(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2017-228708
(P2017-228708A)
(43)公開日　平成29年12月28日(2017.12.28)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 21/31	(2006.01)	H01L	21/31	C	4K030
H01L 21/318	(2006.01)	H01L	21/318	B	5F045
C23C 16/511	(2006.01)	C23C	16/511		5F058
C23C 16/458	(2006.01)	C23C	16/458		
C23C 16/50	(2006.01)	C23C	16/50		

審査請求 未請求　請求項の数 18　ＯＬ　（全 14 頁）　最終頁に続く

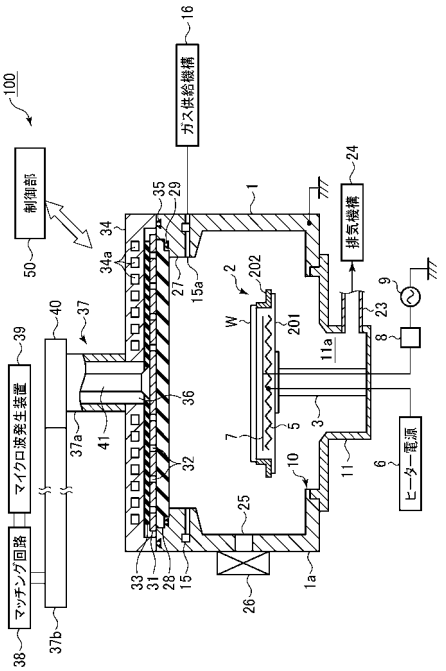
(21)出願番号　特願2016-125141 (P2016-125141)
(22)出願日　平成28年6月24日 (2016.6.24)

(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　100099944
弁理士　高山　宏志
(72)発明者　今中　雅士
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内
(72)発明者　中西　敏雄
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内
(72)発明者　本多　稔
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚ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】プラズマ成膜装置および基板載置台

(57)【要約】　（修正有）
【課題】所望の膜厚均一性を有する膜を得ることができるプラズマ成膜装置およびそれに用いる基板載置台を提供する。
【解決手段】基板が収容されるチャンバー１と、チャンバー１内で基板Wが載置される基板載置台２と、チャンバー内に成膜ガスを含むガスを供給するガス供給機構１６と、チャンバー１内を排気する排気機構２４と、チャンバー１内にプラズマを生成させるプラズマ生成機構とを有するプラズマ成膜装置１００において、基板載置台２は、基板Wより小径で、かつ載置面を有する載置台本体２０１と、載置台本体２０１の外側に配置される環状をなす調整部材２０２とを有する。調整部材２０２は、交換可能に設けられ、かつ、基板Wの外側の位置に種々の段差を有する複数のものが用意され、これらの中からプラズマ処理の処理条件に応じて選択されたものが用いられる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板が収容されるチャンバーと、
前記チャンバー内で基板が載置される基板載置台と、
前記チャンバー内に成膜ガスを含むガスを供給するガス供給機構と、
前記チャンバー内を排気する排気機構と、
前記チャンバー内にプラズマを生成させるプラズマ生成手段と
を有し、
前記プラズマ生成手段により、生成されたプラズマにより前記成膜ガスを励起させて前記基板上に所定の膜を成膜するプラズマ成膜装置であって、
前記基板載置台は、前記基板より小径で、かつ載置面を有する載置台本体と、前記載置台本体の外側に配置される環状をなす調整部材とを有し、
前記調整部材は交換可能に設けられ、かつ前記調整部材として、基板の外側の位置に種々の段差を有する複数のものが用意され、これらの中からプラズマ処理の処理条件に応じて選択されたものが用いられることを特徴とするプラズマ成膜装置。
【請求項２】
前記プラズマ生成手段は、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを生成させるものであることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項３】
前記プラズマ生成手段は、マイクロ波を発生させるマイクロ波発生装置と、マイクロ波を放射するスロットを有する平面アンテナと、前記チャンバーの天壁を構成する誘電体からなるマイクロ波透過板とを有し、前記平面アンテナの前記スロットおよび前記マイクロ波透過板を介してマイクロ波を前記チャンバー内に放射させ、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを供給し、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを生成させることを特徴とする請求項２に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項４】
前記載置台本体は、前記基板を加熱するための加熱手段を有することを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか１項に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項５】
前記ガス供給機構は、前記成膜ガスとして水素含有ガスを用いることを特徴とする請求項１から請求項４のいずれか１項に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項６】
前記成膜ガスは、前記水素含有ガスとして水素含有シリコン原料を含み、前記所定の膜として珪素含有膜が成膜されることを特徴とする請求項５に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項７】
前記成膜ガスとして、前記水素含有シリコン原料および窒素含有ガスを供給し、前記所定の膜として窒化珪素膜が成膜されることを特徴とする請求項６に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項８】
前記基板載置台は、前記基板の温度を２５０～５５０℃の範囲に制御することを特徴とする請求項７に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項９】
前記ガス供給機構は、前記チャンバー内に前記成膜ガスとともにプラズマ生成ガスとしてヘリウムガスを供給することを特徴とする請求項１から請求項８のいずれか１項に記載のプラズマ成膜装置。
【請求項１０】
基板に対して所定の膜を成膜するプラズマ成膜装置のチャンバー内において基板を載置する基板載置台であって、
前記基板より小径で、かつ載置面を有する載置台本体と、前記載置台本体の外側に配置される環状をなす調整部材とを有し、

