

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5194125号
(P5194125)

(45) 発行日 平成25年5月8日(2013.5.8)

(24) 登録日 平成25年2月8日(2013.2.8)

(51) Int.Cl.

HO 1 L 21/3065 (2006.01)

F I

HO 1 L 21/302 1 O 1 L

HO 1 L 21/302 1 O 1 B

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-526926 (P2010-526926)	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成20年9月24日 (2008. 9. 24)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2010-541239 (P2010-541239A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成22年12月24日 (2010. 12. 24)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/011052		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W02009/042137		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成21年4月2日 (2009. 4. 2)		エイ 4650
審査請求日	平成23年8月23日 (2011. 8. 23)	(74) 代理人	100076428
(31) 優先権主張番号	60/960, 331		弁理士 大塚 康徳
(32) 優先日	平成19年9月25日 (2007. 9. 25)	(74) 代理人	100112508
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シャワーヘッド電極アセンブリ用の温度制御モジュール、シャワーヘッド電極アセンブリ及びシャワーヘッド電極アセンブリの上部電極の温度を制御する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体材料プラズマ処理チャンバのためのシャワーヘッド電極アセンブリ用の温度制御モジュールであって、

前記温度制御モジュールは、前記シャワーヘッド電極アセンブリの上部電極の上部表面に固定されるように構成された下部表面を有する加熱プレートを備え、前記上部電極は、プラズマに曝される下部表面を有し、前記加熱プレートは、前記上部電極の温度を制御するために前記上部電極に熱を供給するように構成された少なくとも1つのヒータを含み、

前記温度制御モジュールは、前記プラズマ処理チャンバの上部壁を形成する上部プレートの下部表面に固定され、前記上部プレートの前記下部表面から熱的に分離されるように構成された上部表面を有する冷却プレートを備え、前記冷却プレートは、前記加熱プレートの温度を制御し、前記加熱プレートと前記上部電極との間の熱伝導を制御するように構成され、

前記温度制御モジュールは、前記加熱プレートの上部表面と前記冷却プレートの下部表面との間に配置され、前記加熱プレートの前記上部表面と前記冷却プレートの前記下部表面とに接触する複数の導電性でかつ熱伝導性のサーマルチョークを備え、前記複数のサーマルチョークは、前記加熱プレートと前記冷却プレートとの間の熱伝導を制御するように構成され、

前記複数のサーマルチョークは、少なくとも1つの第1のリングと該第1のリングを取り囲む第2のリングとを含み、前記第2のリングは、非多孔質であって、前記温度制御モ

ジュールの外側表面を形成する、
ことを特徴とする温度制御モジュール。

【請求項 2】

前記加熱プレートは、前記加熱プレートの中に埋め込まれた加熱要素を有する金属の部片と、前記シャワーヘッド電極アセンブリのバックング部材のガス分配プレナムとガス供給源とに流体連通するようになされたガス分配通路とを含み、前記加熱要素は、前記加熱要素に電力を供給するように動作可能な少なくとも 1 つの電源に接続されるように構成され、

前記冷却プレートは、前記冷却プレートの中に形成された液体チャネルを有する金属の部片を含み、前記液体チャネルは、前記冷却プレートの温度を制御するために前記液体チャネルに供給される温度制御された液体の少なくとも 1 つの供給源と流体連通するように構成される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の温度制御モジュール。

【請求項 3】

前記冷却プレートは、前記上部プレートの前記下部表面に半径方向に離間し同心で配置された複数の第 1 の溝を含み、前記第 1 の溝の各々は第 1 の高さを有し、

各サーマルチョークは、前記冷却プレートのそれぞれの第 1 の溝に配置されたリングであり、前記各サーマルチョークは、互いに対して同心で配置され、前記各サーマルチョークは、前記各サーマルチョークが前記冷却プレートを前記加熱プレート上に支持するように前記各サーマルチョークが配置される前記それぞれの第 1 の溝の前記第 1 の高さよりも大きい第 2 の高さを有し、前記冷却プレートの前記下部表面と前記加熱プレートの前記上部表面との間に間隙が画定され、前記リングを介して前記加熱プレートと前記冷却プレートとの間で熱が伝導される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の温度制御モジュール。

【請求項 4】

前記第 1 のリングは、複数の貫通開口を含む、ことを特徴とする請求項 3 に記載の温度制御モジュール。

【請求項 5】

前記第 1 のリングは、焼結された多孔質の金属物体である、ことを特徴とする請求項 3 に記載の温度制御モジュール。

【請求項 6】

前記冷却プレート、前記複数のサーマルチョークおよび前記加熱プレートは、位置合わせされた開口を含み、

前記冷却プレート、前記複数のサーマルチョークおよび前記加熱プレートを互いに固定するために、ねじ型締結具が、前記位置合わせされた開口の各々に受け入れられ、各ねじ型締結具は、前記加熱プレートの熱サイクルに起因する前記締結具の緩みが生じにくいようになされたワッシャセットを含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の温度制御モジュール。

【請求項 7】

プラズマ処理チャンバ用のシャワーヘッド電極アセンブリであって、

前記シャワーヘッド電極アセンブリは、前記プラズマ処理チャンバの上部壁を形成する上部プレートを備え、

前記シャワーヘッド電極アセンブリは、上部表面およびプラズマに曝される下部表面を含む上部電極を備え、

前記シャワーヘッド電極アセンブリは、温度制御モジュールを備え、

前記温度制御モジュールは、前記上部電極の前記上部表面に固定される下部表面を有する加熱プレートを備え、前記加熱プレートは、前記上部電極の温度を制御するために前記上部電極に熱を供給するように構成された少なくとも 1 つのヒータを含み、

前記温度制御モジュールは、前記上部プレートの下部表面に固定され、前記上部プレートの前記下部表面から熱的に分離された上部表面を有する冷却プレートを備え、前記冷却

10

20

30

40

50

プレートは、前記加熱プレートの温度を制御し、前記加熱プレートと前記上部電極との間の熱伝導を制御するように構成され、

前記温度制御モジュールは、前記加熱プレートの上部表面と前記冷却プレートの下部表面との間に配置され、前記加熱プレートの前記上部表面と前記冷却プレートの前記下部表面とに熱接触する複数の導電性かつ熱伝導性のサマルチョークを備え、前記複数のサマルチョークは、前記加熱プレートと前記冷却プレートとの間の熱伝導を制御するように構成され、

前記複数のサマルチョークは、少なくとも1つの第1のリングと該第1のリングを取り囲む第2のリングとを含み、前記第2のリングは、非多孔質であって、前記温度制御モジュールの外側表面を形成する、

ことを特徴とするシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項8】

前記加熱プレートは、ガス供給源と流体連通する半径方向のガス分配通路を含み、

前記上部電極は、複数の第1のガス通路を含む内側電極部材を備え、

前記上部電極は、前記内側電極部材に固定され、前記内側電極部材を取り囲む外側電極部材を備え、前記外側電極部材は、複数の第2のガス通路を含み、

前記上部電極は、前記内側電極部材の上部表面に固定されるバッキングプレートを備え、前記バッキングプレートは、前記半径方向のガス分配通路と流体連通する半径方向に離間した複数のプレナムと、前記第1のガス通路のそれぞれと流体連通する第3のガス通路とを含み、

前記上部電極は、前記バッキングプレートを取り囲むバッキングリングを備え、前記バッキングリングは、前記半径方向のガス分配通路と流体連通する複数の第4のガス通路を含む、

ことを特徴とする請求項7に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項9】

前記内側電極部材は、前記バッキングプレート、前記外側電極部材および前記バッキングリングに結合される表面を含み、

前記外側電極部材は、前記内側電極部材および前記バッキングリングに結合される表面を含み、

前記バッキングプレートは、前記内側電極部材および前記バッキングリングに結合される表面を含み、

前記バッキングリングは、前記バッキングプレート、前記外側電極部材および前記内側電極部材に結合される表面を含む、

ことを特徴とする請求項8に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項10】

前記外側電極部材は、前記内側電極部材のプラズマに曝される下部表面から鈍角で外に向かって延びるステップを含む、ことを特徴とする請求項8に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項11】

前記内側電極部材は、前記内側電極部材のプラズマに曝される下部表面から鈍角で外に向かって延びるステップを含む、ことを特徴とする請求項8に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項12】

前記加熱プレートは、前記加熱プレートの中に埋め込まれた加熱要素を有する金属の部片を含み、前記加熱要素は、前記加熱要素に電力を供給するように動作可能な少なくとも1つの電源に接続され、かつ、

前記冷却プレートは、前記冷却プレートの中に形成された液体チャネルを有する金属の部片を含み、前記液体チャネルは、前記冷却プレートの温度を制御するために前記液体チャネルに供給される温度制御された液体の少なくとも1つの供給源と流体連通するか、または、

