173、支持部 174a、および根元部 175 が設けられている。そして、根元部 175 を中心としてヘッド部 173 と 180 度対向する位置に、被処理基板 W をその上に載置することができる載置部 176 が設けられている。載置部 176 は、支持部 174b によって支持されている。ヘッド部 173 を支持する支持部 174a と載置部 176 を支持する支持部 174b とは、根元部 175 を間に挟んで、ほぼ一直線に連なるように設けられている。

30

【0113】

載置部 176 は、断面 L 字状であって、回転中心軸方向から見た場合に、略半円状である。載置部 176 は、断面 L 字状の上面において、被処理基板 W を載置することができる。根元部 175 の回転により、ヘッド部 173 および載置部 176 は、根元部 175 の中心を回転中心として 360 度回転することができる。こうすることにより、保持台 167b が固定されており、保持台 167b が回転できない構成であったとしても、4 つの支持領域 168e ~ 168h に支持された被処理基板 W の搬入および搬出を行うことができる。なお、図 30 においては、保持台 167b の領域 168e における 3 つのピンの設置領域となる 3 つのピン孔 177a、177b、177c を示している。他の領域 168f ~ 168h におけるピン孔およびピンの図示については、省略する。

40

【0114】

ここで、ピンによる被処理基板 W の支持および取り外しについて説明すると、以下の通りである。図 31、図 32、図 33、および図 34 は、ピンによる被処理基板 W の支持および取り外しを行う際の保持台 167b の一部を示す概略断面図である。まず、図 31 を参照して、保持台 167b の上の領域 168e に被処理基板 W が支持されている。被処理基板 W が支持された領域 168e には、ピン 178a、178b およびピン孔 177a、177b が設けられている。ピン 178a、178b はそれぞれ、ピン孔 177a、177b 内に設けられている。なお、図 31 ~ 図 34 においては、理解の容易の観点から、ピン孔 177c およびピン孔 177c 内に設けられているピンの図示については、省略する。ピン 178a、178b は、図 31 における紙面上下方向に移動可能である。

50

【0115】

次に、図32を参照して、ピン孔177a、177b内に配置されたピン178a、178bがそれぞれ紙面上方向に移動する。そうすると、被処理基板Wの下面179をピン178a、178bの上側端部で押し、被処理基板Wが上方向に移動する。この場合、被処理基板Wは、ピン178a、178bの上側端部に載るような状態となるが、ピンは合計3つあるので、いわゆる三点支持の形となり、比較的安定して被処理基板Wを載せることができる。

【0116】

次に、図33を参照して、載置部176が支持領域168eの位置まで回転して移動する。そうすると、被処理基板Wの下面179が載置部176における断面L字状の上面180に対向する位置にくる。なお、図33においては、載置部176のうち、外方側に位置する部分が回転により早く到達するため、外方側に位置する部分を実線で示し、内方側に位置する部分を点線で示している。

10

【0117】

次に、図33に示す状態で、ピン178a、178bを下方向に移動する。そうすると、載置部176の上面180上に被処理基板Wの下面179が載置される。そして、載置部176の回転により、支持領域168e外に被処理基板Wが移動させられる。

【0118】

なお、被処理基板Wの保持台167bへの支持については、上記したように載置部176により所定の位置、例えば、被処理基板Wが領域168fに移動させられた後、ピンが上昇し、被処理基板Wを持ち上げた状態で、載置部176を回転させて領域168f外に移動し、その後、ピンを下降させることにより、領域168fに支持させることができる。

20

【0119】

こうすることにより、保持台167bが回転せず、固定されている状態によっても、被処理基板Wの保持台167b上への支持および保持台167bからの取り外しを効率的に行うことができる。

【0120】

ここで、上記した載置部およびピンは、保持台上への被処理基板の支持および支持台上に支持された被処理基板の取り外しのうちの少なくともいずれか一方が可能である被処理基板移動機構として作動する。すなわち、プラズマ処理装置は、保持台上への被処理基板の支持および支持台上に支持された被処理基板の取り外しのうちの少なくともいずれか一方が可能である被処理基板移動機構としての載置部およびピンを含む。

30

【0121】

なお、上記の実施の形態においては、各領域において、3つのピンおよびピン孔を設ける構成としたが、これに限らず、4つ以上のピン等を設ける構成にしてもよい。さらには、安定した状態でピンの上側端部に載せることができればよく、3つのピンを正三角形の位置に必ずしも設けなくともよい。また、例えば、ピンの先端が平板状でもよく、この場合、ピンの数は、1つまたは2つであっても安定した状態で被処理基板Wを一時的に載せることができる。