前記調整部材は交換可能に設けられ、かつ前記調整部材として、基板の外側の位置に種々の段差を有する複数のものが用意され、これらの中からプラズマ処理の処理条件に応じて選択されたものが用いられることを特徴とする基板載置台。
【請求項１１】
前記プラズマ成膜装置は、プラズマを生成させるプラズマ生成手段を有し、前記プラズマ生成手段により、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマが生成されることを特徴とする請求項１０に記載の基板載置台。
【請求項１２】
前記プラズマ生成手段は、マイクロ波を発生させるマイクロ波発生装置と、マイクロ波を放射するスロットを有する平面アンテナと、前記チャンバーの天壁を構成する誘電体からなるマイクロ波透過板とを有し、前記平面アンテナの前記スロットおよび前記マイクロ波透過板を介してマイクロ波を前記チャンバー内に放射させ、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを供給し、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを生成させるものであることを特徴とする請求項１１に記載の基板載置台。
【請求項１３】
前記載置台本体は、前記基板を加熱するための加熱手段を有することを特徴とする請求項１０から請求項１２のいずれか１項に記載の基板載置台。
【請求項１４】
前記プラズマ成膜処理は、成膜ガスとして水素含有ガスを用いるものであることを特徴とする請求項１０から請求項１３のいずれか１項に記載の基板載置台。
【請求項１５】
前記成膜ガスは、前記水素含有ガスとして水素含有シリコン原料を含み、前記所定の膜として珪素含有膜が成膜されることを特徴とする請求項１４に記載の基板載置台。
【請求項１６】
前記成膜ガスとして、前記水素含有シリコン原料および窒素含有ガスを供給し、前記所定の膜として窒化珪素膜が成膜されることを特徴とする請求項１５に記載の基板載置台。
【請求項１７】
前記基板載置台は、前記基板の温度を２５０～５５０℃の範囲に制御することを特徴とする請求項１６に記載の基板載置台。
【請求項１８】
前記プラズマ成膜処理において、前記チャンバー内に前記成膜ガスとともにプラズマ生成ガスとしてヘリウムガスが供給されることを特徴とする請求項１４から請求項１７のいずれか１項に記載の基板載置台。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、プラズマ成膜装置および基板載置台に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体デバイスの製造工程においては、絶縁膜、保護膜、電極膜等として種々の膜の成膜が行われる。このような各種膜の成膜方法として、プラズマにより成膜ガスを励起して基板上に所定の膜を堆積させるプラズマＣＶＤが知られている。
【０００３】
例えば、特許文献１には、チャンバー内に設けられたサセプタ上に、基板として半導体ウエハを載置し、チャンバー内に成膜ガスとして珪素原料ガスおよび窒素含有ガスを供給し、さらにプラズマ生成ガス（希釈ガス）を供給して、マイクロ波プラズマを用いたプラズマＣＶＤにより、半導体ウエハ上に窒化珪素膜を成膜することが記載されている。
【０００４】
一方、プラズマ処理を行う場合、基板の最外周部では他の部分とはプラズマの状況が異なるため、基板最外周部における処理レートは基板の他の部分とは異なることが知られて

いる（例えば特許文献２）。
【０００５】
このためプラズマＣＶＤ等のプラズマ成膜処理においては、従来、成膜ガスやプラズマ生成ガス（希釈ガス）の流れを制御したり、プラズマの分布を制御したりして面内膜厚均一性を確保している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特開２００９－２４６１２９号公報
【特許文献２】国際公開第２００９／００８４７４号パンフレット
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかしながら、近時、半導体素子の微細化が進み、成膜処理における膜厚均一性への要求が高まっており、成膜ガスやプラズマ生成ガス（希釈ガス）の流れの制御やプラズマの分布の制御のみでは、所望の膜厚均一性が得難くなっている。
【０００８】
したがって、本発明は、所望の膜厚均一性を有する膜を得ることができるプラズマ成膜装置およびそれに用いる基板載置台を提供することを課題とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
上記課題を解決するため、本発明の第１の観点は、基板が収容されるチャンバーと、前記チャンバー内で基板が載置される基板載置台と、前記チャンバー内に成膜ガスを含むガスを供給するガス供給機構と、前記チャンバー内を排気する排気機構と、前記チャンバー内にプラズマを生成させるプラズマ生成手段とを有し、前記プラズマ生成手段により、生成されたプラズマにより前記成膜ガスを励起させて前記基板上に所定の膜を成膜するプラズマ成膜装置であって、前記基板載置台は、前記基板より小径で、かつ載置面を有する載置台本体と、前記載置台本体の外側に配置される環状をなす調整部材とを有し、前記調整部材は交換可能に設けられ、かつ前記調整部材として、基板の外側の位置に種々の段差を有する複数のものが用意され、これらの中からプラズマ処理の処理条件に応じて選択されたものが用いられることを特徴とするプラズマ成膜装置を提供する。
【００１０】
本発明の第２の観点は、基板に対して所定の膜を成膜するプラズマ成膜装置のチャンバー内において基板を載置する基板載置台であって、前記基板より小径で、かつ載置面を有する載置台本体と、前記載置台本体の外側に配置される環状をなす調整部材とを有し、前記調整部材は交換可能に設けられ、かつ前記調整部材として、基板の外側の位置に種々の段差を有する複数のものが用意され、これらの中からプラズマ処理の処理条件に応じて選択されたものが用いられることを特徴とする基板載置台を提供する。
【００１１】
本発明において、前記プラズマ生成手段としては、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを生成させるものを好適に用いることができる。前記プラズマ生成手段としては、マイクロ波を発生させるマイクロ波発生装置と、マイクロ波を放射するスロットを有する平面アンテナと、前記チャンバーの天壁を構成する誘電体からなるマイクロ波透過板とを有し、前記平面アンテナの前記スロットおよび前記マイクロ波透過板を介してマイクロ波を前記チャンバー内に放射させ、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを供給し、前記チャンバー内にマイクロ波プラズマを生成させるものを用いることができる。
【００１２】
前記載置台本体は、前記基板を加熱するための加熱手段を有していてもよい。前記ガス供給機構は、前記成膜ガスとして水素含有ガスを用いることができる。この場合に、前記成膜ガスとしては、前記水素含有ガスとして水素含有シリコン原料を含み、前記所定の膜