10

20

30

40

50

前記加熱プレートは、少なくとも1つの内側加熱要素を有する内側加熱プレートと、少なくとも1つの外側加熱要素を有する外側加熱プレートとを含み、前記内側および外側加熱要素に電力を供給し、前記内側および外側電極部材の温度を制御するように動作可能な別個の電源に前記内側および外側加熱要素が接続される、
ことを特徴とする請求項8に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項13】

前記冷却プレートは、下部表面と、前記下部表面に半径方向に離間し同心で配置された複数の第1の溝とを含み、前記第1の溝の各々は第1の高さを有し、

各サーマルチョークは、前記冷却プレートのそれぞれの第1の溝に配置されたリングであり、かつ、前記各サーマルチョークが前記冷却プレートを前記加熱プレート上に支持するように、前記各サーマルチョークが配置される前記それぞれの第1の溝の前記第1の高さよりも大きい第2の高さを有し、前記冷却プレートの前記下部表面と前記加熱プレートの前記上部表面との間に間隙が画定され、前記各サーマルチョークによって前記加熱プレートと前記冷却プレートとの間で熱が伝導される、
ことを特徴とする請求項8に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項14】

前記第1のリングは、複数の貫通開口を有するか、または焼結された多孔質の金属物体である、ことを特徴とする請求項13に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項15】

前記冷却プレート、前記複数のサーマルチョークおよび前記加熱プレートは、位置合わせされた開口を含み、

前記冷却プレート、前記複数のサーマルチョークおよび前記加熱プレートを互いに固定するために、ねじ型締結具が、前記位置合わせされた開口の各々に受け入れられ、各ねじ型締結具は、前記加熱プレートの熱サイクルに起因する前記締結具の緩みが生じにくいようになされたワッシャセットを含む、

ことを特徴とする請求項7に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項16】

前記上部プレートの前記下部表面は、半径方向に離間し同心で配置された第2の溝を含み、前記第2の溝の隣接するものが前記上部プレートの前記下部表面の環状突出部によって分離され、前記上部プレートは、前記環状突出部で前記冷却プレートの前記上部表面と接触する、ことを特徴とする請求項7に記載のシャワーヘッド電極アセンブリ。

【請求項17】

下部電極を有する基板支持体を含むプラズマ処理チャンバのシャワーヘッド電極アセンブリの上部電極の温度を制御する方法であって、前記シャワーヘッド電極アセンブリは、前記プラズマ処理チャンバの上部壁を形成する上部プレート、および、前記上部プレートと前記上部電極との間に配置され、前記上部プレートと前記上部電極とに固定される請求項1に記載の温度制御モジュールとを含み、

前記方法は、

前記プラズマ処理チャンバ内で、前記上部電極と前記基板支持体との間の間隙にプラズマを生成させる工程と、

前記上部電極を加熱するために少なくとも1つの電源からの電力を前記温度制御モジュールの前記加熱プレートの前記少なくとも1つのヒータに印加する工程と、

前記温度制御モジュールの前記冷却プレートの温度を制御するために少なくとも1つの液体供給源から温度制御された液体を前記温度制御モジュールの前記冷却プレートの液体チャンネルに供給する工程と、

(i) 前記冷却プレートを前記上部プレートから熱的に分離することによって前記冷却プレートと前記上部プレートとの間の熱伝導、(ii) 前記冷却プレートと前記加熱プレートとの間に配置された前記複数のサーマルチョークにより前記冷却プレートと前記加熱プレートとの間の熱伝導、および(iii) 前記加熱プレートの温度を制御することによって前記加熱プレートと前記上部電極との間の熱伝導を制御し、それによって前記上部電

10

20

30

40

50

極を所望の温度に維持する工程と、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 18】

前記プラズマが生成されている場合および前記プラズマが生成されていない場合に、前記温度制御モジュールは、40 から 200 の設定値の ± 5 内の温度に前記上部電極を維持し、

前記温度制御モジュールは、前記上部電極の半径方向の中心 - 縁部間の ± 30 の最大温度勾配を維持する、

ことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置のためのシャワーヘッド電極アセンブリ用温度制御モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体材料処理の分野において、真空処理チャンバを含む半導体材料処理装置は、基板上の材料のエッチング等、様々なプラズマ処理を行うために使用される。これらのエッチング処理の有効性は、多くの場合、処理チャンバのいくつかの場所で温度条件を制御する能力に依存する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 6,019,060 号

【特許文献 2】米国特許第 6,984,288 号

【特許文献 3】米国特許出願公開第 2006/0207502 号

【特許文献 4】米国特許出願公開第 2006/0283552 号

【特許文献 5】米国特許第 6,073,577 号

【発明の概要】

【0004】

30

例示的实施形態において、半導体材料プラズマ処理チャンバのためのシャワーヘッド電極アセンブリ用温度制御モジュールは、シャワーヘッド電極アセンブリの上部電極の上部表面に固定されるように構成された下部表面を有する加熱プレートを用意し、上部電極はプラズマに曝される下部表面を有し、加熱プレートは、上部電極の温度を制御するために上部電極に熱を供給するように構成された少なくとも 1 つのヒータを含み、シャワーヘッド電極アセンブリ用温度制御モジュールは、プラズマ処理チャンバの上部壁を形成する上部プレートの下部表面に固定され、それから熱的に分離されるように構成された上部表面を有する冷却プレートを用意し、冷却プレートは、加熱プレートの温度を制御し、加熱プレートと上部電極との間の熱伝導を制御するように構成され、シャワーヘッド電極アセンブリ用温度制御モジュールは、加熱プレートの上部表面と冷却プレートの下部表面との間に配置され、それらと接触する少なくとも 1 つの導電性かつ熱伝導性のサーマルチョークを用意し、少なくとも 1 つのサーマルチョークは、加熱プレートと冷却プレートとの間の熱伝導を制御するように構成される。

40

【0005】

例示的实施形態において、プラズマ処理チャンバ用シャワーヘッド電極アセンブリは、プラズマ処理チャンバの上部壁を形成する上部プレートと、上部表面およびプラズマに曝される下部表面を含む上部電極と、温度制御モジュールとを用意し、温度制御モジュールは、上部電極の上部表面に固定される下部表面を有する加熱プレートを用意し、加熱プレートは、上部電極の温度を制御するために上部電極に熱を供給するように構成された少なくとも 1 つのヒータを含み、温度制御モジュールは、上部プレートの下部表面に固定され、そ

50

れから熱的に分離された上部表面を有する冷却プレートと、冷却プレートは、加熱プレートの温度を制御し、加熱プレートと上部電極との間の熱伝導を制御するように構成され、温度制御モジュールは、加熱プレートの上部表面と冷却プレートの下部表面との間に配置され、それらと熱接触する少なくとも1つの導電性かつ熱伝導性のサーマルチョークを有し、少なくとも1つのサーマルチョークは、加熱プレートと冷却プレートとの間の熱伝導を制御するように構成される。

【0006】

例示的实施形態において、下部電極を有する基板支持体と、プラズマ処理チャンバの上部壁を形成する上部プレート、および、上部プレートと上部電極との間に配置されそれらに固定される温度制御モジュールを含むシャワーヘッド電極アセンブリと、を含むプラズマ処理チャンバ内のシャワーヘッド電極アセンブリの上部電極の温度を制御する方法が提供される。この方法は、プラズマ処理チャンバ内において、上部電極と基板支持体との間の隙間にプラズマを生成させる工程と、上部電極を加熱するために少なくとも1つの電源から温度制御モジュールの加熱プレートの少なくとも1つのヒータに電力を供給する工程と、冷却プレートの温度を制御するために少なくとも1つの液体供給源から温度制御モジュールの冷却プレートの液体チャンネルに温度制御された液体を供給する工程と、(i)冷却プレートを上部プレートから熱的に分離することによって冷却プレートと上部プレートとの間の熱伝導、(ii)冷却プレートと加熱プレートとの間に配置された少なくとも1つのサーマルチョークにより冷却プレートと加熱プレートとの間の熱伝導、および、(iii)加熱プレートの温度を制御することによって加熱プレートと上部電極との間の熱伝導を制御し、それによって上部電極を所望の温度に維持する工程と、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】温度制御モジュールを含むシャワーヘッド電極アセンブリの例示的实施形態を含む半導体材料処理装置のプラズマ処理チャンバの断面図である。