40

【0122】

また、上記の実施の形態においては、ガス供給機構に備えられるヘッド部は、円板部を備えることとしたが、これに限らず、ヘッド部は、処理容器内において水平方向に延びる棒状部を備え、棒状部は、保持台上に保持された被処理基板上の領域を水平方向に移動可能なように構成してもよい。

【0123】

図20は、この場合におけるプラズマ処理装置131の要部を示す概略断面図であり、図2に相当する。図21は、プラズマ処理装置に備えられる棒状部の一部を示す斜視図である。なお、図20に示すプラズマ処理装置131において、図2に示すプラズマ処理装置31と同様の構成については、同一の符号を用いて、その説明を省略する。

50

【 0 1 2 4 】

図 2 0 および図 2 1 を参照して、プラズマ処理装置 1 3 1 に備えられるガス供給機構に含まれるヘッド部 1 3 3 は、処理容器 1 3 2 内において水平方向に延びる棒状部 1 3 4 を備える。棒状部 1 3 4 は、長手方向に直交する断面で切断した場合に、その外形形状が略真円状である。棒状部 1 3 4 の一方端部となる根元部 1 3 5 は、処理容器 1 3 2 の側壁 1 3 6 に取り付けられている。すなわち、棒状部 1 3 4 は、側壁 1 3 6 で支持されている構成である。なお、棒状部 1 3 4 の最下部と保持台 3 4 との間の間隔については、例えば、1 0 mm が選択される。棒状部 1 3 4 は、保持台 3 4 の上方側に位置した場合、被処理基板 W の一部を覆うような構成である。

【 0 1 2 5 】

棒状部 1 3 4 は、中空形状である。棒状部 1 3 4 の内方側に位置する中空部分が、上記した図 2 に示すプラズマ処理装置に備えられるガス供給機構のヘッド部および支持部に設けられたガス供給路 1 3 7 となる。また、棒状部 1 3 4 の下方側となる被処理基板 W に対向する面からガス供給路 1 3 7 に繋がるようにガス供給孔 1 3 8 が設けられている。ガス供給孔 1 3 8 は、棒状部 1 3 4 の長手方向に所定の間隔を開けて複数設けられている。

【 0 1 2 6 】

棒状部 1 3 4 は、被処理基板 W 上の領域を水平方向に移動可能である。図 2 2 は、図 2 0 に示すプラズマ処理装置 1 3 1 の要部を示す概略断面図であり、プラズマ処理装置 1 3 1 を上方向から見た図である。図 2 0 ~ 図 2 2 を参照して、棒状部 1 3 4 は、保持台 3 4 上に保持された被処理基板 W 上の領域を水平方向に移動可能である。この場合、根元部 1 3 5 を回転中心として、図 2 2 中の矢印 F で示すように、棒状部 1 3 4 が回転可能に構成されている。この場合、棒状部 1 3 4 が位置可能な第一および第二の位置としては、被処理基板 W の上方側が第一の位置となり、被処理基板 W の上方側を避けた位置が第二の位置となる。なお、プラズマ処理装置 1 3 1 の側壁 1 3 6 の外形形状は、矩形形状である。このような構成のプラズマ処理装置 1 3 1 であっても、上記と同様の効果を奏することができる。さらに、このような棒状部は、比較的単純な構造であるため、棒状部 1 3 4 の製造時におけるコストダウンを図ることができる。なお、この場合の小容積領域は、棒状部 1 3 4 と保持台 3 4 との間に形成される領域となる。

【 0 1 2 7 】

なお、図 2 3 に示すように、プラズマ処理装置 1 3 9 に備えられる棒状部 1 3 4 は、全体を水平方向に稼動させて、図 2 3 中に示す矢印 G の方向に移動可能なように構成してもよい。

【 0 1 2 8 】

また、棒状部に、ガス排気孔を設けるように構成してもよい。図 2 4 は、この場合における棒状部の一部を示す断面図であり、図 2 1 に相当する。図 2 4 を参照して、棒状部 1 4 1 の内方側に位置する中空部分は、壁部 1 4 2 によって仕切られている。そして壁部 1 4 2 によって仕切られた一方側の中空部分が、上記したガス供給路 1 4 3 となり、他方側の中空部分がガス排気路 1 4 4 となる。そして、上記した図 2 1 に示す棒状部 1 3 4 と同様に、ガス供給路 1 4 3 に繋がるように、長手方向に所定の間隔を開けて、被処理基板 W に成膜ガスを供給するガス供給孔 1 4 5 が複数設けられている。また、ガス排気路 1 4 4 についても、長手方向に所定の間隔を開けて、小容積領域の排気を行なうガス排気孔 1 4 6 が複数設けられている。このような構成としてもよい。なお、この場合の棒状部 1 4 1 の断面の外形形状は、矩形形状である。