として珪素含有膜が成膜されるものとすることができる。また、前記成膜ガスとして、前記水素含有シリコン原料および窒素含有ガスを供給し、前記所定の膜として窒化珪素膜が成膜されるものであってよい。この場合に、前記基板の温度を２５０～５５０℃の範囲に制御することが好ましい。

【００１３】

前記ガス供給機構は、前記チャンバー内に前記成膜ガスとともにプラズマ生成ガスとしてヘリウムガスを供給するものとすることができる。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、基板載置台として、前記基板より小径で、かつ載置面を有する載置台本体と、前記載置台本体の外側に配置された環状をなす調整部材とを有するものを用い、前記調整部材は交換可能に設けられ、かつ前記調整部材として、基板の外側の位置に種々の段差を有する複数のものが用意され、これらの中からプラズマ処理の処理条件に応じて選択されたものが用いられるので、所望の膜厚均一性を有する膜を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】本発明の一実施形態に係るプラズマ成膜装置を示す断面図である。

【図２】図１のプラズマ成膜装置において、基板を載置するサセプタ（基板載置台）を示す断面図である。

【図３】基板を載置するサセプタ（基板載置台）として段差０のものを用いた例を示す断面図である。

【図４】基板を載置するサセプタ（基板載置台）として段差が図２と図３の間のものを用いた例を示す断面図である。

【図５】従来のプラズマ成膜装置におけるサセプタ（基板載置台）を示す断面図である。

【図６】実験例に用いたサセプタを示す図であり、（ａ）は従来のサセプタであり、（ｂ）は段差Ｘｍｍが形成された調整部材を有するサセプタである。

【図７】図６（ａ）のサセプタを用いた場合と、図６（ｂ）のサセプタを用い段差Ｘを－４ｍｍおよび－８ｍｍにした場合について、ウエハの中心からの位置と規格化したＳｉＮ膜の膜厚との関係を示す図である。

【図８】Ｈｅガス添加なしおよびＨｅガス添加ありの場合における膜厚レンジの平均値（％）と屈折率（ＲＩ）レンジをプロットし、Ｈｅガス添加ありの場合に調整部材の段差ごとに、膜厚レンジの平均値（％）と屈折率（ＲＩ）レンジを比較して示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【００１７】

＜プラズマ成膜装置の構成＞

図１は本発明の一実施形態に係るプラズマ成膜装置を示す断面図である。図１のプラズマ成膜装置は、ＲＬＳＡ（登録商標）マイクロ波プラズマ成膜装置として構成されており、被処理基板であるシリコンウエハ等の半導体ウエハ（以下単に「ウエハ」と記す）にプラズマＣＶＤにより窒化珪素（ＳｉＮ）膜を成膜するものである。

【００１８】

図１に示すように、プラズマ成膜装置１００は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー１を有している。チャンバー１の底壁１ａの略中央部には円形の開口部１０が形成されており、底壁１ａにはこの開口部１０と連通し、下方に向けて突出する排気室１１が設けられている。

【００１９】

チャンバー１内には被処理基板であるウエハＷを水平に支持するための基板載置台としてのサセプタ２が設けられている。サセプタ２は、サセプタ本体２０１とその外周に設けられた環状をなす調整部材２０２とを有する。サセプタ本体２０１は、排気室１１の底部

中央から上方に延びる円筒状をなす支持部材３により支持されている。サセプタ本体２０１には抵抗加熱型のヒーター５が埋め込まれており、このヒーター５はヒーター電源６から給電されることによりサセプタ本体２０１を加熱し、サセプタ本体２０１を介してウエハＷを加熱する。また、サセプタ本体２０１には電極７が埋め込まれており、電極７には整合器８を介してバイアス印加用の高周波電源９が接続されている。なお、サセプタ２の詳細については後述する。

【００２０】

チャンバー１の側壁には環状をなすガス導入部１５が設けられており、このガス導入部１５には均等にガス放射孔１５ａが形成されている。このガス導入部１５にはガス供給機構１６が接続されている。

【００２１】

ガス供給機構１６は、水素（Ｈ）を含むガスであるＳｉ原料ガス、窒素含有ガス、およびプラズマ生成ガスを供給するようになっている。Ｈを含むＳｉ原料ガスとしてはモノシラン（SiH_4）やジシラン（Si_2H_6）、窒素含有ガスとしてはN_2ガスやアンモニア（NH_3）、プラズマ生成ガスとしてはＡｒガスやＨｅガス等の希ガスが例示される。これらのガスは、それぞれのガス供給源から、別個の配管によりマスフローコントローラ等の流量制御器により独立に流量制御され、ガス導入部１５へ供給される。

【００２２】

なお、ガス導入部１５よりも下方に、例えばシャワープレート等の別のガス導入部を設け、シリコン原料ガス等のプラズマにより完全に解離されないほうが好ましいガスを別のガス導入部から、よりウエハＷに近い電子温度がより低い領域に供給してもよい。