【図2】温度制御モジュールを含むシャワーヘッド電極アセンブリの別の例示的实施形態を含む半導体材料処理装置のプラズマ処理チャンバの断面図である。

【図3】図2に示された温度制御モジュールのサーマルチョークの例示的实施形態を示す図である。

【図4】図2に示された温度制御モジュールの別のサーマルチョークの例示的实施形態を示す図である。

【図5】温度制御モジュールを含むシャワーヘッド電極アセンブリの別の例示的实施形態を含む半導体材料処理装置のプラズマ処理チャンバの断面図である。

【図6】外側加熱プレートおよび内側加熱プレートを含む加熱プレートの別の実施形態の断面図である。

【図7】温度制御モジュールの例示的实施形態の温度対時間（昇温速度および降温速度）を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

温度制御モジュール、および、温度制御モジュールの実施形態を含むシャワーヘッド電極アセンブリが提供される。温度制御モジュールは、シャワーヘッド電極アセンブリのシャワーヘッド電極の温度を所望に制御しうる一体型加熱冷却モジュールを備える。温度制御モジュールは、シャワーヘッド電極アセンブリの選択された部分から熱的に分離することができ、所望の速い応答時間を有し、信頼性のある応答性のよい温度制御を可能にする。

【0009】

図1は、シリコンウエハのような半導体基板が処理される容量結合高周波(RF)プラズマ処理チャンバ100を示す。プラズマ処理チャンバ100は、シャワーヘッド電極アセンブリ110と、シャワーヘッド電極アセンブリ110の下に配置された基板支持体112(部分図の)とを含み、シャワーヘッド電極アセンブリ110と基板支持体112と

の間のプラズマが生成される間隙を備える。シャワーヘッド電極アセンブリ 110 は、上部電極 114 と、上部電極 114 に固定される任意選択のバックリング部材 116 と、上部プレート 118 と、バックリング部材 116 と上部プレート 118 との間に配置される温度制御モジュール 120 とを含む。閉じ込めリングアセンブリ 122 は、上部電極 114 と基板支持体 112 との間隙を取り囲む。

【0010】

上部プレート 118 はアルミニウムなどで製作することができる。上部プレート 118 の温度は、温度制御された液体（例えば、設定された温度および流量の水）を上部プレート 118 の中に形成された液体通路に流すことによって制御されうる。上部プレート 118 は、プラズマ処理チャンバ 100 の取り外し可能な上部壁を形成することができる。

10

【0011】

閉じ込めリングアセンブリ 122 は、複数のプラズマ閉じ込めリング 124 を含み、それらの垂直方向位置は、隣接するプラズマ閉じ込めリング 124 同士の間隙を制御するために、1つまたは複数の昇降機構 126 の動作によって調整可能である。例えば、閉じ込めリングアセンブリ 122 は、互いに 120° 離間した 3 つの昇降機構 126 を含むことができる。閉じ込めリング 124 は、上部電極 114 と基板支持体 112 の上側表面 128 との間隙にプラズマを閉じ込めることを強化する。プラズマ処理チャンバ 100 で使用することができる例示的な閉じ込めリングアセンブリは、例えば、本願の権利者が所有する米国特許第 6,019,060 号および第 6,984,288 号、ならびに米国特許出願公開第 2006/0207502 号および第 2006/0283552 号

20

【0012】

基板支持体 112 は、下部電極と、基板支持体 112 の上側表面 128 でプラズマ処理が施される基板を静電クランプするための任意選択の静電クランプ電極（ESC）を含む。

【0013】

この実施形態では、上部電極 114 は、内側電極部材 130 と、内側電極部材 130 を取り囲む、外側電極部材 132 または電極拡張部を含む。内側電極部材 130 は、円形半導体基板をプラズマ処理するための円筒状プレートである。内側電極部材 130 は、単結晶シリコン、多結晶シリコンまたは炭化ケイ素などの任意の好適な材料から構成することができる。内側電極部材 130 は、上部電極 114 と基板支持体 112 との間隙に処理ガスを注入する複数のガス通路 133 を含む。プラズマは、上部電極 114 および/または下部電極に RF 電力を供給することによって間隙中に生成される。

30

【0014】

外側電極部材 132 は、プラズマ処理チャンバ 100 内でより大きい直径の基板をプラズマ処理するために上部電極 114 の直径を拡大するように構成される。例えば、内側電極部材 130 は、30.48 cm (12 インチ) または 33.02 cm (13 インチ) の直径を有することができ、外側電極部材 132 は、上部電極 114 の直径を約 38.10 cm (15 インチ) から 43.18 cm (17 インチ)、またはそれよりもさらに大きく拡大する半径幅を有するリングとすることができる。

40

【0015】

外側電極部材 132 は、ポリシリコンリングなどの連続的なリング（すなわち一体型リング）とすることができる。代替として、外側電極部材 132 は、リングを形成するように配置された複数のリングセグメント、例えば 2 セグメントから 10 セグメントを含むことができる。リングセグメントは、例えば単結晶シリコン、多結晶シリコンまたは炭化ケイ素から構成することができる。リングセグメントは、好ましくは、一緒に結合される。外側電極部材 132 に隣接するリングセグメントは、好ましくは、結合材料で互いに結合される重なり合った縁部を有する。外側電極部材 132 および内側電極部材 130 は、エラストマー材料などにより一緒に結合することができる。エラストマー材料は、熱応力に適応し、熱および電気エネルギーを移送することができる任意の好適な熱伝導性かつ導電

50

性のエラストマー材料とすることができる。

【0016】

図1に示されるように、外側電極部材132は、内側電極部材130よりも大きい厚みを有するかまたは垂直方向にオフセットして、内側電極部材130のプラズマに曝される下部表面136からある角度で外に向かって延びる内側ステップ134を形成することができる。この角度は、好ましくは、鈍角である。さらに図1に示されるように、外側電極部材132の内側縁部は、内側電極部材130に形成された凹状外側縁部138と重なり合い対合するように構成される。

【0017】

この実施形態では、上部電極114の上部表面は、平坦な界面140に沿ってバック
10 グ部材116の下部表面に固定される。バックング部材116は、内側電極部材130の上部表面に固定されるバックングプレート142と、バックングプレート142を取り囲み、外側電極部材132の上部表面に固定されるバックングリング144とを含む。カバーリング(cover ring)121は、バックングリング144の周辺外側表面に設けられる。この実施形態では、バックングプレート142は、内側電極部材130よりも大きい直径を有する。バックングプレート142の周辺部分146は、内側電極部材130の周囲から半径方向に外へ向かって延び、バックングリング144に形成された凹状表面148上に支持される。

【0018】

内側電極部材130および外側電極部材132は、それぞれバックングプレート142
20 およびバックングリング144に好適な結合技法によって固定される。図1に示されるように、内側電極部材130は、バックングプレート142、外側電極部材132およびバックングリング144に固定される表面を含み、外側電極部材132は、内側電極部材130およびバックングリング144に固定される表面を含み、バックングプレート142は、内側電極部材130およびバックングリング144に固定される表面を含み、バックングリング144は、バックングプレート142、外側電極部材132および内側電極部材130に固定される表面を含む。例えば、内側電極部材130、外側電極部材132、バックングプレート142およびバックングリング144の表面は、取り付けられる部材間にエラストマー結合を形成するエラストマー結合材料を使用して結合することができる。
30 エラストマー材料は、熱応力に適応し、上部電極114およびバックング部材116の結合された部材間で熱および電気エネルギーを移送することができる。内側電極部材130、外側電極部材132、バックングプレート142およびバックングリング144を連結させるのに好適なエラストマー結合材料および技法が、本願の権利者が所有する米国特許第6,073,577号に開示されており、それは参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0019】

バックングプレート142およびバックングリング144は様々な材料から構成することができる。バックングプレート142を形成するのに好適な材料には、例えばアルミニウム(アルミニウムと、アルミニウム合金、例えば6061Alとを含む)、グラファイト、炭化ケイ素が含まれる。アルミニウムバックングプレートは、裸アルミニウム外側表
40 面(すなわち自然酸化物外側表面)、または外側表面のすべてまたは一部だけの上に形成された陽極酸化外側表面を有することができる。バックングリング144は、例えば石英から構成することができる。

【0020】

この実施形態では、温度制御モジュール120は、バックングプレート142およびバックングリング144に固定される加熱プレート150と、上部プレート118に固定される冷却プレート152と、加熱プレート150と冷却プレート152との間に配置され、それらに固定されるサーマルチョーク154とを含む。冷却プレート152は、サーマルチョーク154および加熱プレート150に締結具190Aによって取り付けられ、締結具190Aは、冷却プレート152の凹状開口に挿入され、冷却プレート152、サー
50

マルチヨーク 154 および加熱プレート 150 の位置合わせされた開口を通して延びる。締結具 190A は、好ましくは、加熱プレート 150 の熱サイクル中に加熱プレート 150 の熱膨張ならびに軸方向および半径方向移動に起因する締結具 190A の緩みが生じにくいように構成されたロックワッシャおよびスリップワッシャによるワッシャセットを含む。