【 0 1 2 9 】

なお、上記の実施の形態において、保持台を上下方向および左右方向の少なくともいずれか一方側に移動可能なように構成することにしてもよい。こうすることにより、より適切に、プラズマ処理やガス吸着を行うことができる。具体的には、例えば、ヘッド部を第一の位置に配置させる際に、ヘッド部の移動に連動させて、保持台をヘッド部に近づけるように移動させるようにする。

【 0 1 3 0 】

10

20

30

40

50

なお、上記の実施の形態においては、シリコン原子を酸化する場合について説明したが、これに限らず、シリコン原子を窒化する場合についても適用される。すなわち、上記したガス吸着工程の後に、窒化物を含むガス、例えば、 N_2 ガスを処理容器内に供給してプラズマ処理を行い、シリコン窒化膜を形成する。このような場合についても適用される。

【0131】

また、上記の実施の形態においては、ガス吸着用のプリカーサガスとしてBTBASを含むガスを用いることとしたが、もちろんシリコンを含有する他のガスを用いても構わない。また、プラズマ処理においても、酸素ガス以外のガスを用いることも可能である。

【0132】

なお、上記の実施形態において、ヘッド部の移動に関わらず、プラズマを常に生成した状態としておいてもよい。こうすることにより、さらなるスループットの向上等を図ることができる。

【0133】

なお、上記の実施の形態においては、素子分離領域においてトレンチを形成し、穴埋め絶縁膜によりトレンチを埋める前にトレンチの表面に形成されるライナー膜を形成する場合について説明したが、これに限らず、例えば、MOSトランジスタにおけるゲート酸化膜や他の絶縁層、例えば、層間絶縁膜やゲート側壁部の形成に適用してもよい。さらに、CCDやLSI等においても、もちろん有効に適用される。すなわち、成膜ガスを供給して吸着層を形成するガス吸着工程とプラズマ処理工程を組み合わせることで成膜プロセスに適用される。

【0134】

具体的な膜としては以下のものが挙げられる。すなわち、ゲート絶縁膜として、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Ta_2O_5 、 La_2O_3 、DRAM (Dynamic Random Access Memory) のトレンチキャパシターとして、 SiO_2 、 HfO_2 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、FinFET (Field Effect Transistor) 等の3Dデバイスのゲート酸化膜として、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Ta_2O_5 、 La_2O_3 、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ナノラミネートとして、 HfO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、UVブロックレイヤーとして ZnO 、 TiO_2 、有機EL (Electro Luminescence) 素子としてアルミナ絶縁膜である Al_2O_3 、オプティカルデバイスや太陽電池等として、 $AlTiO$ 、 SnO_2 、 ZnO 、圧電素子として ZnO 等が挙げられる。

【0135】

なお、上記の実施の形態において、ガス吸着工程とプラズマ処理工程との間に、処理容器内を排気する排気工程を行ってもよい。さらに、プラズマ処理工程の後に、排気工程を行ってもよい。

【0136】

また、上記の実施の形態においては、プラズマ処理用のガスは、側壁に設けられたガス供給孔から供給することにしたが、これに限らず、被処理基板の中央に向かって噴出するガス供給孔を、例えば、誘電体窓の中央領域に設け、このガス供給孔から供給することにしてもよい。

【0137】

なお、上記の実施の形態において、保持台上に保持される被処理基板の外径側に薄板状のフォーカスリングを備える構成としてもよい。この場合、図2に示すプラズマ処理装置においては、第一の位置として、環状のフォーカスリングの上方側に、延出部が位置することになる。このようなフォーカスリングを備える構成は、以下の点において有利である。第一の位置において、ヘッド部は、被処理基板を覆うように配置されており、被処理基板の周辺、具体的には、被処理基板の外径側に位置するフォーカスリングにおいても成膜等がなされてしまう。ここで、フォーカスリングを交換可能とすることにより、被処理基板の外径側における成膜の問題を解消することができる。また、フォーカスリングの板厚

10

20

30

40

50

を変更することにより、ヘッド部と保持台との間のすき間の間隔を調整することが可能となる。

【0138】

また、上記の実施の形態においては、スロットアンテナ板を用いたRLSAによるマイクロ波によりプラズマ処理を行うこととしたが、これに限らず、くし型のアンテナ部を有するマイクロ波プラズマ処理装置を用いてもよい。

【0139】

なお、上記の実施の形態においては、マイクロ波をプラズマ源とするプラズマ処理装置であったが、これに限らず、ICP(Inductively-coupled Plasma)やECR(Electron Cyclotron Resonance)プラズマ、平行平板型プラズマ等をプラズマ源とするプラズマ処理装置等についても適用され、プラズマ生成手段に限定されない。