【００２３】

上記排気室１１の側面には排気管２３が接続されており、この排気管２３には真空ポンプや自動圧力制御バルブ等を含む排気機構２４が接続されている。排気機構２４の真空ポンプを作動させることによりチャンバー１内のガスが、排気室１１の空間１１ａ内へ均一に排出され、排気管２３を介して排気され、自動圧力制御バルブによりチャンバー１内を所定の真空度に制御可能となっている。

【００２４】

チャンバー１の側壁には、プラズマ成膜装置１００に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハＷの搬入出を行うための搬入出口２５と、この搬入出口２５を開閉するゲートバルブ２６とが設けられている。

【００２５】

チャンバー１の上部は開口部となっており、その開口部の周縁部がリング状の支持部２７となっている。この支持部２７に誘電体、例えば石英やAl_2O_3等のセラミックスからなる円板状のマイクロ波透過板２８がシール部材２９を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー１内は気密に保持される。

【００２６】

マイクロ波透過板２８の上方には、マイクロ波透過板２８に対応する円板状をなす平面アンテナ３１がマイクロ波透過板２８に密着するように設けられている。この平面アンテナ３１はチャンバー１の側壁上端に係止されている。平面アンテナ３１は導電性材料からなる円板で構成されている。

【００２７】

平面アンテナ３１は、例えば表面が銀または金メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、マイクロ波を放射するための複数のスロット３２が貫通するように形成された構成となっている。スロット３２のパターンの例としては、Ｔ字状に配置された２つのスロット３２を一対として複数対のスロット３２が同心円状に配置されているものを挙げることができる。スロット３２の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長（λｇ）に応じて決定され、例えばスロット３２は、それらの間隔がλｇ／４、λｇ／２またはλｇとなるように配置される。なお、スロット３２は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、スロット３２の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放

射状に配置することもできる。

【００２８】

この平面アンテナ３１の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する誘電体、例えば石英、ポリテトラフルオロエチレン、ポリイミドなどの樹脂からなる遅波材３３が密着して設けられている。遅波材３３はマイクロ波の波長を真空中より短くして平面アンテナ３１を小さくする機能を有している。

【００２９】

平面アンテナ３１とマイクロ波透過板２８との間が密着した状態となっており、また、遅波板３３と平面アンテナ３１との間も密着されている。また、遅波板３３、平面アンテナ３１、マイクロ波透過板２８、およびプラズマで形成される等価回路が共振条件を満たすようにマイクロ波透過板２８、遅波材３３の厚さが調整されている。遅波材３３の厚さを調整することにより、マイクロ波の位相を調整することができ、平面アンテナ３１の接合部が定在波の「はら」になるように厚さを調整することにより、マイクロ波の反射が極小化され、マイクロ波の放射エネルギーが最大となる。また、遅波板３３とマイクロ波透過板２８を同じ材質とすることにより、マイクロ波の界面反射を防止することができる。

【００３０】

なお、平面アンテナ３１とマイクロ波透過板２８との間、また、遅波材３３と平面アンテナ３１との間は、離間していてもよい。

【００３１】

チャンバー１の上面には、これら平面アンテナ３１および遅波材３３を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼、銅等の金属材からなるシールド蓋体３４が設けられている。チャンバー１の上面とシールド蓋体３４とはシール部材３５によりシールされている。シールド蓋体３４には、冷却水流路３４ａが形成されており、そこに冷却水を通流させることにより、シールド蓋体３４、遅波材３３、平面アンテナ３１、マイクロ波透過板２８を冷却するようになっている。なお、シールド蓋体３４は接地されている。

【００３２】

シールド蓋体３４の上壁の中央には開口部３６が形成されており、この開口部には導波管３７が接続されている。この導波管３７の端部には、マッチング回路３８を介してマイクロ波発生装置３９が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置３９で発生した例えば周波数２．４５ＧＨｚのマイクロ波が導波管３７を介して上記平面アンテナ３１へ伝播されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、８．３５ＧＨｚ、１．９８ＧＨｚ、８６０ＭＨｚ、９１５ＭＨｚ等、種々の周波数を用いることができる。

【００３３】

導波管３７は、上記シールド蓋体３４の開口部３６から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管３７ａと、この同軸導波管３７ａの上端部にモード変換器４０を介して接続された水平方向に延びる矩形導波管３７ｂとを有している。矩形導波管３７ｂと同軸導波管３７ａとの間のモード変換器４０は、矩形導波管３７ｂ内をＴＥモードで伝播するマイクロ波をＴＥＭモードに変換する機能を有している。同軸導波管３７ａの中心には内導体４１が延在しており、この内導体４１の下端部は、平面アンテナ３１の中心に接続固定されている。これにより、マイクロ波は、同軸導波管３７ａの内導体４１を介して平面アンテナ３１へ均一に効率よく伝播される。

【００３４】

プラズマ成膜装置１００は制御部５０を有している。制御部５０は、プラズマ成膜装置１００の各構成部、例えばマイクロ波発生装置３９、ヒーター電源６、高周波電源９、排気機構２４、ガス供給機構１６のバルブや流量制御器等を制御するＣＰＵ（コンピュータ）を有する主制御部と、入力装置（キーボード、マウス等）、出力装置（プリンタ等）、表示装置（ディスプレイ等）、記憶装置（記憶媒体）を有している。制御部５０の主制御部は、例えば、記憶装置に内蔵された記憶媒体、または記憶装置にセットされた記憶媒体に記憶された処理レシピに基づいて、プラズマ成膜装置１００に、所定の動作を実行させる。

