

(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2017-5128

(P2017-5128A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302	1 O 1 G 2 G 0 8 4
H05H 1/46 (2006.01)	H01L 21/302	1 O 1 B 5 F 0 0 4
G05D 23/00 (2006.01)	H05H 1/46	A 5 H 3 2 3
	H05H 1/46	M
	G05D 23/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-118072 (P2015-118072)	(71) 出願人	000219967
(22) 出願日	平成27年6月11日 (2015.6.11)		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	100107766
			弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	豊田 啓吾
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
			zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	辻本 宏
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
			zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

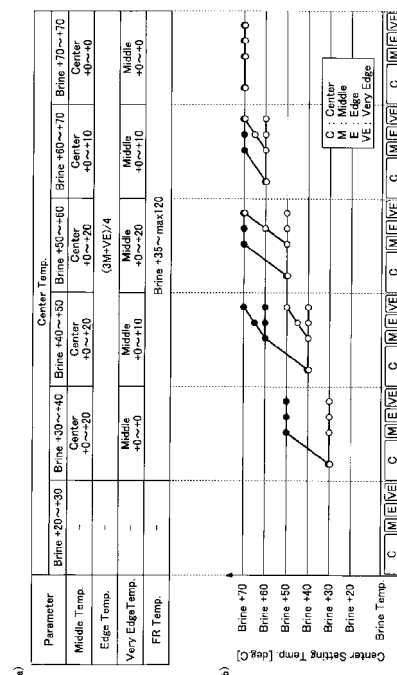
(54) 【発明の名称】 温度制御方法及びプラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】プラズマ処理装置内にて載置台の温度制御性を高めることを目的とする。

【解決手段】プラズマ処理装置内にて基板を載置する載置台の温度制御方法であって、前記プラズマ処理装置内には前記載置台を冷却する冷却機構及び該載置台を加熱する第1の加熱機構を含む温度調整機構が設けられ、前記プラズマ処理装置内に印加される高周波電力と前記載置台への入熱量との関係を示す第1の関係情報を測定により求め、予め記録部に記録したデータテーブルに基づき、所定のプロセスにて印加される高周波電力に対する第1の入熱量を算出し、前記冷却機構と前記第1の加熱機構との設定温度の差分の制御許容範囲を入熱量に応じて段階的に設定し、予め前記記録部に記憶したオペレーションマップに基づき、前記冷却機構と前記第1の加熱機構との設定温度の差分が前記第1の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になるように前記第1の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、載置台の温度制御方法が提供される。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理装置内にて基板を載置する載置台の温度制御方法であって、

前記プラズマ処理装置内には前記載置台を冷却する冷却機構及び該載置台を加熱する第 1 の加熱機構を含む温度調整機構が設けられ、

前記プラズマ処理装置内に印加される高周波電力と前記載置台への入熱量との関係を示す第 1 の関係情報を測定により求め、予め記録部に記録したデータテーブルに基づき、所定のプロセスにて印加される高周波電力に対する第 1 の入熱量を算出し、

前記冷却機構と前記第 1 の加熱機構との設定温度の差分の制御許容範囲を入熱量に応じて段階的に設定し、予め前記記録部に記憶したオペレーションマップに基づき、前記冷却機構と前記第 1 の加熱機構との設定温度の差分が前記第 1 の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になるように前記第 1 の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、

載置台の温度制御方法。

【請求項 2】

前記第 1 の加熱機構は、前記載置台の面内を複数のゾーンに分けてゾーン毎に加熱することが可能であり、

前記記録部には、前記冷却機構と前記第 1 の加熱機構との設定温度の差分の制御許容範囲を入熱量に応じてゾーン毎に段階的に設定したオペレーションマップが記録され、

前記オペレーションマップに基づき、前記複数のゾーンのそれぞれに対して、前記第 1 の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になるように前記第 1 の加熱機構の各ゾーンの温度及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、

請求項 1 に記載の載置台の温度制御方法。

【請求項 3】

前記温度調整機構は、前記載置台の周囲を囲むフォーカスリングを加熱する第 2 の加熱機構を含み、

前記記録部には、前記プラズマ処理装置内に印加される高周波電力と前記フォーカスリングへの入熱量との関係を示す第 2 の関係情報を測定により求めたデータテーブルが記録され、

前記データテーブルに基づき、所定のプロセスにて印加される高周波電力に対する第 2 の入熱量を算出し、

前記オペレーションマップに基づき、前記冷却機構と前記第 2 の加熱機構との設定温度の差分が前記第 2 の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になるように前記第 2 の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、

請求項 1 又は 2 に記載の載置台の温度制御方法。

【請求項 4】

前記第 1 の加熱機構及び前記冷却機構との温度の差分が、70℃以下になるように、前記第 1 の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、

請求項 1～3 のいずれか一項に記載の載置台の温度制御方法。

【請求項 5】

前記第 1 の加熱機構の最も外側のゾーンと最も内側のゾーンとの温度の差分が、30℃以下になるように、前記第 1 の加熱機構の各ゾーンの温度を制御する、

請求項 2～4 のいずれか一項に記載の載置台の温度制御方法。

【請求項 6】

前記第 1 の加熱機構は、前記載置台の面内を該載置台の内側から外側に向けてセンター部、ミドル部、エッジ部及びベリーエッジ部の 4 ゾーンに分けてゾーン毎に加熱し、