【0140】

また、上記の実施の形態においては、シリコン酸化膜等の絶縁膜を成膜する場合について説明したが、これに限らず、導電膜を成膜する場合についても適用される。

【0141】

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

【産業上の利用可能性】

【0142】

この発明に係るプラズマ処理装置およびプラズマ処理装置用ガス供給機構は、高品質な膜の効率的な製造が要求される場合に、有効に利用される。

【符号の説明】

【0143】

11 MOS型半導体素子、12 シリコン基板、13 素子分離領域、14a p型ウェル、14b n型ウェル、15a 高濃度n型不純物拡散領域、15b 高濃度p型不純物拡散領域、16a n型不純物拡散領域、16b p型不純物拡散領域、17 ゲート酸化膜、18 ゲート電極、19 ゲート側壁部、21 絶縁膜、22 コンタクトホール、23 穴埋め電極、24 メタル配線層、26, 27 領域、31, 91, 111, 116, 121, 131, 139, 181a, 181b プラズマ処理装置、32, 92, 115, 119, 122a, 122b, 132 処理容器、33 ガス供給部、34, 97, 105, 124a, 124b, 167a, 167b 保持台、35 マイクロ波発生器、36, 125a, 125b 誘電体窓、37 スロットアンテナ板、38 誘電体部材、39 プラズマ発生機構、40 スロット孔、41 底部、42, 123, 136 側壁、43 排気孔、44 蓋部、45 Oリング、46, 68, 102, 138, 145 ガス供給孔、47, 180 上面、48, 70, 179 下面、49 筒状支持部、51 マッチング機構、52 モード変換器、53 導波管、54 同軸導波管、61 ガス供給機構、62, 93, 101, 112, 117, 126, 133, 169, 173 ヘッド部、63, 94, 113, 118, 170, 174a, 174b 支持部、64, 95 端部、66 円板部、67 延出部、69, 137, 143, 155 ガス供給路、71 収容部、72 遮蔽板、73, 96 内壁面、103, 146 ガス排気孔、104, 144, 156 ガス排気路、114, 135, 171, 175 根元部、127 開口部、128a, 128b シャッター、134, 141 棒状部、142 壁部、151 可動部、152 固定部、153 ベース、154 回転中心軸、161 プラズマ処理システム、162a, 162b, 162c ロードポート、163 ロードモジュール、164a, 164b ロードロックモジュール、165 トランスファモジュール、168a, 168b, 168c, 168d, 168e, 168f, 168g, 168h 領域、172a, 172b, 172c, 177a, 177b, 177c ピン孔、176 載置部、178a, 178b ピン。