【００３５】
＜サセプタ（基板載置台）の構成＞
上述したように、サセプタ（基板載置台）２は、サセプタ本体２０１と、その外周に交換可能に設けられた環状をなす調整部材２０２からなる。サセプタ本体２０１および調整部材２０２はいずれも同じ材質で構成されており、例えばＡｌＮ等のセラミックスからなる。
【００３６】
図２に示すように、サセプタ本体２０１は、その周縁部がリング状に切り欠かれており、上面にウエハＷよりも小径の載置面２０１ａを有している。ウエハＷは、その外縁部が載置面２０１ａからはみ出るように載置される。このとき、ウエハＷは図示しないスペーサにより載置面から数ｍｍ程度離間して載置されてもよい。
【００３７】
環状をなす調整部材２０２は、サセプタ本体２０１の周囲に配置され、サセプタ本体２０１の周縁に形成されたフランジ部２０１ｂ上に支持されるようになっており、予め形状の異なるものが複数種類用意され、処理に応じた所望の形状のものが選択されるようになっている。
【００３８】
調整部材２０２は、サセプタ本体２０１の載置面２０１ａに対する段差Ｘが異なる複数種類のものが準備される。段差Ｘは、例えば－１５ｍｍ～＋１ｍｍの範囲で調整可能である。－１５ｍｍはサセプタ２０１の載置面２０１ａよりも１５ｍｍ低い位置であり、＋１ｍｍは載置面２０１ａよりも１ｍｍ高い位置である。段差Ｘが０ｍｍの場合は、図３に示すように、載置面２０１ａと同じ高さでウエハＷの外側まで延び、従来のサセプタと同じ機能を有する。図４は、段差Ｘが図２よりも小さい例である。ウエハＷの最外周部の膜厚を適切に制御するためには、段差Ｘは載置面２０１ａよりも低いことが好ましく、－１５～－４ｍｍ程度が好ましい。段差Ｘが載置面２０１ａより低い場合は、図２に示すように、調整部材２０２は、載置面２０１ａと同じ高さを有する内周部２０２ａと、それよりもＸだけ低い高さの外周部２０２ｂとを有し、これらの間に段差Ｘが形成されている。段差の位置はウエハＷの外縁よりも１～２ｍｍ外側が好ましい。
【００３９】
図５に示すように、従来、ＳｉＮ膜等の膜を成膜する際に用いられるサセプタ２は、図５に示すように、ウエハよりも大きな直径を有し、載置面２０１ａがウエハＷの外側まで延びており、段差調整はできない。この場合、サセプタ２は、ヒーターにより２５０～５５０℃、例えば３２０℃に昇温されており、プラズマがない状態では、サセプタ２よりもウエハＷのほうが低温の状態となっている。一方、プラズマが生成されたときは、プラズマからの入熱によりウエハＷのほうがサセプタ２よりも温度が上昇する。そのため、ウエハＷとサセプタ２との間には温度差が生じ、Ｓｉ原料ガスの分子がウエハＷの外周からサセプタへ熱拡散し、ソーレ効果により、ウエハ外周部においてＳｉ原料が低濃度となる濃度勾配が生じる。このようなソーレ効果は、水素（Ｈ）において顕著であり、本実施形態で用いているSiH_4やSi_2H_6等のＨ含有原料で生じやすい。
【００４０】
このようなソーレ効果等によるウエハＷの最外周部の膜厚の不均一は、サセプタ２の最外周部の段差を調整することにより熱拡散を制御することにより抑制することが可能である。
【００４１】
このため、本実施形態では、サセプタ２として、ウエハＷよりも小径のサセプタ本体２０１と、その外周に交換可能に設けられた環状をなす調整部材２０２からなるものを用い、調整部材２０２として段差Ｘが異なるものが複数種類用意され、処理に応じて所望の段差Ｘを有するものが選択されるようにした。
【００４２】
＜プラズマ成膜装置の動作＞

次に、このように構成されるプラズマ成膜装置１００の処理動作について説明する。

【００４３】

まず、ゲートバルブ２６を開にして搬入出口２５から被処理体であるウエハＷをチャンバー１内に搬入し、サセプタ２のサセプタ本体２０１上に載置する。このとき、サセプタ本体２０１は所定の温度に制御される。

【００４４】

次いで、チャンバー１内を所定圧力に調整し、ガス供給機構１６からガス導入部１５を介して、チャンバー１内に、Ｓｉ原料ガスとして例えばSiH_4ガス、窒素含有ガスとして例えばN_2ガスを導入し、さらに必要に応じてプラズマ生成ガスとしてＡｒガスやＨｅガス等の希ガスを導入する。そして、マイクロ波発生装置３９から所定パワーのマイクロ波をチャンバー１内に導入してプラズマを生成し、プラズマＣＶＤによりウエハＷ上にＳｉＮ膜を成膜する。

【００４５】

具体的には、マイクロ波発生装置３９からの所定のパワーのマイクロ波を、マッチング回路３８を経て導波管３７に導く。導波管３７に導かれたマイクロ波は、矩形導波管３７ｂをＴＥモードで伝播される。ＴＥモードのマイクロ波はモード変換器４０でＴＥＭモードにモード変換され、ＴＥＭモードのマイクロ波が同軸導波管３７ａをＴＥＭモードで伝播される。そして、ＴＥＭモードのマイクロ波は、遅波材３３、平面アンテナ３１のスロット３２、およびマイクロ波透過板２８を透過し、チャンバー１内に放射される。