前記第 1 の加熱機構のエッジ部の温度が、 $(3 \times \text{ミドル部の温度} + \text{ベリーエッジ部の温度}) / 4$ で示される温度になるように、前記第 1 の加熱機構のエッジ部の温度を制御する、

請求項 2～5 のいずれか一項に記載の載置台の温度制御方法。

【請求項 7】

前記オペレーションマップに基づき、前記冷却機構と前記第 2 の加熱機構との設定温度の差分の下限値が前記第 2 の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になり、かつ、該差分の最大値が 120℃を超えないように前記第 2 の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、

請求項 3～6 のいずれか一項に記載の載置台の温度制御方法。

【請求項 8】

基板を載置する載置台の温度制御を行う制御部を有するプラズマ処理装置であって、前記プラズマ処理装置内には前記載置台を冷却する冷却機構及び該載置台を加熱する第 1 の加熱機構を含む温度調整機構が設けられ、

10

前記制御部は、

前記プラズマ処理装置内に印加される高周波電力と前記載置台への入熱量との関係を示す第 1 の関係情報を測定により求め、予め記録部に記録したデータテーブルに基づき、所定のプロセスにて印加される高周波電力に対する第 1 の入熱量を算出し、

前記冷却機構と前記第 1 の加熱機構との設定温度の差分の制御許容範囲を入熱量に応じて段階的に設定し、予め前記記録部に記憶したオペレーションマップに基づき、前記冷却機構と前記第 1 の加熱機構との設定温度の差分が前記第 1 の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になるように前記第 1 の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、

20

プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度制御方法及びプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

エッチング装置等のプラズマ処理装置において、エッチングレート等、良好なプラズマ特性を得るために基板の温度制御は重要である。そこで、基板を載置する載置台の面内の温度分布を載置台内のヒータ等により制御することで、基板の温度を制御することが行われている（例えば、特許文献 1 を参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008-177285 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、高周波電力を印加したとき、プラズマ処理装置内で生成されるプラズマからの入熱が不定であるためにヒータの出力が低下し、ヒータの出力値が「0」になることがある。ヒータの出力値が「0」になるとヒータの制御が不能になる。これにより、載置台の温度は、例えば高周波電力の上昇とともに上昇し、基板の温度を制御することが困難になる。

40

【0005】

上記課題に対して、一側面では、本発明は、プラズマ処理装置内にて載置台の温度制御性を高めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、一の態様によれば、プラズマ処理装置内にて基板を載置する載置台の温度制御方法であって、前記プラズマ処理装置内には前記載置台を冷却する冷却機構及び該載置台を加熱する第 1 の加熱機構を含む温度調整機構が設けられ、前記プラ

50

プラズマ処理装置内に印加される高周波電力と前記載置台への入熱量との関係を示す第1の関係情報を測定により求め、予め記録部に記録したデータテーブルに基づき、所定のプロセスにて印加される高周波電力に対する第1の入熱量を算出し、前記冷却機構と前記第1の加熱機構との設定温度の差分の制御許容範囲を入熱量に応じて段階的に設定し、予め前記記録部に記憶したオペレーションマップに基づき、前記冷却機構と前記第1の加熱機構との設定温度の差分が前記第1の入熱量に応じた制御許容範囲内の温度になるように前記第1の加熱機構及び前記冷却機構の少なくともいずれかの温度を制御する、載置台の温度制御方法が提供される。

【発明の効果】

【0007】

10

一の側面によれば、プラズマ処理装置内にて載置台の温度制御性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】一実施形態に係るプラズマ処理装置の縦断面の一例を示す図。

【図2】一実施形態に係る高周波電力と入熱量との関係を示すグラフの一例を示す図。

【図3】一実施形態に係る温度制御処理の一例を示すフローチャート。

【図4】一実施形態に係る入熱量に応じた温度制御を説明するための図。

【図5】一実施形態に係る入熱量に応じた温度制御を説明するための図。

【図6】一実施形態に係る入熱量に応じた温度制御を説明するための図。

20

【図7】一実施形態に係る入熱量に応じた温度制御を説明するための図。

【図8】一実施形態に係る入熱量に応じた温度制御を説明するための図。

【図9】一実施形態に係る高周波電力と入熱量との関係を示すグラフの他の例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

【0010】

[プラズマ処理装置の構成例]

30

まず、本発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置1の構成の一例について、図1を参照しながら説明する。図1に示すように、本実施形態では、プラズマ処理装置1の一例として容量結合型プラズマエッチング装置を挙げて説明する。

【0011】

プラズマ処理装置1は、例えば表面がアルマイト処理（陽極酸化処理）されたアルミニウムからなる円筒形のチャンバ10を有している。チャンバ10は、接地されている。

【0012】

チャンバ10の内部には載置台12が設けられている。載置台12は、たとえばアルミニウム（Al）やチタン（Ti）、炭化ケイ素（SiC）等の材質からなり、絶縁性の保持部14を介して支持部16に支持されている。これにより、載置台12は、チャンバ10の底部に設置される。