10

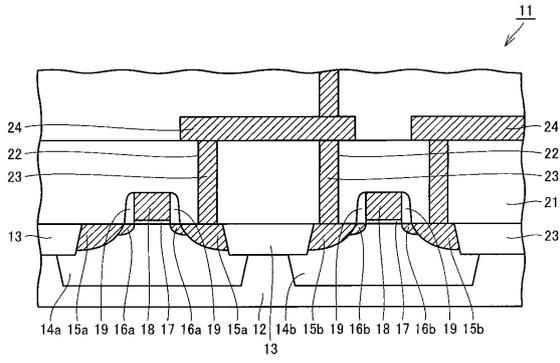
20

30

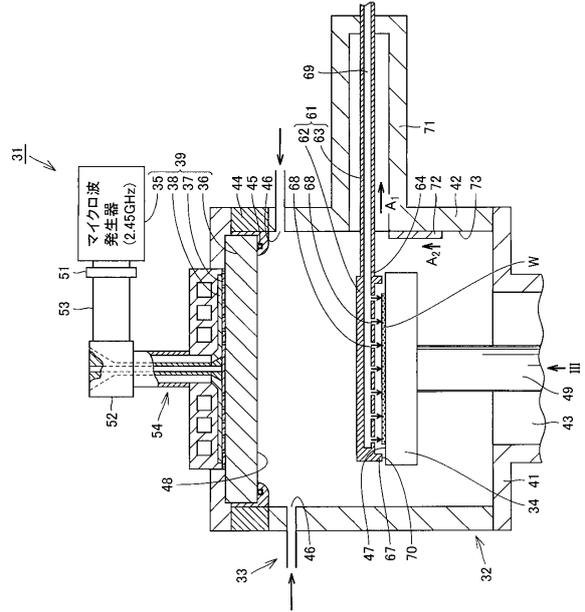
40

50

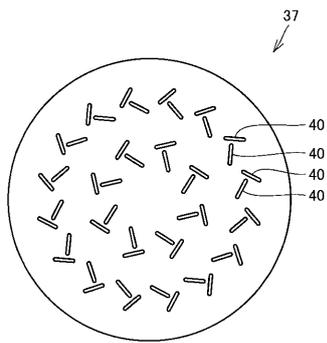
【図1】



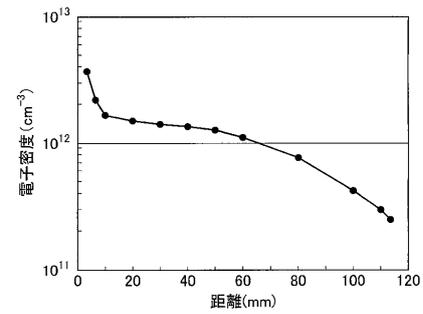
【図2】



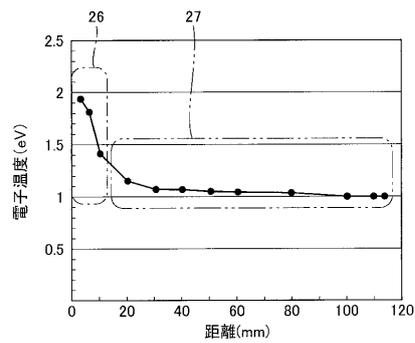
【図3】



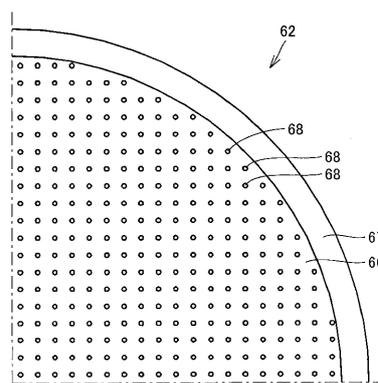
【図5】



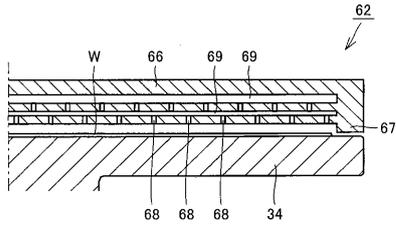
【図4】



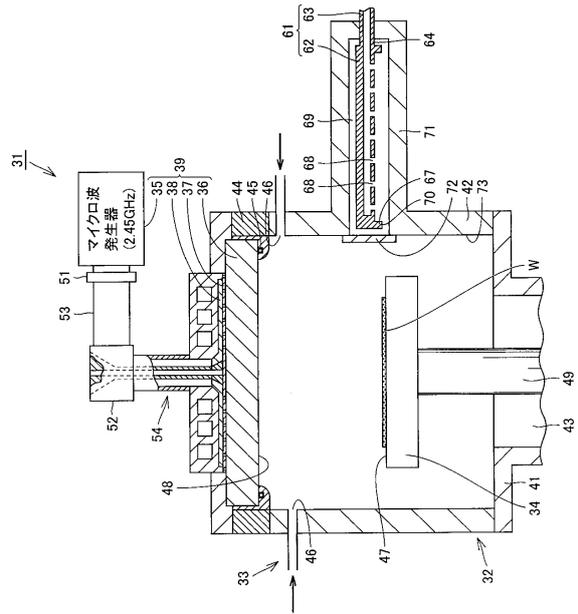
【図6】



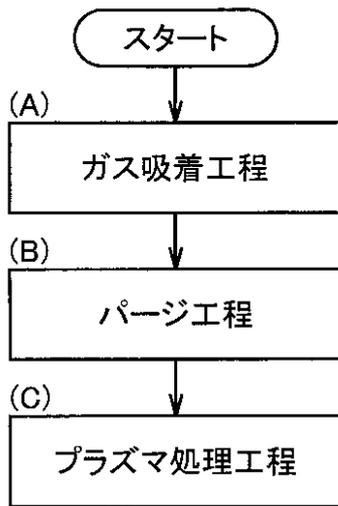
【図7】



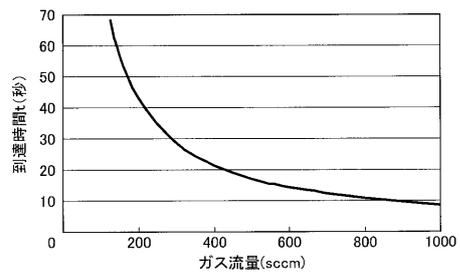
【図8】