【0021】

バックングプレート 142 は、半径方向に離間したガス分配プレナム 156、158、160、162 を含む。中央プレナム 156 は、中央凹部およびカバープレート 170 によって画定され、外側プレナム 158、160 および 162 は、バックングプレート 142 の環状溝およびカバープレート 170 によって画定される。隣接する対のプレナム 156 と 158、158 と 160、160 と 162 は、それぞれの環状突出部 166 によって互いに隔てられる。例えば、カバープレート 170 は、バックングプレート 142 と同じ材料を含むことができる。中央プレナム 156 のカバープレート 170 は、好ましくは、円盤形状を有し、外側プレナム 158、160 および 162 のカバープレート 170 は、好ましくは、環状リング形状を有する。カバープレート 170 は、好ましくは、プレナム 156、158、160 および 162 からのガス漏洩を防止するためにバックングプレート 142 に結合される。一実施形態では、カバープレート 170 はバックングプレート 142 に溶接またはろう付けすることができる。

【0022】

プレナム 156、158、160、162 の各々は、バックングプレート 142 の複数のガス通路 135 と流体連通している。処理ガスはガス供給源 169 から加熱プレート 150 のガス通路 164 を介して中央プレナム 156 に供給される。ガスは、ガス供給源 169 と流体連通するガス通路 165、167、ならびに、加熱プレート 150 内に形成された半径方向ガス分配チャンネル 168 および軸方向通路 171 を介して外側プレナム 158、160、162 に分配される。

【0023】

バックングプレート 142 内のガス通路 135 は、内側電極部材 130 内のそれぞれのガス通路 133 と位置合わせされ、ガス供給源 169 からの処理ガスをプラズマ処理チャンバ 100 に供給する。図示のように、バックングプレート 142 内のガス通路 135 は、内側電極部材 130 内のガス通路 133 よりも大きい直径を有することができる。例えば、ガス通路 135 は約 0.1016 cm (0.04 インチ) の直径を有することができ、ガス通路 133 は約 0.0508 cm (0.020 インチ) から約 0.0635 cm (0.025 インチ) の直径を有することができる。バックングリング 144 は、チャンバに処理ガスを供給するために加熱プレート 150 内の半径方向ガス分配チャンネル 168 と外側電極部材 132 内のガス通路とに流体連通するガス通路 147 を含む。

【0024】

温度制御モジュール 120 は、プラズマがプラズマ処理チャンバ内で生成されている (すなわちプラズマ「ON」状態の) 場合およびプラズマが生成されていない (すなわちプラズマ「OFF」状態の) 場合にシャワーヘッド電極アセンブリ 110 の上部電極 114 の温度の制御を調整および維持するように構成された一体型ユニットである。温度制御モジュール 120 は、上部電極 114 を所望の温度に維持するために、上部電極 114 に制御された量の熱を供給し、かつ、上部電極 114 から熱を取り除くように構成される。温度制御モジュール 120 は、上部電極 114 のプラズマに曝される下部表面 136 の温度の、信頼性および再現性のある制御を行う。例えば、この電極では、約 ± 30 またはそれよりもさらに少ない中心 - 縁部間の最大温度勾配を温度制御モジュール 120 により達成することができる。上部電極 114 の下部表面 136 の温度、および、上部電極 114 の下部表面 136 に互る半径方向温度勾配をより精密に制御することによって、下部表面 136 でのプラズマ化学反応をより良好に制御することができる。

【0025】

加熱プレート 150 は、熱伝導によってバックング部材 116 を通して上部電極 114

10

20

30

40

50

に熱を供給するようになされる。加熱プレート 150 は、アルミニウム、アルミニウム合金などのような金属の機械加工された部片または鋳造物とすることができる。加熱プレート 150 は、加熱プレート 150 において所望の加熱容量を備えるように動作可能な 1 つまたは複数のヒータを含むことができる。図 1 に示されるように、加熱プレート 150 は、加熱プレート 150 内の（例えば、埋め込まれた）半径方向に離間した内部加熱要素 172 を含むことができる。加熱要素 172 は、図示のように円形とし、同心で配置することができる。例えば、図 1 では、中央の円形加熱要素は、プレナム 156 の上に配置された加熱要素 172 の 2 つの断面によって示され、最も外側の円形加熱要素は、シール 186 の下に配置された 2 つの最も外側の加熱要素 172 によって示される。図 1 は 6 つの円形加熱要素を示している。加熱要素 172 は互いに対して対称的に配置することができる。加熱要素 172 は、加熱要素 172 に電力を供給する単一の電源 151 または複数の電源に電氣的に接続される。例えば、各加熱要素 172 を別個の電源に接続することができ、または 2 つ以上の加熱要素 172 からなる群をそれぞれの電源に接続することができる。1 つまたは複数の電源 151 は、適宜、加熱プレート 150 の異なる領域または区域の可変制御加熱を可能にするために個々の加熱要素 172 に（または加熱要素の群に）異なる量の電力を供給することができる。例えば、シャワーヘッド電極アセンブリ 110 の動作中に、加熱プレート 150 は、内側電極部材 130 および外側電極部材 132 を所望の温度、例えば温度設定値に、またはその十分近くに維持するために、既知量の熱を上部電極 114 に供給するように動作可能である。例えば、上部電極 114 は、温度制御モジュール 120 の動作によって温度設定値の約 ± 5 以下内に維持することができる。

【0026】

シャワーヘッド電極アセンブリ 110 は、例えばバックリング部材 116 に配置された 1 つまたは複数の温度センサの温度センサ機構を含むことができる。それぞれの温度センサは上部電極 114 のそれぞれの部分の温度をモニタし、この温度情報を温度コントローラ 153 に供給することができる。温度コントローラ 153 は少なくとも 1 つの電源 151 を制御して加熱要素 172 に電力を供給し、上部電極 114 を加熱する。少なくとも 1 つの電源 151 は、上部電極 114 の実際の温度および所望の温度に基づいて加熱要素 172 に電力を供給するように制御される。例えば、半導体基板のプラズマエッチングに先立って、加熱プレート 150 はプラズマが OFF であるとき上部電極 114 を加熱するように作動させることができる。加熱プレート 150 は、好ましくは、さらに、プラズマが ON であるとき必要に応じて、しかしより低い電力レベルで作動され、その結果、上部電極 114 の所望の温度を維持することができる。

【0027】

温度制御モジュール 120 において、冷却プレート 152 は、加熱プレート 150 を冷却し、加熱プレート 150 と内側電極部材 130 および外側電極部材 132 との間の熱伝導を制御するように構成される。冷却プレート 152 は以下の理由で小さい「熱質量（thermal mass）」を有する。

【0028】

物体を加熱または冷却することができる速度は、物体の熱容量または「熱質量」C に関係する。熱質量は、物体の材料の比熱 c と物体の質量 m との積、すなわち $C = c \cdot m$ （式 1）に等しい。したがって、物体の熱質量は、その質量を変えることによって、例えば、物体をより小さくおよび/または多孔質にすることにより物体を形成する材料の体積を変えることによって変更することができる。さらに、 T の量だけ物体の温度を変化させるために、物体を加熱することより熱源から物体に加えられる、または物体を冷却することにより物体から放出される必要がある熱の量 q は、 $q = m c \Delta T$ （式 2）によって与えられる。したがって、物体の熱質量が減少するにつれて、 T の量だけ物体の温度を変化させるために、物体に加えなければならない、または物体から除去しなければならない熱の量 q も減少する。

【0029】

熱が熱源から物体に伝導によって移送されるように物体が熱源に物理的に接触している

場合、物体が熱を吸収すると物体の温度が上昇するので、熱源の接触表面と物体の接触表面との間の温度差は減少することになり、その結果として、熱源から物体への伝熱速度は低下することになる。したがって、熱源から物体への伝熱速度は物体の熱質量を低減することによってより精密に制御することができる。

【0030】

冷却プレート152は小さい熱質量(Tの量だけ温度を変えるために冷却プレート152に加えられなければならないまたは冷却プレート152から除去されなければならない熱の量 q が低減されるように)を有し、冷却プレート152は上部プレート118から熱的に分離されているので、冷却プレート152は、温度制御モジュール120において動的な温度制御性能を与えることができる。

10

【0031】

冷却プレート152は、アルミニウム、アルミニウム合金などのような熱伝導性かつ導電性の材料から構成される。冷却プレート152は、鋳造物などの単一部片の物質とすることができる。別の実施形態では、冷却プレート152は、部片の対向する主面に沿って一緒に結合された2つの部片を含むことができる。冷却プレート152は、好ましくは、小さい体積を有する。図1に示されるように、冷却プレート152は、外側電極部材132の外径に近い直径を有することができる。例えば、冷却プレート152は約38.1cm(15インチ)から43.18cm(17インチ)の直径を有することができる。冷却プレート152は、例えば、わずか約2.54cm(1インチ)から約5.08cm(2インチ)の小さい厚さを有することができる。