40

【0013】

チャンバ10の底部には、排気管26が設けられ、排気管26は排気装置28に接続されている。排気装置28は、ターボ分子ポンプやドライポンプ等の真空ポンプから構成され、チャンバ10内の処理空間を所定の真空度まで減圧するとともに、チャンバ10内のガスを排気路20及び排気口24に導き、排気する。排気路20にはガスの流れを制御するためのバッフル板22が取り付けられている。

【0014】

載置台12には、プラズマを励起するための第1高周波電源31が整合器33を介して接続され、ウェハWにプラズマ中のイオンを引き込むための第2高周波電源32が整合器

50

34を介して接続されている。例えば、第1高周波電源31は、チャンバ10内にてプラズマを生成するために適した周波数、例えば60MHzの高周波電力HF（プラズマ励起用の高周波電力）を載置台12に印加する。第2高周波電源32は、載置台12上のウェハWにプラズマ中のイオンを引き込むのに適した低めの周波数、例えば13.56MHzの高周波電力LF（イオン引き込み用の高周波電力）を載置台12に印加する。このようにして載置台12は、ウェハWを載置するとともに、下部電極としての機能を有する。

【0015】

載置台12の上面にはウェハWを静電吸着力で保持するための静電チャック40が設けられている。静電チャック40は導電膜からなる電極40aを一对の絶縁層40b（又は絶縁シート）の間に挟み込んだものであり、電極40aには直流電圧源42がスイッチ43を介して接続されている。静電チャック40は、直流電圧源42からの電圧により、クーロン力によってウェハWを静電チャック上に吸着して保持する。静電チャック40には温度センサ77が設けられ、静電チャック40の温度を測定するようになっている。これにより、静電チャック40上のウェハWの温度が測定される。

【0016】

静電チャック40の周縁部には、載置台12の周囲を囲むようにフォーカスリング18が配置されている。フォーカスリング18は、例えばシリコンや石英から形成されている。フォーカスリング18は、エッチングの面内均一性を高めるように機能する。

【0017】

チャンバ10の天井部には、ガスシャワーヘッド38が接地電位の上部電極として設けられている。これにより、第1高周波電源31から出力される高周波電力が載置台12とガスシャワーヘッド38との間に容量的に印加される。

【0018】

ガスシャワーヘッド38は、多数のガス通気孔56aを有する電極板56と、電極板56を着脱可能に支持する電極支持体58とを有する。ガス供給源62は、ガス供給配管64を介してガス導入口60aからガスシャワーヘッド38内にガスを供給する。ガスは、ガス拡散室57にて拡散され、多数のガス通気孔56aからチャンバ10内に導入される。チャンバ10の周囲には、環状または同心円状に延在する磁石66が配置され、磁力により上部電極及び下部電極間のプラズマ生成空間に生成されるプラズマを制御する。

【0019】

静電チャック40には、ヒータ75a、75b、75c、75d、75e（以下、総称して「ヒータ75」ともいう。）が埋め込まれている。ヒータ75は、静電チャック40内に埋め込む替わりに静電チャック40の裏面に貼り付けるようにしてもよい。ヒータ75a、75b、75c、75d、75eには、給電線47を介して交流電源44から出力された電流が供給される。

【0020】

これにより、ヒータ75aは、載置台12のセンター部を加熱する。ヒータ75bは、載置台12のミドル部を加熱する。ヒータ75cは、載置台12のエッジ部を加熱する。ヒータ75dは、載置台12のベリーエッジ部を加熱する。ヒータ75eは、フォーカスリング18を加熱する。ヒータ75a、75b、75c、75dは、載置台12の面内を中央から順に外周側に向けて円状のゾーン（センター部（C））及び三つの環状のゾーン（ミドル部（M）、エッジ部（E）、ベリーエッジ部（VE））に分割したときのゾーン毎の加熱を可能にする。なお、ヒータ75a、75b、75c、75dは、載置台12の面内を複数のゾーンに分けてゾーン毎に加熱する第1の加熱機構の一例である。また、ヒータ75eは、フォーカスリングを加熱する第2の加熱機構の一例である。本実施形態では、載置台12の面内を4つのゾーンに分けて温度制御するが、ゾーン数は4つに限らず、1つでもよいし、2つ以上でもよい。ヒータ75の分割数は、ゾーン数及びフォーカスリング18の有無に対応させて決定することができる。また、各ゾーンの形状は、円状や環状以外であってもよい。

【0021】

載置台 1 2 の内部には冷媒管 7 0 が形成されている。チラーユニット 7 1 から供給された冷媒（以下、「ブライン（Brine）」ともいう。）は冷媒管 7 0 及び冷媒循環管 7 3 を循環し、載置台 1 2 を冷却する。ブラインを冷媒管 7 0 に供給する機構は、載置台 1 2 を冷却する冷却機構の一例である。