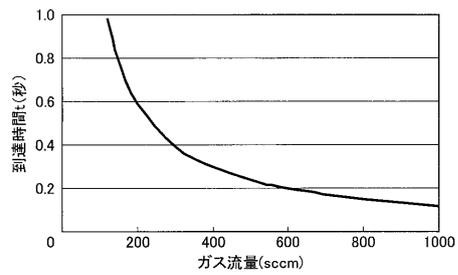
【図9】



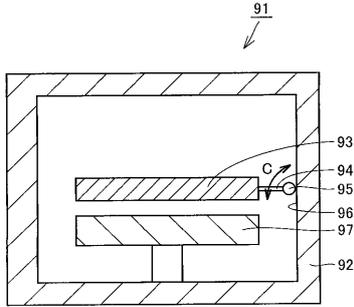
【図10】



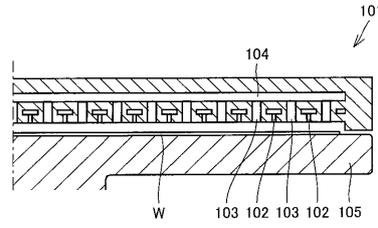
【図11】



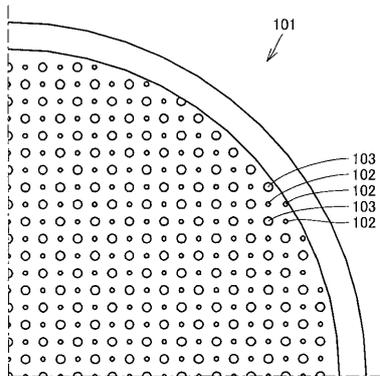
【図14】



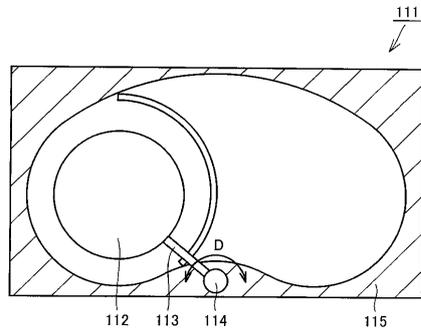
【図16】



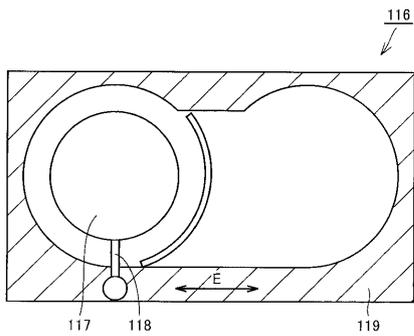
【図15】



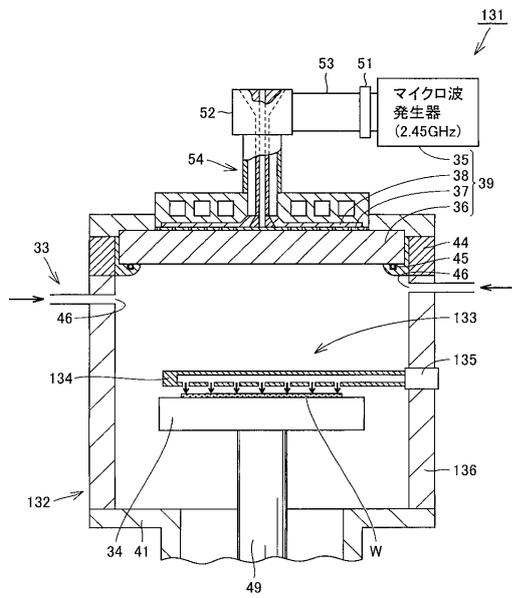
【図17】



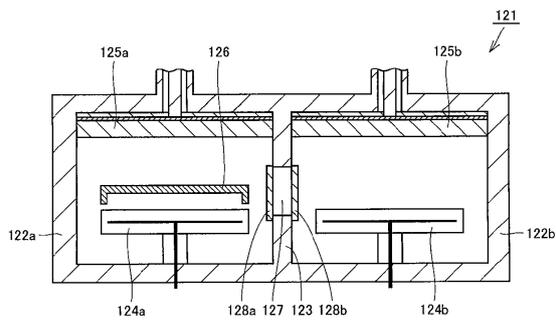
【図18】



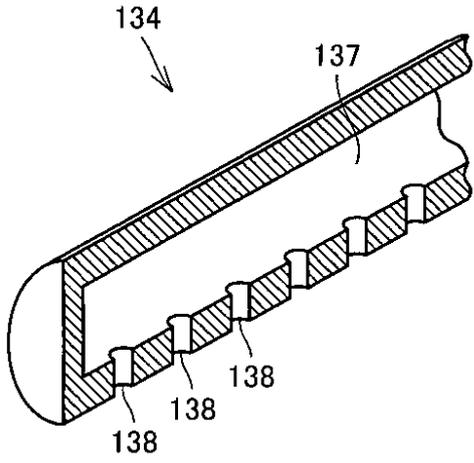
【図20】



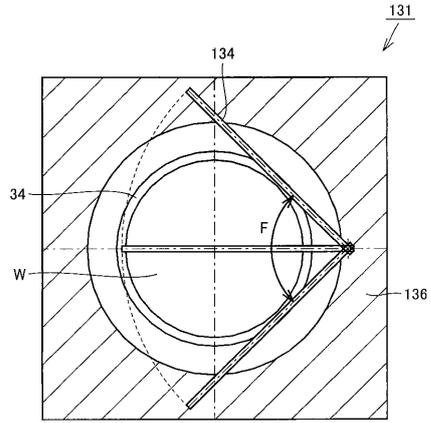
【図19】



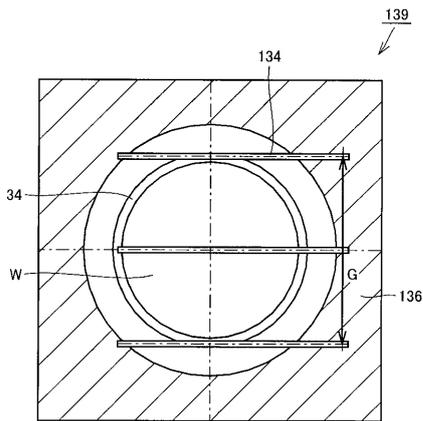