20

【0032】

冷却プレート152は温度制御される。図1に示されるように、冷却プレート152は液体チャネル174を含み、そこを通して温度制御された液体が少なくとも1つの液体供給源175から流されて冷却プレート152を冷却する。液体チャネル174は、単一部片の冷却プレート152に形成された内部通路とすることができる。代替として、液体チャネル174は、複数部片の冷却プレート152の別個の部片間に画定された通路とすることができる。液体は、例えば脱イオン水とすることができる。液体供給源175は、好ましくは、急速な冷却を可能にするために少量の液体を液体チャネル174に供給する。液体は、所望の伝熱能力を冷却プレート152に与えるために所望の温度および流量を有する。温度制御された液体は、冷却プレート152を例えば、約20 から約40 の温度に維持することができる。液体チャネル174は、また、冷却プレート152の質量を減少させ、それにより冷却プレート152の熱質量が低減する。温度制御モジュール120において、冷却プレート152の冷却能力は、好ましくは、上部電極114と基板支持体との間の間隙に生成されるプラズマによって引き起こされる上部電極114への加熱効果を上回る。この冷却能力により、温度制御モジュール120は、プラズマがONである場合に上部電極114の温度設定値のオーバーシュートの周波数および大きさを最小限にすることができる。

30

【0033】

小さい質量を有することに加えて、冷却プレート152は、好ましくは、冷却プレート152と上部プレート118との間の熱伝導を低減するためにシャワーヘッド電極アセンブリ110内で上部プレート118から熱的に分離される。上部プレート118は冷却プレート152よりも著しく大きい熱質量を有する。この実施形態では、冷却プレート152は、上部プレート118と冷却プレート152との間の界面176での全接触表面積を低減することによって上部プレート118から熱的に分離される。例えば、上部プレート118に向き合う冷却プレート152の上部表面の全表面積に対する、界面176での接触表面積の比は約20%から30%とすることができる。この実施形態では、少なくとも1つの溝が上部プレート118の下部表面に形成される。例えば、図1に示されるように、少なくとも1つの溝は、半径方向に離間し同心で配置された複数の溝180を含むことができる。溝180は環状形状を有することができる。隣接する溝180は、上部プレート118の下部表面上で突出部182(環状突出部とすることができる)によって分離さ

40

50

れる。突出部 1 8 2 は冷却プレート 1 5 2 の上部表面と熱接触する。冷却プレート 1 5 2 と上部プレート 1 1 8 との間の熱伝導は主として環状突出部 1 8 2 で生じる。代替として、単一の連続的な溝（例えば同心部分をもつ）を上部プレート 1 1 8 の下部表面に形成することができる。上部プレート 1 1 8 からの冷却プレート 1 5 2 のこの熱の分離により、熱伝導は、主として、加熱プレート 1 5 0 と冷却プレート 1 5 2 よりも著しく大きい熱質を有する上部プレート 1 1 8 との間ではなく、加熱プレート 1 5 0 と小さい冷却プレート 1 5 2 との間にあるようになる。

【 0 0 3 4 】

この実施形態では、サーマルチョーク 1 5 4 は加熱プレート 1 5 0 と冷却プレート 1 5 2 との間に配置され、これらのプレート間の熱伝導を制御する。サーマルチョーク 1 5 4 は、加熱プレート 1 5 0 から冷却プレート 1 5 2 への熱流に対する「熱抵抗」をもたらし、加熱プレート 1 5 0 から冷却プレート 1 5 2 への熱伝導率の制御を強化することができる。「熱抵抗」という用語の意味は以下で説明される。さらに、サーマルチョーク 1 5 4 は、シャワーヘッド電極アセンブリ 1 1 0 の動作中に熱サイクルによって引き起こされた加熱プレート 1 5 0 の半径方向および軸方向の膨張を補償するように十分に柔軟であることが好ましい。

【 0 0 3 5 】

一次元の定常状態伝熱条件では、材料を横切る伝熱率 q は、 $q = k A (T_1 - T_2) / L$ （式 3）によって与えられ、ここで、 k は材料の熱伝導率であり、 A は伝熱の方向に垂直な方向における材料の断面積であり、 T_1 は材料の一方の面の温度であり、 T_2 は材料の反対の面の温度であり（ $T = T_1 - T_2$ 、ここで T は正または負となることがある）、 L は伝熱が生じる材料の長さである。式 3 は、 $q = T / (L / k A)$ （式 4）のように再整理することができる。式 4 において、 $L / k A$ の項は材料の「熱抵抗」と呼ばれる。式 4 は、所与の値の T では、材料の熱抵抗が増大すると、伝熱が生じる材料の長さに沿った伝熱率 q が減少することを示している。熱抵抗は、 L を増加させる、 k を減少させる、および A を減少させることによって増加させることができる。

【 0 0 3 6 】

この実施形態では、サーマルチョーク 1 5 4 は、加熱プレート 1 5 0 および冷却プレート 1 5 2 に固定される平坦な向かい合った表面を有するプレートである。これらの部材は、例えば、エラストマー結合、ろう付け、溶接、または締結具によって固定することができる。図 1 に示されるように、O - リングなどのシール 1 8 6 が、真空シールを行うために、上部プレート 1 1 8 と冷却プレート 1 5 2 との間、冷却プレート 1 5 2 とサーマルチョーク 1 5 4 との間、および、サーマルチョーク 1 5 4 と加熱プレート 1 5 0 との間に配置される。

【 0 0 3 7 】

サーマルチョーク 1 5 4 は、例えば、加熱プレート 1 5 0 および冷却プレート 1 5 2 と同じ材料から構成することができる。例えば、サーマルチョーク 1 5 4 は、陽極酸化もしくは非陽極酸化アルミニウムまたはアルミニウム合金（例えば、6 0 6 1 - T 6 または 7 0 7 5 - T 6 アルミニウム）から製作することができる。サーマルチョーク 1 5 4 は、代替として、所望の熱伝導率および構造特性を有する他の金属、非金属材料、または複合材料で製作することができる。サーマルチョーク 1 5 4 は、加熱プレート 1 5 0 と冷却プレート 1 5 2 との間に所望の熱抵抗をもたらすのに効果的な構造を有する。例えば、サーマルチョーク 1 5 4 は、所望の熱抵抗をもたらすためにハニカム、多孔板、波形板、または他の好適な多孔質構造を有することができる。これらの例示的な構造は式 4 の「 L 」を増加させ、および A を減少させ、それによりサーマルチョーク 1 5 4 の熱抵抗は増加する。

【 0 0 3 8 】

別の実施形態では、サーマルチョーク 1 5 4 は、例えば、アルミニウム層と、サーマルチョークの熱抵抗を増加させるためにアルミニウム層よりも低い「 k 」値（式 4 を参照）を有する金属または非金属で熱伝導性かつ導電性の材料（例えば高分子材料またはステン

10

20

30

40

50

レス鋼)の少なくとも1つの中間層とを含むラミネート構造とすることができる。例えば、サマルチョーク154は約0.635cm(0.25)インチから約2.54cm(1インチ)の全厚さを有することができる。

【0039】

温度制御モジュール120の動作によって、上部電極114は、連続する基板処理運転中およびその運転間に、所望の温度に維持することができ、その結果、複数の基板をより均一に処理することができ、それによって処理歩留りが改善される。例示的实施形態では、温度制御モジュール120は、少なくとも約100、少なくとも150、または少なくとも約180等、約40から約200の範囲内の温度設定値に上部電極114を維持することができる。上部電極114の所望の温度は、プラズマ処理チャンバ110内で実行される特定のプラズマ処理によって決まることになる。例えば、誘電体材料エッチング処理は、上部電極114および/または下部電極への高い印加電力レベルを利用し、対応する上部電極114の高い温度を生成する。

【0040】

冷却プレート152の小さい質量は、サマルチョーク154の熱抵抗と冷却プレート152の上部プレート118からの熱分離とを組み合わせ、上部プレート118と直接熱接触している加熱プレート150と比べて、加熱プレート150と冷却プレート152との間の伝熱速度のより精密でより迅速な制御を可能にする。加熱プレート150と冷却プレート152との間の熱伝導の制御を改善することによって、加熱プレート150は、上部電極114の温度をより精密に制御することができる。温度制御モジュール120は、上部電極114の温度を制御するための所望の速い応答時間も与える。その応答時間は、それぞれ加熱プレート150をオンおよびオフにするときに、制御モジュール120が加熱中に上昇するおよび冷却中に下降する速さである。