【0022】

かかる構成により、載置台 1 2 は、ヒータ 7 5 a、7 5 b、7 5 c、7 5 d、7 5 e がそれぞれ埋め込まれたゾーン毎に独立して加熱されるとともに、所定温度のブラインが載置台 1 2 内の冷媒管 7 0 を流れることにより冷却される。これにより、ウェハ W が所望の温度に調整される。また、静電チャック 4 0 の上面とウェハ W の裏面との間には、伝熱ガス供給ライン 7 2 を介してヘリウム（He）ガス等の伝熱ガスが供給される。

10

【0023】

制御部 5 0 は、CPU 5 1、ROM（Read Only Memory）5 2、RAM（Random Access Memory）5 3 及び HDD（Hard Disk Drive）5 4 を有する。CPU 5 1 は、ROM 5 2、RAM 5 3 又は HDD 5 4 の記録部に記録されたレシピに設定された手順に従い、エッチング等のプラズマ処理を行う。また、記録部には、後述されるデータテーブル等の各種データが記録される。制御部 5 0 は、ヒータ 7 5 による加熱機構やブラインによる冷却機構の温度を制御する。

【0024】

かかる構成のプラズマ処理装置 1 においてエッチング等のプラズマ処理を行う際には、まず、ウェハ W が、ゲートバルブ 3 0 からチャンバ 1 0 内に搬入される。ウェハ W は、静電チャック 4 0 上に載置される。ゲートバルブ 3 0 は、ウェハ W を搬入後に閉じられる。チャンバ 1 0 内の圧力は、排気装置 2 8 により設定値に減圧される。静電チャック 4 0 の電極 4 0 a に直流電圧源 4 2 からの電圧を印加することで、ウェハ W は、静電チャック 4 0 上に静電吸着される。

20

【0025】

所定のガスがガスシャワーヘッド 3 8 からシャワー状にチャンバ 1 0 内に導入され、所定パワーのプラズマ励起用の高周波電力 HF が載置台 1 2 に印加される。導入されたガスが高周波電力 HF により電離及び解離することによりプラズマが生成され、プラズマの作用によりウェハ W にエッチング等のプラズマ処理が施される。載置台 1 2 には、イオン引き込み用の高周波電力 LF が印加されてもよい。プラズマエッチング終了後、ウェハ W はチャンバ 1 0 外に搬出される。

30

【0026】

〔高周波電力と入熱量との関係を示すグラフの作成例〕

次に、本実施形態に係る温度制御を行うための高周波電力と入熱量との関係を示す関係式について、図 2 のグラフを参照しながら説明する。図 2 は、高周波電力と入熱量との関係を示す関係式を図示したグラフの一例を示す。高周波電力と入熱量との関係を示す関係式を図示したグラフの作成は以下の手順で行われる。

【0027】

まず、プラズマ励起用の高周波電力 HF 及びイオン引き込み用の高周波電力 LF が載置台 1 2 に印加されたときの静電チャック 4 0 の温度が温度センサ 7 7 により測定される。測定された温度は、制御部 5 0 に送信される。プラズマ励起用の高周波電力 HF 及びイオン引き込み用の高周波電力 LF の上昇に対応して、測定された温度に応じたプラズマからの入熱量をプロットすることで、高周波電力と入熱量との関係を示すグラフが作成される。

40

【0028】

図 2 の例では、プラズマ励起用の高周波電力 HF 及びイオン引き込み用の高周波電力 LF の合計電力値 x を横軸に示し、測定された温度に応じた入熱量 y を縦軸に示す。これにより、高周波電力に対する入熱量が定量化できる。図 2 の関係式 $y_2 = 0.0097x_2$ は、載置台 1 2 のセンター部（C）、ミドル部（M）、エッジ部（E）、ベリーエッジ部（VE）における高周波電力 x_2 に対する入熱量 y_2 を示す。関係式 $y_1 = 0.0112$

50

x_1 は、フォーカスリング 18 における高周波電力 x_1 に対する入熱量 y_1 を示す。

【0029】

図 2 の R^2 は、関係式 $y_1 = 0.0112x_1$ 、関係式 $y_2 = 0.0112x_2$ の信頼性を示す値であり、各プロットに基づき最小二乗法を用いて導いた直線 y_1 、 y_2 の信頼性を算出した結果を表す。 R^2 が 1 に近づく程関係式 y_1 、 y_2 の信頼性が高いことを示す。これによれば、関係式 y_1 、 y_2 の信頼性が高いことがわかる。

【0030】

なお、図 2 に示す高周波電力と入熱量との関係を示す関係式 y_1 、 y_2 は、所定のプロセスにおけるエッチングにおいて得られた結果の一例である。そのエッチングでは、プラズマ処理装置 1 内の圧力が 40 mT (5.33 Pa) に制御され、プラズマ処理装置 1 内に四フッ化炭素 (CF_4) ガス及びアルゴン (Ar) ガスが供給され、高周波電力 HF, LF が印加される。このようなプロセス条件において生成されるプラズマによってエッチングが実行されたときの温度センサ 77 の測定値に基づき関係式 y_1 、 y_2 が導かれる。このように、図 2 の高周波電力と入熱量との関係を示す関係式は一つのプロセス条件に基づき作成された高周波電力と入熱量との関係を示すにすぎない。

【0031】

したがって、他のプロセス条件において、プラズマ処理装置 1 にてエッチングが実行されたときの温度センサ 77 の測定値を使用して高周波電力と入熱量との関係を示す他の関係式を導くことができる。