【図 2 1】



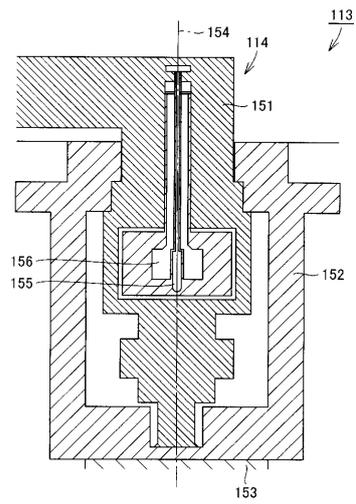
【図 2 2】



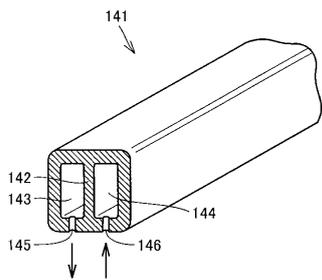
【図 2 3】



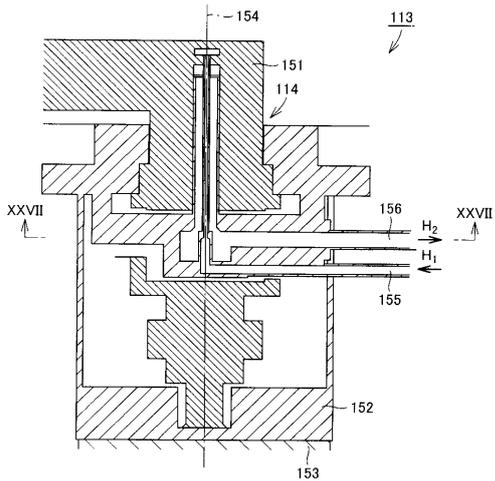
【図 2 5】



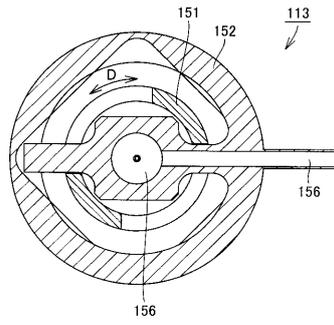
【図 2 4】



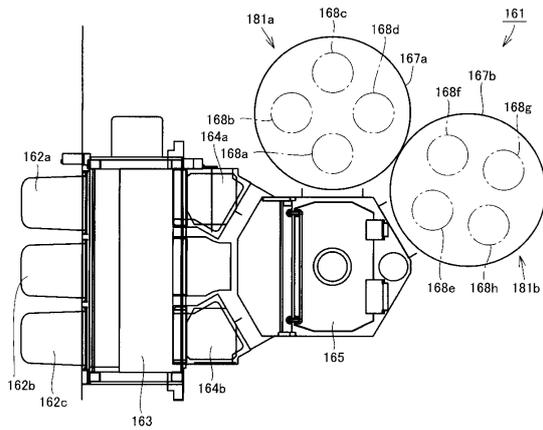
【図26】



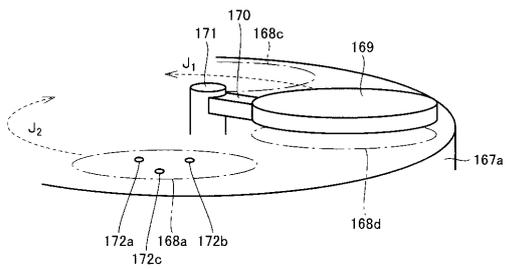
【図27】



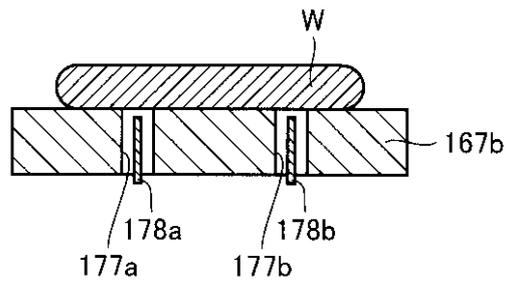
【図28】



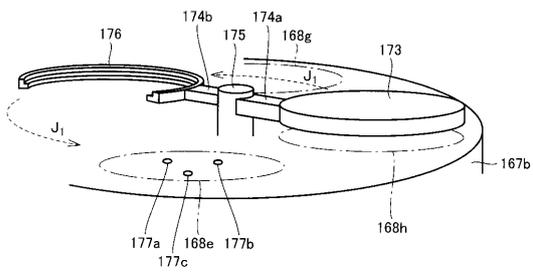
【図29】



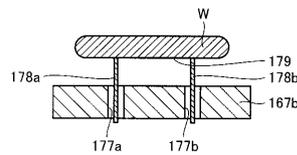
【図31】



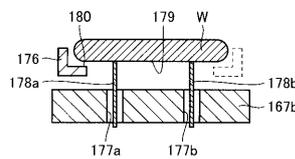