【0041】

図2は、シャワーヘッド電極アセンブリ210の別の例示的实施形態を含むプラズマ処理チャンバ200を示す。図2に示されるように、シャワーヘッド電極アセンブリ210は、上部電極214と、上部電極214に固定されるバックリング部材216と、上部プレート218と、バックリング部材216と上部プレート218との間に配置される温度制御モジュール220とを含む。プラズマ閉じ込めリングアセンブリ222は、プラズマ処理チャンバ200内で上部電極214を取り囲む。基板支持体212(部分図の)は上部電極214の真下に配置される。以下で説明されるように、上部電極214および温度制御モジュール220は、図1に示された上部電極114および温度制御モジュール120と異なる構造形体を有する。

【0042】

図2に示される実施形態では、上部電極214は、内側電極部材230と、内側電極部材230を取り囲む外側電極部材232とを含む。内側電極部材230は、内側電極部材230のより薄い内側部分の下部表面236から外側に、好ましくは鈍角で延びる増加した厚さのステップ231を含む単一部片の物質である。内側電極部材230は、上部電極214と基板支持体212との間の空間(間隙)に処理ガスを注入する複数のガス通路233を含む。外側電極部材232は、上部電極214の直径を拡大するものであり、連続的なリングとするかまたは複数のリングセグメントを含むことができる。図2に示されるように、外側電極部材232および内側電極部材230は、外側電極232上の上側突出部に重なり合う、好ましくは噛み合う、ステップ231上に下側突出部をもつ噛み合い突出部215を含む。

【0043】

この実施形態では、バックリングプレート242は、界面240に沿って内側電極部材230の上部表面に固定され、バックリング244は、外側電極部材232の上部表面に固定される。図示のように、バックリングプレート242は内側電極部材230とほぼ同じ直径を有する。内側電極部材230および外側電極部材232は、それぞれバックリングプレート242およびバックリング244に好適な結合技法によって固定される。図

2 に示されるように、内側電極部材 2 3 0 は、バックリングプレート 2 4 2、外側電極部材 2 3 2 およびバックリング 2 4 4 に固定される表面を含み、外側電極部材 2 3 2 は、内側電極部材 2 3 0 およびバックリング 2 4 4 に固定される表面を含み、バックリングプレート 2 4 2 は、内側電極部材 2 3 0 およびバックリング 2 4 4 に固定される表面を含み、バックリング 2 4 4 は、バックリングプレート 2 4 2、外側電極部材 2 3 2 および内側電極部材 2 3 0 に固定される表面を含む。例えば、これらの表面は、熱伝導性かつ導電性のエラストマー材料を使用して一緒に結合することができる。

【 0 0 4 4 】

温度制御モジュール 2 2 0 は、バックリングプレート 2 4 2 およびバックリング 2 4 4 に取り付けられる加熱プレート 2 5 0 と、加熱プレート 2 5 0 および上部プレート 2 1 8 に取り付けられる冷却プレート 2 5 2 とを含む。カバーリング 2 2 1 は、加熱プレート 2 5 0 およびバックリング 2 4 4 の半径方向外側表面に設けられる。

10

【 0 0 4 5 】

バックリングプレート 2 4 2 は複数のガス分配プレナム 2 5 6 , 2 5 8 , 2 6 0 , 2 6 2 を含み、それらの各々はバックリングプレート 2 4 2 の複数のガス通路 2 3 5 と流体連通している。中央プレナム 2 5 6 は、中央凹部およびカバープレート 2 7 0 によって画定され、プレナム 2 5 8 , 2 6 0 , 2 6 2 は、環状溝およびカバープレート 2 7 0 によって画定される。カバープレート 2 7 0 は、好ましくは、バックリングプレート 2 4 2 に結合される。一実施形態では、カバープレート 2 7 0 は、バックリングプレート 2 4 2 に溶接またはろう付けすることができる。処理ガスは、ガス通路 2 6 4 を介して中央プレナム 2 5 6 に供給される。隣接する対のプレナム 2 5 6 と 2 5 8、2 5 8 と 2 6 0、2 6 0 と 2 6 2 は、バックリングプレート 2 4 2 の環状突出部 2 6 6 によって分離される。ガスは、ガス通路 2 6 5 , 2 6 7 と加熱プレート 2 5 0 の半径方向ガス分配チャネル 2 6 8 および軸方向通路 2 7 1 とを介して外側プレナム 2 5 8 , 2 6 0 , 2 6 2 に供給される。

20

【 0 0 4 6 】

バックリングプレート 2 4 2 のガス通路 2 3 5 は、内側電極部材 2 3 0 のそれぞれのガス通路 2 3 3 と位置合わせされ、処理ガスをプラズマ処理チャンバ 2 0 0 に供給する。バックリング 2 4 4 は、加熱プレート 2 5 0 のガス分配チャネル 2 6 8 と流体連通するプレナム 2 4 5 と、バックリング 2 4 4 のガス通路 2 4 7 と、外側電極部材 2 3 2 のガス通路 2 4 9 とを含む。ガスはガス通路 2 4 9 を介してチャンバに供給される。

30

【 0 0 4 7 】

加熱プレート 2 5 0 は、バックリング部材 2 1 6 を通して上部電極 2 1 4 に、制御された方法で、熱を供給するように構成された加熱要素 2 7 2 を含む。加熱プレート 2 5 0 は、内側電極部材 2 3 0 および外側電極部材 2 3 2 を所望の温度に維持するように動作可能である。加熱要素 2 7 2 は、単一の電源 2 5 1 または複数の電源に電氣的に接続される。温度センサ機構は、上部電極 2 1 4 の温度をモニタし、この温度情報を温度コントローラ 2 5 3 に供給するためにバックリング部材 2 1 6 に設けることができる。温度コントローラは、電力を加熱プレート 2 5 0 に供給して内側電極部材 2 3 0 および外側電極部材 2 3 2 を加熱するために少なくとも 1 つの電源 2 5 1 を制御するように構成される。加熱プレート 2 5 0 は、加熱プレート 1 5 0 に関して上述した同じ方法で動作することができる。

40

【 0 0 4 8 】

上述のように、冷却プレート 2 5 2 は、加熱プレート 2 5 0 を冷却し、加熱プレート 2 5 0 と上部電極 2 1 4 との間の伝熱を制御するように構成される。冷却プレート 2 5 2 はこの伝熱率の精密制御を行うことができる。冷却プレート 2 5 2 は小さい質量を有し、熱伝導性かつ導電性の材料で製作される。図 2 に示されるように、冷却プレート 2 5 2 は、内側電極部材 2 3 0 および外側電極部材 2 3 2 の直径に近い直径を有することができる。例えば、冷却プレート 2 5 2 は約 3 8 . 1 c m (1 5 イ ン チ) から 4 3 . 1 8 c m (1 7 イ ン チ) の直径を有し、わずかに約 2 . 5 4 c m (1 イ ン チ) から約 5 . 0 8 c m (2 イ ン チ) の小さい厚さを有することができる。

【 0 0 4 9 】

50

冷却プレート252は、液体チャネル274を含み、その中に所望の温度を有する温度制御された液体が、単一の液体供給源275からまたは2つ以上の液体供給源から供給される。温度制御された液体は、冷却プレート252を例えば約20 から約40 の温度に維持することができる。冷却プレート252の冷却能力は、プラズマ加熱の影響によって引き起こされる上部電極214の温度のオーバーシュートを最小にするのに十分であることが好ましい。

【0050】

冷却プレート252は、上部プレート218の下部表面に形成された少なくとも1つの溝280によって上部プレート218から熱的に分離される。1つまたは複数の溝280は、冷却プレート252の上部表面と熱接触する突出部282（例えば環状突出部）によって分離される。熱は、主として環状突出部282を介して上部プレート218と冷却プレート252との間で伝導される。突出部での上部プレート218と冷却プレート252との間の接触表面積の、上部プレート218に向き合う冷却プレート252の上部表面の全表面積に対する比は、例えば約20%から30%である。

【0051】

この実施形態では、1つまたは複数のサーマルチョークが、加熱プレート250と冷却プレート252との間の熱伝導率の制御を強化するために加熱プレート250と冷却プレート252との間に配置される。図2に示されるように、複数のサーマルチョーク254、255、257、259を加熱プレート250と冷却プレート252との間に配置することができる。サーマルチョーク254、255、257、259は、冷却プレート252の下部表面に形成されたそれぞれの溝に配置される同心配置の環状リングである。リングは一体型の連続的なリングとすることができ、または2つ以上のリングセグメントを含むことができる。締結具290Aは、上部プレート218、冷却プレート252、サーマルチョーク254、255、257、259、加熱プレート250ならびにバックアッププレート242における位置合わせされた開口に受け入れられる。サーマルチョーク254、255、257、259は、加熱プレート250および冷却プレート252と同じ材料から、または好適な熱伝導率および構造特性を有する他の金属もしくは非金属材料から構成することができる。例えば、サーマルチョーク254、255、257、259は、加熱プレート250および/または冷却プレート252で使用するアルミニウムよりも低い熱伝導率を有するステンレス鋼から構成することができる。