【0032】

また、高周波電力と入熱量との関係を示す関係式は、ガス種、圧力、ガス流量等のプロセス条件が異なると異なってくる。例えば、プラズマからの入熱量は、プラズマの電子密度、プラズマのイオン密度、イオンを引き込む高周波電力 LF 及びプラズマを生成する高周波電力 HF 等の値によって決まる。例えばガス種が異なると生成されるイオンの大きさが異なるため、プラズマからの入熱量が変化する。つまり、ガス種はプラズマからの入熱量を変化させる要因となる。同様に圧力もプラズマからの入熱量を変化させる要因となる。さらに、ガスシャワーヘッド 38 から供給するガスがホットガスである場合、ホットガスがプラズマ以外からの入熱量となる。

【0033】

このため、高周波電力 HF, LF と入熱量との関係を示す関係式を測定によりプロセス毎に求め、生成したデータテーブルを予め記録部に記録する。また、ホットガスの流量と入熱量との関係を示す関係式を測定により求め、生成したデータテーブルを予め記録部に記録してもよい。

【0034】

図 2 の高周波電力と入熱量との関係式 y_1 、 y_2 は、プラズマ励起用の高周波電力 HF 及びイオン引き込み用の高周波電力 LF の合計電力値と入熱量との関係を示す。しかしながら、これに限らず、プラズマ励起用の高周波電力 HF と入熱量との関係を示す関係式を導出してもよい。また、イオン引き込み用の高周波電力 LF と入熱量との関係を示す関係式を導出してもよい。なお、本実施形態では、プラズマ励起用の高周波電力 HF は載置台 12 に印加されるが、これに限らず、プラズマ励起用の高周波電力 HF は、ガスシャワーヘッド 38 に印加されてもよい。

【0035】

このようにして作成された高周波電力と入熱量との関係を示す関係式のデータテーブルは、本実施形態に係る温度制御方法が実行される前に収集され、記録部が RAM 53 又は HDD 54 等に保存し、管理する。データテーブルに記録される関係式 y_2 は、プラズマ処理装置 1 に印加される高周波電力と載置台 12 への入熱量との関係を示す第 1 の関係情報の一例である。記録部に記録される関係式 y_1 は、プラズマ処理装置 1 に印加される高周波電力とフォーカスリングへの入熱量との関係を示す第 2 の関係情報の一例である。

【0036】

制御部 50 は、記録部に記録されている多数の関係式から、次に実行するプラズマ処理

のプロセス条件に合致した関係式を選択し、載置台 1 2 の温度制御に使用する。

【0037】

実際のエッチング等のプラズマ処理において、高周波電力 HF, LF がオンされた場合、関係式 y_1 、 y_2 にて算出される入熱量分だけヒータ 7 5 とブラインとの温度差が少なくなる。ヒータ 7 5 の出力値はブラインとヒータ 7 5 との温度差に応じて決定される。つまり、ヒータ 7 5 とブラインとの温度差が少なくなるとヒータ 7 5 の出力が低下する。ヒータ 7 5 の出力値が「0」になるとヒータ 7 5 の制御が不能になり、ウェハ W の温度制御が困難になる。よって、ウェハ W の温度制御が困難になることを回避するために、ヒータ 7 5 の出力値を「0」よりも大きくする必要がある。よって、本実施形態にかかる温度制御方法では、高周波電力 HF, LF が印加されてヒータ 7 5 とブラインとの温度差が減少した分、ヒータ 7 5 の出力値を変更させてブラインとヒータ 7 5 との温度差を確保する。これにより、ヒータ 7 5 の出力値が「0」になることによるヒータ 7 5 の制御不能を回避できる。以下の温度制御では、前提としてブラインの温度はヒータ 7 5 の温度よりも低く制御するようになっている。

10

【0038】

〔載置台の温度制御処理例〕

本実施形態にかかる温度制御方法では、ブラインとヒータ 7 5 との温度差を確保するために、ヒータ 7 5 の出力値を変更させる。本実施形態にかかる温度制御処理の一例について、図 3 のフローチャートを参照しながら説明する。

【0039】

図 3 の処理が開始されると、制御部 5 0 は、高周波電力と入熱量との関係式（関係情報）を記録したデータテーブルを取得する（ステップ S 1 0）。記録部に複数のデータテーブルが記録されている場合、制御部 5 0 は、次に実行するプラズマ処理のプロセス条件に合致したデータテーブルを選択する。これにより、例えば図 2 に示すデータテーブルが選択されたとする。

20

【0040】

次に、制御部 5 0 は、図 2 に示す関係式 $y_2 = 0.0112x_2$ に基づきプロセスレシピに設定されている高周波電力 HF, LF の合計電力値に対する第 1 の入熱量を算出する（ステップ S 1 2）。例えば、高周波電力 HF, LF の合計電力値が 2 0 0 0 W の場合、第 1 の入熱量は 2 0 °C と算出される。

30

【0041】

図 3 に戻り、次に、制御部 5 0 は、ブラインとセンター部、ミドル部、エッジ部、ベリエッジ部のヒータ 7 5 a、7 5 b、7 5 c、7 5 d との設定温度の差分が第 1 の入熱量に応じた温度差になるように各部のヒータ 7 5 の温度を制御する（ステップ S 1 4）。