【００４６】

マイクロ波は表面波としてマイクロ波透過板２８の直下領域にのみ広がり、これにより表面波プラズマが生成される。そして、プラズマは下方に拡散し、ウエハＷの配置領域では、高電子密度かつ低電子温度のプラズマとなる。

【００４７】

Ｓｉ原料ガスおよび窒素含有ガスは、プラズマにより励起され、例えばＳｉＨやＮＨ等の活性種に解離され、これらがウエハＷ上で反応してＳｉＮ膜が成膜される。

【００４８】

このとき、上述したように、サセプタ２は、ヒーターにより２５０～５５０℃、例えば３２０℃に昇温されており、プラズマがない状態では、サセプタ２よりもウエハＷのほうが低温の状態となっている。一方、プラズマが生成されたときは、プラズマからの入熱によりウエハＷのほうがサセプタ２よりも温度が上昇する。そのため、ウエハＷとサセプタ２との間には温度差が生じ、サセプタ２の外周部の段差調整をしない場合には、Ｓｉ原料ガスの分子がウエハＷの外周からサセプタへ熱拡散し、ソーレ効果により、ウエハ外周部においてＳｉ原料が低濃度となる濃度勾配が生じることがある。このようなソーレ効果は、本実施形態のように原料ガスとしてSiH_4やSi_2H_6等のＨ含有原料を用いる場合に顕著である。このような濃度勾配が生じることにより、多くの場合は、ウエハＷの最外周部の膜厚が薄くなる。

【００４９】

従来は、このようなウエハＷの最外周部の膜厚の調整を成膜ガスやプラズマ生成ガス（希釈ガス）の流れの制御やプラズマの分布の制御により行っていたが、それだけでは最近の高い膜厚均一性の要求を満たすことが困難となっている。

【００５０】

このようなソーレ効果等によるウエハＷの最外周部の膜厚の不均一は、サセプタ２の最外周部の段差を調整することにより熱拡散を制御することにより抑制することが可能であるが、サセプタ２の最外周部に所定の段差を設けただけでは、処理に応じた適切な膜厚制御は困難である。

【００５１】

そこで、本実施形態では、サセプタ２を、サセプタ本体２０１と、その外周に交換可能に設けられた環状をなす調整部材２０２からなるものとし、調整部材２０２として段差Ｘが異なるものを複数種類用意し、処理に応じて所望の段差Ｘを有するものを選択するよう

にした。

【００５２】

このように、ウエハＷの最外周部での膜厚の不均一に応じて適切な調整部材２０２を選択することにより、処理条件によらずウエハＷの膜厚を均一にすることができる。

【００５３】

ところで、成膜ガスとともに供給される希ガスからなるプラズマ生成ガスは、プラズマを安定的に生成するために従来から用いられおり、希ガスの中でもコスト的および工業的に有利なＡｒガスが多用されてきた。他の希ガスについては、Ａｒガスと同様の機能を有するとみなされており、従来、Ａｒガス以外の希ガスはほとんど用いられていなかった。

【００５４】

しかし、プラズマ生成ガスとしてＡｒガスを用いた場合には、Ａｒガスは原子量が大きいため、均一に広がり難く、プラズマが不均一になりやすいことが判明した。これに対して、Ｈｅガスは、イオン化しやすくプラズマ生成ガスとしての機能を果たすのみならず、原子量が小さい軽い元素であるため、広がりやすく、プラズマを広げて均一化する効果があり、膜厚を均一化しやすい。

【００５５】

このため、上述したようにサセプタ２の調整部材２０２として段差Ｘが適切なものを選択するとともに、プラズマ生成ガスとしてＨｅガスを用いることにより、膜厚の均一性をより高めることができる。

【００５６】

また、プラズマ生成ガスとしてＡｒガスを用いた場合には、原子量が大きいため、プラズマダメージにより膜質が悪化するおそれがあるが、Ｈｅガスは、Ａｒガスよりも原子量が小さいため、Ａｒガスのようなプラズマダメージを与え難い。このため、プラズマ生成ガスとしてＨｅガスを供給することにより、膜質均一性も期待される。

【００５７】

Ｓｉ原料ガスとしてSiH_4ガスを用い、窒素含有ガスとしてN_2ガスを用いたときの他の条件の好ましい範囲は、以下のとおりである。

処理温度（サセプタ２表面の温度）：２００～４００℃

処理圧力：６．７～１００Ｐａ（５０～７５０ｍＴｏｒｒ）

SiH_4ガス流量：１０～２００ｍＬ／ｍｉｎ（ｓｃｃｍ）

N_2ガス流量：１０～２００ｍＬ／ｍｉｎ（ｓｃｃｍ）

プラズマ生成ガス流量：０～１０００ｍＬ／ｍｉｎ（ｓｃｃｍ）

マイクロ波パワー密度：２．４３～３．３４Ｗ／ｃｍ^2

【００５８】

＜実験例＞

次に、実験例について説明する。

ここでは、図１に示すプラズマ成膜装置に、図６（ａ）に示すような従来のサセプタを適用した場合と、図６（ｂ）に示すような段差Ｘｍｍが形成された調整部材を有するサセプタを適用した場合について、プラズマＣＶＤによりシリコンウエハ上にＳｉＮ膜を成膜した。調整部材の段差は－４ｍｍ、－８ｍｍとした。