【0052】

図3はサーマルチョーク257の例示的实施形態を示す。サーマルチョーク257と異なるサイズを有するサーマルチョーク254、255は、サーマルチョーク257と同じ構成および構造を有することができる。図3に示されるように、サーマルチョーク257は、熱伝導用の断面積を低減するための半径方向の貫通開口261を含み、それにより、サーマルチョーク257の熱抵抗が増加する。別の実施形態では、サーマルチョーク257は、粉末冶金によって製作された多孔質焼結リング、例えばステンレス鋼リングとすることができる。サーマルチョーク254、255も多孔質焼結リングとすることができる。多孔質焼結リングは、所望の熱抵抗をもたらすために所望の孔構造で製作することができる。サーマルチョーク257（およびサーマルチョーク254、255）は、ねじ型締結具290Aを受け入れるための円周状に離間し軸方向に延びる開口263をさらに含む。

【0053】

図4は最も外側のサーマルチョーク259の例示的实施形態を示す。図2に示されるように、サーマルチョーク259は、冷却プレート252の半径方向外側表面の部分を形成する。サーマルチョーク259は、好ましくは、非多孔質である（すなわち、サーマルチョークを形成する材料の理論密度に等しい密度を有する）。内部に延びる複数の突出部は、ねじ型締結具290Aを受け入れるための円周状に離間し軸方向に延びる開口263を含む。

【0054】

図2に示されるように、冷却プレート252がサーマルチョーク254, 255, 257, 259上に支持され、軸方向間隙271が冷却プレート252の下部表面と加熱プレート250の上部表面との間に画定されるように、サーマルチョーク254, 255, 257, 259の各々は、冷却プレート252に形成されたそれぞれの溝の高さよりも大きい高さ(すなわち軸方向に)を有する。間隙271は、加熱プレート250と冷却プレート252との間の直接的な物理的接触を除去し、サーマルチョーク254, 255, 257, 259を通して加熱プレート250と冷却プレート252との間に熱伝導を生じさせる。

【0055】

サーマルチョーク254, 255, 257, 259は、約1.27cm(0.5インチ)等、約0.635cm(0.25インチ)から約1.905cm(0.75インチ)の例示的高さ、および約1.905cm(0.75インチ)等、約1.27cm(0.5インチ)から約2.54cm(1インチ)の例示的幅を有することができる。例えば、サーマルチョーク254は約5.08cm(2インチ)から約10.16cm(4インチ)の外径を有することができ、サーマルチョーク255は約15.24cm(6インチ)から約20.32cm(8インチ)の外径を有することができ、サーマルチョーク257は約25.4cm(10インチ)から約30.48cm(12インチ)の外径を有することができ、サーマルチョーク259は約38.1cm(15インチ)から約43.18cm(17インチ)の外径を有することができる。図示のように、O-リングなどのシール286が、真空シールを形成するために、冷却プレート252と上部プレート218との間、冷却プレート252とサーマルチョーク259との間、およびサーマルチョーク259と加熱プレート250との間に配置される。

【0056】

この実施形態では、冷却プレート252は、ねじ型締結具290Aにより加熱プレート250に固定される。締結具290Aの各々は、好ましくは、加熱プレート250の温度サイクルならびに熱膨張および移動に起因する締結具290Aの緩みが生じにくいようにロックワッシャおよびスリップワッシャによるワッシャセット273を含む。

【0057】

したがって、この実施形態では、冷却プレート252の小さい質量は、サーマルチョーク254, 255, 257, 259によって与えられた熱抵抗と冷却プレート252および上部プレート218の熱分離と組み合わせて、上部プレート218と直接接触している加熱プレート250と比べて、加熱プレート250と冷却プレート252との間の伝熱速度の制御の改善を可能にする。温度制御モジュール220は、上部電極214の温度がより精密に制御されるようにする。さらに、一体化温度制御モジュール220は、上部電極214の温度を制御するのに所望の速い応答時間を与える。

【0058】

図5は、シャワーヘッド電極アセンブリ310の別の例示的实施形態を含む半導体材料プラズマ処理装置のプラズマ処理チャンバ300を示す。図5に示されるように、シャワーヘッド電極アセンブリ310は、上部電極314と、上部電極314に固定されるバックリング部材316と、上部プレート318と、バックリング部材316と上部プレート318との間に配置される温度制御モジュール320とを含む。閉じ込めリングアセンブリ322は、プラズマ処理チャンバ300内で上部電極314を取り囲む。下部電極および任意選択の静電クランプ電極を含む基板支持体312(部分図で示される)は上部電極314の真下に配置される。

【0059】

図示のシャワーヘッド電極アセンブリ310は、バックリングプレート342およびバックリングリング344を含む。バックリングプレート342は、プレナム356, 358, 360, 362を含む。シャワーヘッド電極アセンブリ310は、バックリングプレート342の構造が異なることを除いて、シャワーヘッド電極アセンブリ210と同じ構造を有する。図5に示されるように、プレナム356, 358, 360, 362は軸方向に上部電

極 3 1 4 に向かって増大する幅を有する。プレナムの幅のこの拡大により、プレナムからのガス漏洩を防止するためにバックングプレート 3 4 2 と加熱プレート 3 5 0 との間に O - リングなどのシール 3 9 2 を配置するのに十分な面積が与えられ、また、バックングプレート 3 4 2 の上部表面と加熱プレート 3 5 0 の下部表面との間に十分な熱接触面積が与えられる。

【 0 0 6 0 】

日常的な保守のために上部電極 3 1 4 からバックングプレート 3 4 2 を取り外す間、図 5 のバックングプレート 3 4 2 の形状は、上にあるカバープレート（例えば、図 1 および 2 からのカバープレート 1 7 0 / 2 7 0 ）を取り除くことなく、プレナム 3 5 6 , 3 5 8 , 3 6 0 , 3 6 2 の内部表面を清浄化できるようにするのに役立つ。

10

【 0 0 6 1 】

図 6 は、外側電極部材 6 3 2 および内側電極部材 6 3 0 に対して独立に温度制御するために外側加熱プレート 6 5 0 A および内側加熱プレート 6 5 0 B を含む加熱プレート 6 5 0 の実施形態を示す。外側加熱プレート 6 5 0 A は、加熱要素 6 7 2 A を含み、内側加熱プレート 6 5 0 B は、加熱要素 6 7 2 B を含み、加熱要素 6 7 2 A および 6 7 2 B は同じまたは別個の電源に個別に接続される。外側加熱プレート 6 5 0 A は好適な締結具を使用してバックングリング 6 4 4 に固定することができ、外側電極部材 6 3 2 はバックングリング 6 4 4 に結合することができる。内側加熱プレート 6 5 0 B は好適な締結具によってバックングプレート 6 4 2 に固定することができ、内側電極部材 6 3 0 はバックングプレート 6 4 2 に結合することができる。図 6 の実施形態では、内側電極部材 6 3 0 と無関係に外側電極バックング部材 6 3 2 の温度制御を行う。図 6 の加熱プレート 6 5 0 は図 1、2 または 5 の実施形態のいずれでも使用することができることに留意すべきである。

20

【 0 0 6 2 】

図 7 は、内側電極部材と、外側電極部材と、内側電極部材および外側電極部材に取り付けられるバックングプレートおよびバックングリングと、バックングプレートおよびバックングリングならびに上部プレートに取り付けられる温度制御モジュールとを含む上部電極を含むシャワーヘッド電極アセンブリの例示的实施形態の場合の温度対応答時間を示す。温度制御モジュールは、冷却プレートと加熱プレートとの間にサーマルチョークリングを含んでいた。サーマルチョークリングは、中央ステンレス鋼リングと、最も外側のステンレス鋼リングと、中央リングと最も外側のリングとの間のアルミニウムリングとを含んでいた。ヒータ電力は 7 k W であり、ある温度の冷却材は冷却プレートを通して流れ、ヒータは約 1 7 分間オンで、約 1 7 分間オフであった。上部電極の温度設定値は 2 0 0 であつた。数サイクルにわたって、温度制御モジュールに応答した加熱（ヒータ電力がオンにされた状態）中の昇温速度および冷却（ヒータ電力がオフにされた状態）中の降温速度が、上部電極の端から端までの異なる場所に配置された複数の熱電対 A から F によって測定された。