【0042】

例えば、図 4（a）及び（b）は、高周波電力 HF, LF がオフの場合のブライン（Brine）に対するセンター部（C）、ミドル部（M）、エッジ部（E）、ベリエッジ部（VE）及びフォーカスリングの温度制御用のオペレーションマップの一例を示す。図 4（b）は、図 4（a）に示したブラインとヒータ 7 5 との温度差に応じたセンター部（C）、ミドル部（M）、エッジ部（E）、ベリエッジ部（VE）のそれぞれに取り付けられたヒータ 7 5 の温度制御範囲を示すオペレーションマップの一例である。

40

【0043】

高周波電力 HF, LF がオフされている場合、プラズマからの入熱量は「0」である。この場合、図 4（a）に一例を示すように、制御部 5 0 が設定する載置台 1 2 の面内のミドル部、エッジ部、ベリエッジ部の温度は、温度センサ 7 7 により測定したセンター部とブラインとの温度差に基づき以下のように制御される。

・ミドル部の温度制御

（1）センター部の温度（C）が、ブラインの温度よりも 2 0 °C ～ 3 0 °C 高い場合

ミドル部の温度（M：Middle Temp.）は、センター部の温度（C：Center Temp.）よりも 0 °C ～ 2 0 °C 高い温度に制御

50

- (2) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 30℃～40℃ 高い場合
ミドル部の温度 (M) は、センター部の温度 (C) よりも 0℃～20℃ 高い温度に制御
- (3) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 40℃～50℃ 高い場合
ミドル部の温度 (M) は、センター部の温度 (C) よりも 0℃～20℃ 高い温度に制御
- (4) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 50℃～60℃ 高い場合
ミドル部の温度 (M) は、センター部の温度 (C) よりも 0℃～20℃ 高い温度に制御
- (6) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 60℃～70℃ 高い場合
ミドル部の温度 (M) は、センター部の温度 (C) よりも 0℃～10℃ 高い温度に制御
- (7) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 70℃ 高い場合
ミドル部の温度 (M) は、センター部の温度 (C) と同じ温度に制御

10

・エッジ部の温度制御 (Edge Temp.)

上記 (1)～(7) のいずれの場合においても、以下の式に基づきエッジ部の温度 (E) が制御される。

【0044】

$(3 \times \text{ミドル部の温度 (M)} + \text{ベリーエッジ部の温度 (VE)}) / 4$

・ベリーエッジ部の温度制御

- (1) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 20℃～30℃ 高い場合
ベリーエッジ部の温度 (VE: Very Edge Temp.) は、ミドル部の温度 (M) と同じ温度に制御
- (2) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 30℃～40℃ 高い場合
ベリーエッジ部の温度 (VE) は、ミドル部の温度 (M) よりも 0℃～10℃ 高い温度に制御
- (3) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 40℃～50℃ 高い場合
ベリーエッジ部の温度 (VE) は、ミドル部の温度 (M) よりも 0℃～20℃ 高い温度に制御
- (4) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 50℃～60℃ 高い場合
ベリーエッジ部の温度 (VE) は、ミドル部の温度 (M) よりも 0℃～20℃ 高い温度に制御
- (6) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 60℃～70℃ 高い場合
ベリーエッジ部の温度 (VE) は、ミドル部の温度 (M) よりも 0℃～10℃ 高い温度に制御
- (7) センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 70℃ 高い場合
ベリーエッジ部の温度 (VE) は、ミドル部の温度 (M) と同じ温度に制御

20

30

・フォーカスリングの温度制御 (Focus Ring Temp.)

ブラインの温度よりも 20℃ 以上高い温度であって最大値が 120℃ になるように制御
制御部 50 は、センター部～ベリーエッジ部のヒータ 75a～75d とブラインとの温度差を 70℃ 以下に制御する。

【0045】

また、制御部 50 は、センター部のヒータ 75a とベリーエッジ部のヒータ 75d との温度差を 30℃ 以下に制御する。

40

【0046】

以上から、図 4 (b) のオペレーションマップに示すように、センター部 (C) の基準温度に対して、ミドル部 (M)、エッジ部 (E)、ベリーエッジ部 (VE) の温度の下限値は白丸のうちの最小値、上限値は黒丸のうちの最大値に示す範囲で各部の温度制御が行われる。

【0047】

例えば、センター部の温度 (C) が、ブラインの温度よりも 20℃～30℃ 高い場合、センター部 (C) に取り付けられたヒータ 75a の設定温度は、ブラインの温度よりも 20℃ 高くなるように制御される。また、ミドル部 (M)、エッジ部 (E)、ベリーエッジ部 (VE) のそれぞれに取り付けられたヒータ 75b、75c、75d の設定温度は、ブ