なお、シリコンウエハとしては３００ｍｍを用い、サセプタの直径は３４０ｍｍとした。

【００５９】

また、処理条件は、以下のとおりとした。

SiH_4ガス流量：９０ｓｃｃｍ

N_2ガス流量：７０ｓｃｃｍ

プラズマ生成ガス：０ｓｃｃｍ

マイクロ波パワー密度：３．２Ｗ／ｃｍ^2

処理時間：６０ｓｅｃ

【００６０】

図７にこれらの場合のウエハの中心からの位置と規格化したＳｉＮ膜の膜厚との関係を示す。この図に示すように、従来のサセプタを用いた場合には、ウエハ最外周部におけるＳｉＮ膜の膜厚低下が大きいのに対し、ウエハの外側部分に段差Ｘｍｍを形成した調整部材を配置することにより、ウエハ最外周部におけるＳｉＮ膜の膜厚低下を抑制することができ、調整部材の段差Ｘが－４ｍｍの場合よりも－８ｍｍの場合のほうがウエハ最外周部におけるＳｉＮ膜の膜厚低下を抑制する効果が高いことが確認された。

【００６１】

次に、プラズマ生成ガスとしてＨｅガスを添加した場合、添加しない場合について、調整部材の段差Ｘを変化させ、種々の処理条件でＳｉＮ膜を成膜した際の、膜厚均一性と膜質均一性について調査した。

【００６２】

処理条件は以下の範囲で調整した。また、Ｈｅガス添加ありの場合は、Ｈｅガス流量を２００～４００ｓｃｃｍとした。

【００６３】

・成膜条件

SiH_4ガス流量：１０～２００ｓｃｃｍ

N_2ガス流量：５～２００ｓｃｃｍ

マイクロ波パワー密度：２．４３～３．４４Ｗ／ｃｍ^2

処理時間：１５～２００ｓｅｃ

【００６４】

膜厚の均一性は、膜厚レンジの平均値（％）により求めた。また、膜質の指標としては膜の屈折率（ＲＩ）を用い、膜質の均一性は屈折率レンジにより求めた。図８は、各ケースでの膜厚レンジの平均値（％）と屈折率（ＲＩ）レンジをプロットした図である。

【００６５】

図８に示すように、Ｈｅガスを添加した場合には、Ｈｅガス添加なしの場合に比較して、膜厚レンジの平均値および屈折率レンジともに小さくなる傾向にあり、また、Ｈｅガスを添加した場合には、調整部材の段差により膜厚レンジの平均値および屈折率レンジが変化し、Ｈｅガスを添加した上で、調整部材の段差の調整を行うことにより、ＳｉＮ膜の膜厚均一性をさらに良好にできることが確認された。また、調整部材の段差の調整とＨｅガス添加とを組み合わせることにより、膜厚の均一性のみならず、膜質の均一性を高められることが確認された。

【００６６】

＜他の適用＞

以上、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されることなく、本発明の思想の範囲内において種々変形可能である。

【００６７】

例えば、上記実施形態では、ＲＬＳＡ（登録商標）マイクロ波プラズマ成膜装置を用いてプラズマＣＶＤによりＳｉＮ膜を成膜する場合を例にとって説明したが、プラズマとしては、他の方式のマイクロ波プラズマであっても、誘導結合プラズマ等のマイクロ波プラズマ以外のプラズマであってもよい。また、本発明は、ソーレ効果が大きいＨを含むガスを用いた成膜処理、例えばＳｉ含有膜の成膜処理に好適であり、上記実施形態では、Ｈを含むＳｉ原料ガスを用いたＳｉＮ膜の成膜に本発明を適用した場合について示したが、これに限らず、他の原料を用いた他の膜の成膜に適用してもよい。

【００６８】

また、上記実施形態では、基板として半導体ウエハを用いた場合について示したが、半導体ウエハに限るものではなく、ガラス基板やセラミックス基板等の他の基板であってもよい。

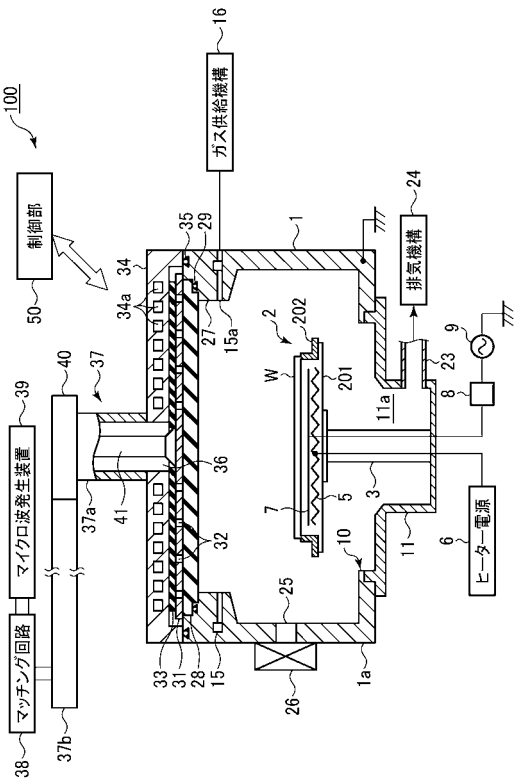
【符号の説明】

【００６９】

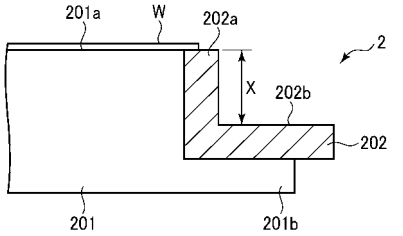
１；チャンバー

２；サセプタ
５；ヒーター
１５；ガス導入部
１６；ガス供給機構
２４；排気機構
２８；マイクロ波透過板
３１；平面アンテナ
３２；スロット
３３；遅波材
３７；導波管
３８；マッチング回路
３９；マイクロ波発生装置
４０；モード変換器
５０；制御部
１００；プラズマ成膜装置
２０１；サセプタ本体
２０１ａ；載置面
２０１ｂ；フランジ部
２０２；調整部材
２０２ａ；内周部
２０２ｂ；外周部
Ｗ；半導体ウエハ（被処理体）