30

【 0 0 6 3 】

冷却プレートと加熱プレートとの間に配置された 1 つまたは複数のサーマルチョークリングを含む温度制御モジュールの実施形態の応答時間は、温度制御モジュール内のこれらのプレート間の熱伝導を制御するようにサーマルチョークリングの設計（形状および構成）を最適化することによって所望の動作範囲に最適化することができる。サーマルチョークプレートを含む温度制御モジュールの他の実施形態では、サーマルチョークプレートの形状および構成は、冷却プレートと加熱プレートとの間の熱伝導を制御するように最適化することができる。

40

【 0 0 6 4 】

本発明がその特定の实施形態を参照しながら詳細に説明されたが、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、様々な改変および変更を行うことができ、均等物を使用することができることが当業者には明らかであろう。

【図 1】

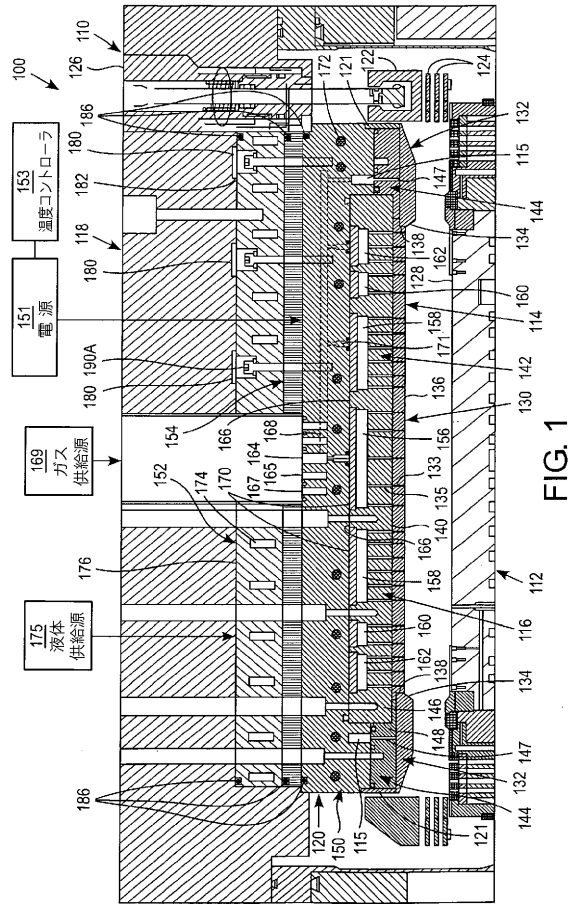


FIG. 1

【図 2】

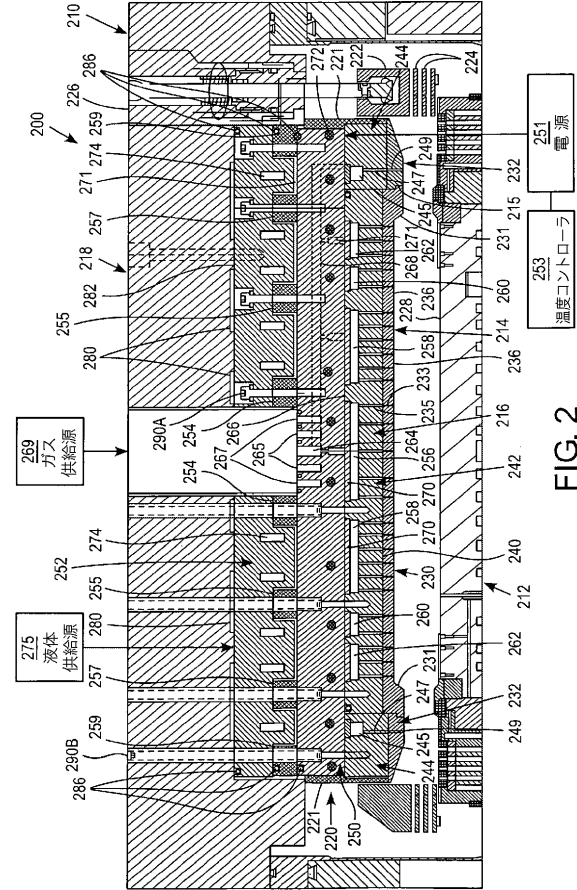


FIG. 2

【図 3】

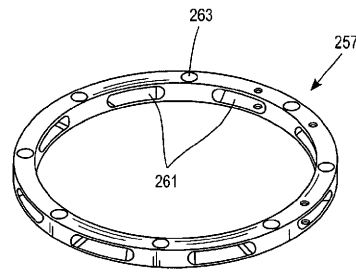


FIG. 3

【図 4】

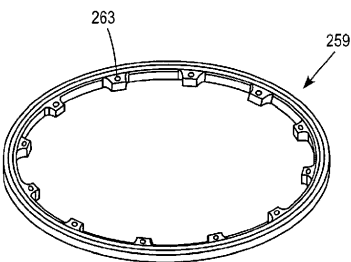


FIG. 4

【図 5】

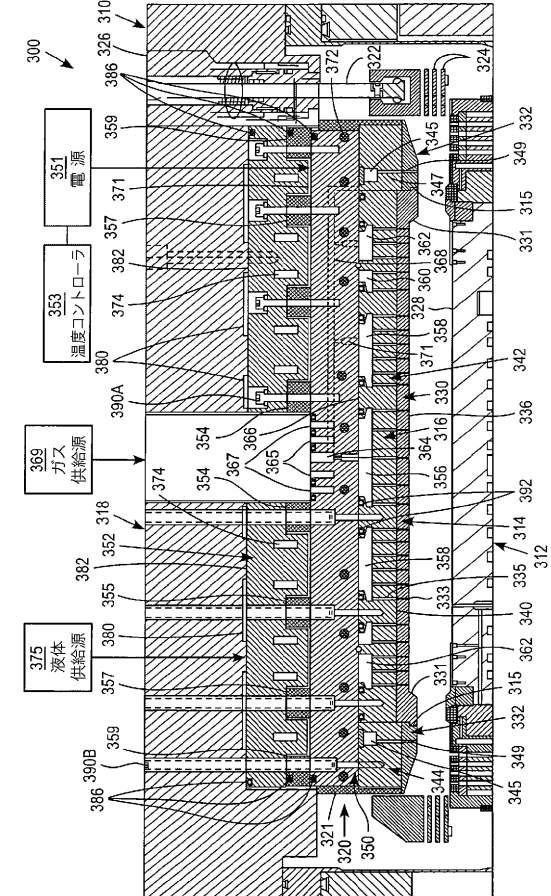


FIG. 5

【 図 6 】

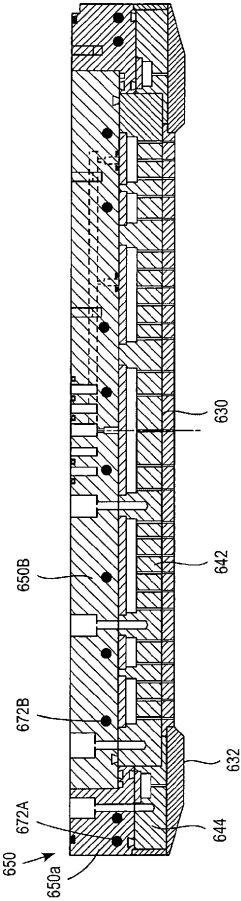


FIG. 6

【 図 7 】

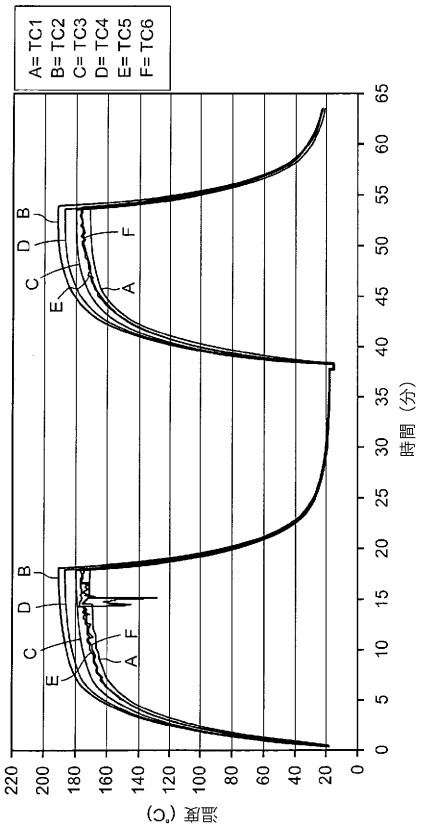


FIG. 7

フロントページの続き

(74)代理人 100134175

弁理士 永川 行光

(72)発明者 ディンドサ, ラジンダー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95148, サン ホセ, ローリングサイド ドライブ
3670

審査官 和瀬田 芳正

(56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0137573(US, A1)

国際公開第2005/111267(WO, A1)

特表2007-522647(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H01L 21/3065

H01L 21/205

C23C 16/00