50

ラインの温度よりも $20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御される。

【0048】

また、センター部の温度（C）が、ブラインの温度よりも $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 高い場合、センター部（C）に取り付けられたヒータ75aの設定温度は、ブラインの温度よりも 30°C 高くなるように制御される。また、ミドル部（M）に取り付けられたヒータ75bの設定温度は、ブラインの温度よりも $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御される。また、エッジ部（E）に取り付けられたヒータ75cの設定温度は、ブラインの温度よりも $30^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御される。また、ベリーエッジ部（VE）に取り付けられたヒータ75dの設定温度は、ブラインの温度よりも $30^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御される。

10

【0049】

しかしながら、高周波電力HF、LFがオン（印加）された場合、プラズマから載置台12への入熱量が発生するため、ヒータ75の出力が低下し、ブラインとヒータ75との温度差が小さくなり、ヒータ75の温度制御が不安定となることがある。これに対して、本実施形態では、プラズマからの入熱量に基づきヒータ75の温度を制御することでヒータ75及びブラインの温度制御の安定性を確保する。

【0050】

その一例として高周波電力HF、LFの合計電力値が1000Wの場合のヒータ75の温度制御方法について、図5を参照しながら説明する。図5（a）及び（b）は、高周波電力HF、LFの合計電力値が1000Wの場合のブラインに対するセンター部（C）、ミドル部（M）、エッジ部（E）、ベリーエッジ部（VE）及びフォーカスリング18の温度制御用のオペレーションマップの一例を示す。図5（b）は、図5（a）に示したブラインとヒータ75との温度差に応じたセンター部（C）、ミドル部（M）、エッジ部（E）、ベリーエッジ部（VE）のそれぞれに取り付けられたヒータ75の温度制御範囲を示すオペレーションマップの一例である。

20

【0051】

制御部50は、図2に示す関係式 $y_2 = 0.0097x_2$ に基づき高周波電力HF、LFの合計電力値が1000Wの場合、プラズマからの入熱量により載置台12内のヒータ75a、75b、75c、75dに入力される温度を 10°C と算出する。

【0052】

この結果、制御部50は、図5（a）及び（b）に示すように、センター部（C）～ベリーエッジ部（VE）の各部のヒータ75とブラインとの温度差を図4（a）及び（b）の高周波電力HF、LFがオフされている場合の温度差 $+10^{\circ}\text{C}$ の温度差で制御する。つまり、図4に示すセンター部のヒータ75aとブラインとの温度差が 10°C 刻みに設定されたオペレーションマップの 10°C 刻みの温度制御帯を一つ右側にシフトさせた図5のオペレーションマップを生成する。これにより、制御部50は、図5のオペレーションマップを用いて、高周波電力HF、LFがオフされている場合の温度差 $+10^{\circ}\text{C}$ の温度差で各部のヒータ75の温度を制御することができる。これにより、プラズマからの入熱量を考慮したヒータ75とブラインとの温度差が得られるようにヒータ75の温度が制御され、ヒータ75及びブラインの温度制御が不安定になることを回避できる。

30

40

【0053】

同様にして、高周波電力HF、LFの合計電力値が2000Wの場合のブラインに対するセンター部（C）～ベリーエッジ部（VE）の温度制御用のオペレーションマップの一例を図6（a）及び（b）に示す。制御部50は、各部のヒータ75とブラインとの温度差が図4（a）及び（b）に示す高周波電力HF、LFがオフされている場合の温度差に、図2のグラフに基づき 20°C を加算した値になるように各部のヒータ75の温度を制御する。その際、制御部50は、図4のオペレーションマップの 10°C 刻みの温度制御帯を二つ右側にシフトさせた図6のオペレーションマップを生成する。そして、制御部50は、図6のオペレーションマップに基づく設定温度に各部のヒータ75の温度を制御する。

【0054】

50

同様にして、高周波電力HF、LFの合計電力値が3000Wの場合のブラインに対するセンター部(C)～ベリーエッジ部(VE)の温度制御用のオペレーションマップの一例を図7(a)及び(b)に示す。制御部50は、各部のヒータ75とブラインとの温度差が図4(a)及び(b)に示す高周波電力HF、LFがオフされている場合の温度差に、図2のグラフに基づき30℃を加算した値になるように各部のヒータ75の温度を制御する。その際、制御部50は、図4のオペレーションマップの10℃刻みの温度制御帯を三つ右側にシフトさせた図7のオペレーションマップを生成する。そして、制御部50は、図7のオペレーションマップに基づく設定温度に各部のヒータ75の温度を制御する。

【0055】

同様にして、高周波電力HF、LFの合計電力値が4000Wの場合のブラインに対するセンター部(C)～ベリーエッジ部(VE)の温度制御用のオペレーションマップの一例を図8(a)及び(b)に示す。制御部50は、各部のヒータ75とブラインとの温度差が図4(a)及び(b)に示す高周波電力HF、LFがオフされている場合の温度差に、図2のグラフに基づき40℃を加算した値になるように各部のヒータ75の温度を制御する。その際、制御部50は、図4のオペレーションマップの10℃刻みの温度制御帯を四つ右側にシフトさせた図8のオペレーションマップを生成する。そして、制御部50は、図8のオペレーションマップに基づく設定温度に各部のヒータ75の温度を制御する。