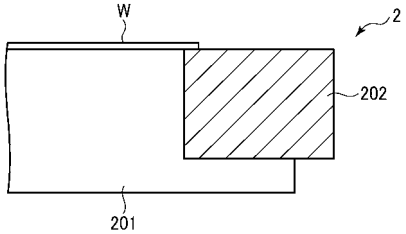
【図１】



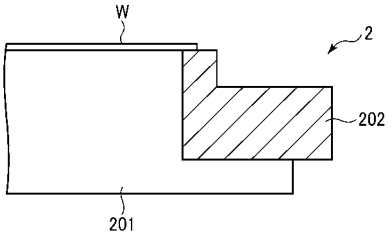
【図２】



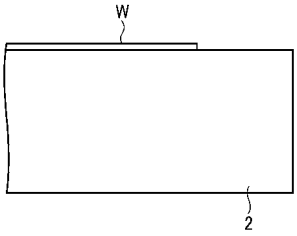
【図３】



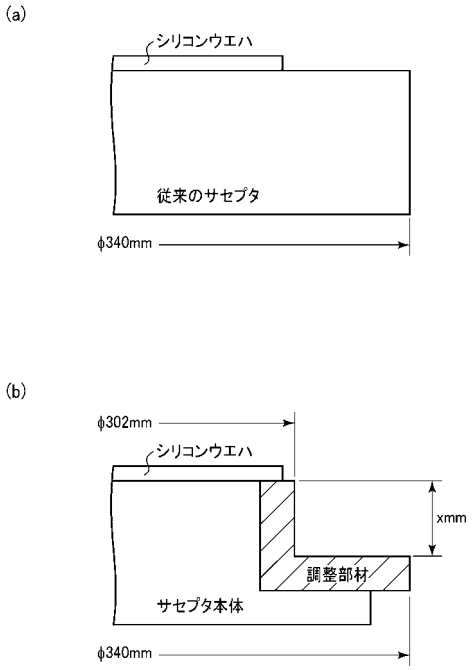
【図４】


W
2
202
201

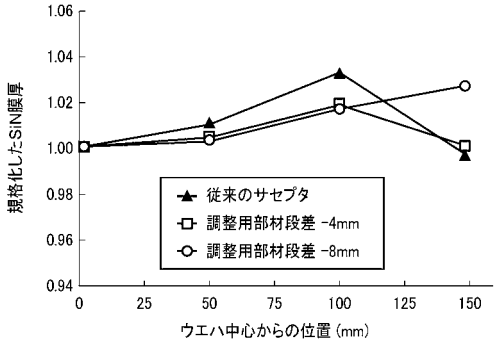
【図５】


W
2

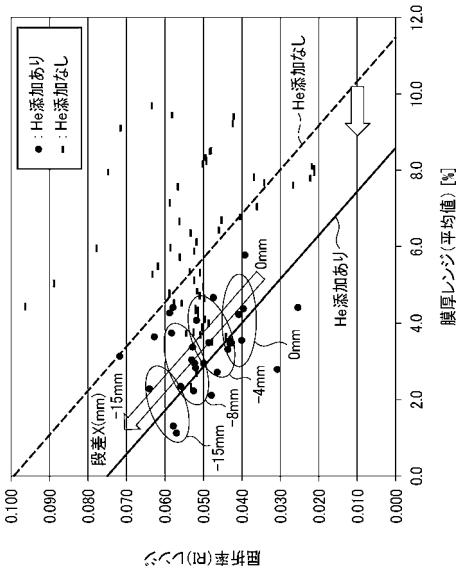
【図６】


(a)
シリコンウエハ
従来のサセプタ
ϕ340mm
(b)
ϕ302mm
シリコンウエハ
xmm
調整部材
サセプタ本体
ϕ340mm

【図７】


規格化したSiN膜厚
1.06
1.04
1.02
1.00
0.98
0.96
0.94
0
25
50
75
100
125
150
ウエハ中心からの位置 (mm)
従来のサセプタ
調整用部材段差 -4mm
調整用部材段差 -8mm

【図８】


●：He添加あり
■：He添加なし
段差X(mm)
-15mm
-8mm
-4mm
0mm
He添加なし
He添加あり
膜厚レンジ(平均値)[%]
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.100
0.090
0.080
0.070
0.060
0.050
0.040
0.030
0.020
0.010
0.000
屈折率(RI)レンジ

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
C23C 16/42 (2006.01)	C23C 16/42	

(72)発明者　小谷　光司
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内

Ｆターム(参考) 4K030 AA06 AA16 AA18 BA40 CA04 CA12 FA01 GA02 JA10 LA02
LA15
5F045 AA09 AB33 AC00 AC01 AC12 AC15 AC16 AC17 AD06 AD07
AD08 AD09 AE17 AE19 AF03 BB02 DP02 DQ10 EH03 EK07
EM02
5F058 BA06 BC08 BF08 BF23 BF30 BG04