【図30】



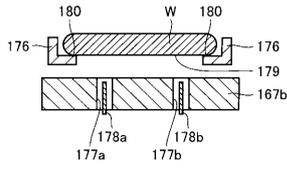
【図32】



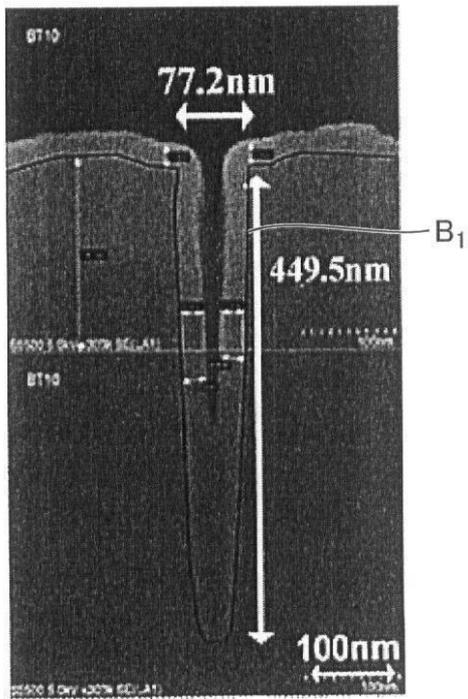
【図33】



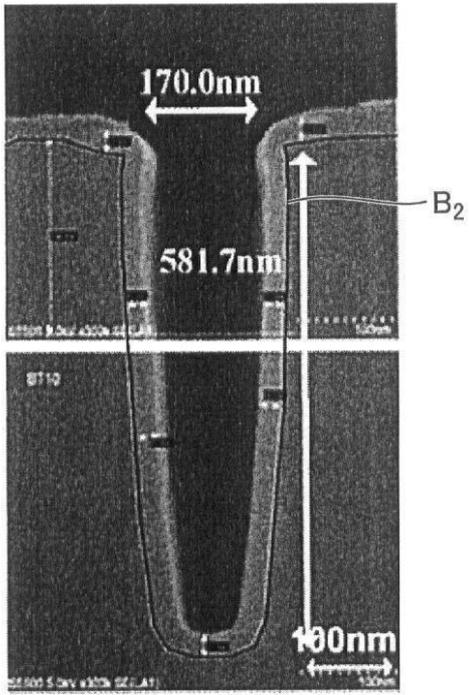
【 図 3 4 】



【 図 1 2 】



【 図 13 】



フロントページの続き

(72)発明者 野沢 俊久

兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロン技術研究所株式会社内

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平08-260154(JP,A)

特開平05-090210(JP,A)

国際公開第2008/041601(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

C23C 16/455

C23C 16/511

H01L 21/316

H01L 21/318