【0056】

これにより、ブラインとヒータ75との温度差が、高周波電力HF、LFがオフされている場合のブラインとヒータ75との温度差にプラズマからの入熱量に対応する温度を加算した値になるように各部のヒータ75の温度を制御することができる。この結果、ヒータ75とブラインとの温度差が小さくなることにより生じる制御の不安定を回避できる。

【0057】

なお、図5～図8に示すオペレーションマップによる温度制御の場合、図4に示す温度制御と同様に、制御部50は、センター部～ベリーエッジ部のヒータ75a～75dとブラインとの温度差を70℃以下に制御する。また、制御部50は、センター部のヒータ75aとベリーエッジ部のヒータ75dとの温度差を30℃以下に制御する。

【0058】

さらに、本実施形態では、制御部50は、図2のグラフの関係式 $y_1 = 0.0112x_1$ に基づき、高周波電力HF、LFの合計電力値に対するフォーカスリング18への入熱量を算出する。制御部50は、ブラインの温度に、算出結果に基づく温度を加算した値以上であって最大値が120℃を超えないようにフォーカスリング18の温度を制御してもよい。

【0059】

図3では、ステップS16において、制御部50は、図2のグラフの関係式 $y_1 = 0.0112x_1$ に基づき、高周波電力HF、LFの合計電力値に対するフォーカスリング18への第2の入熱量を算出する。

【0060】

なお、図5～図8に示すオペレーションマップによれば、高周波電力HF、LFの合計電力値が1000Wの場合、制御部50は、フォーカスリング18の温度を、ブラインの温度よりも35℃以上高い温度であって最大値が120℃になるように制御する(図5)。高周波電力HF、LFの合計電力値が2000Wの場合、制御部50は、フォーカスリング18の温度を、ブラインの温度よりも45℃以上高い温度であって最大値が120℃になるように制御する(図6)。高周波電力HF、LFの合計電力値が3000Wの場合、制御部50は、フォーカスリング18の温度を、ブラインの温度よりも55℃以上高い温度であって最大値が120℃になるように制御する(図7)。高周波電力HF、LFの合計電力値が4000Wの場合、制御部50は、フォーカスリング18の温度を、ブラインの温度よりも65℃以上高い温度であって最大値が120℃になるように制御する(図8)。

【0061】

次に、制御部 50 は、ブラインとフォーカスリング 18 のヒータ 75 d との温度差が第 2 の入熱量に応じた温度差になるようにヒータ 75 d の温度を制御する（ステップ S 18）。そして、本処理を終了する。

【0062】

高周波電力 HF, LF がオンされた場合、プラズマからの入熱量が発生するため、ヒータ 75 の出力が低下し、ブラインとヒータ 75 との温度差が小さい領域においてヒータ 75 の温度制御が不安定になることがある。これらの温度制御を安定させるには、従来、ヒータ 75 の温度とブラインの温度とを別々に制御する必要があり、煩雑であった。これに対して、本実施形態では、高周波電力と入熱量との関係を示すデータテーブルを予め作成し、高周波電力と入熱量との関係を示すデータテーブルに基づき、プラズマからの入熱量に応じたヒータ 75 の温度制御範囲を予想することができる。これにより、ヒータ 75 及びブラインの温度制御の安定性を確保できる。

【0063】

上記の実施形態では、ヒータ 75 とブラインとの所定以上の温度差を確保するために、ヒータ 75 の温度が制御された。しかしながら、制御部 50 は、ヒータ 75 の温度制御に替えてブラインの温度を制御してもよいし、ヒータ 75 とブラインとの温度を両方制御してもよい。つまり、ヒータ 75 の温度及びブラインの温度の少なくともいずれかを制御することで、ヒータ 75 とブラインとの温度差が小さくなりすぎないようにすることができ、プラズマからの入熱量を考慮してヒータ 75 及びブラインの温度制御の安定性を確保できる。

【0064】

ブラインの温度を制御する場合の一例としては、チラーユニット 71 に高温ブライン層と低温ブライン層とを設け、これらの層を切り替えることで高速にブラインの温度制御を行う方法が挙げられる。

【0065】

上記の実施形態では、センター部 (C) とブラインとの温度差を基準にしてオペレーションマップが生成された。しかしながら、オペレーションマップの生成は、これに限らずミドル部 (M)、エッジ部 (E)、ベリーエッジ部 (VE) のいずれかとブラインとの温度差を基準にしてオペレーションマップを生成してもよい。オペレーションマップは、高周波電力と入熱量との関係を示す関係式から自動で生成可能である。

（入熱量との関係を示すグラフの他の例）

最後に、入熱量との関係を示す関係式を図示したグラフの他の例について説明する。図 9 は、高周波電力 HF, LF の合計電力値とプラズマからの入熱量との関係式を図示したグラフの他の例を示す。図 2 は、載置台 12 のセンター部～ベリーエッジ部に対する入熱量を同じとして、関係式 y_2 により高周波電力 HF, LF の合計電力値と入熱量との関係を示す。これに対して、図 9 は、載置台 12 のセンター部からエッジ部に対する入熱量を同じとして、関係式 y_2 により高周波電力 HF, LF の合計電力値と入熱量との関係を示す。ベリーエッジ部に対しては、関係式 y_3 により高周波電力 HF, LF の合計電力値と入熱量の関係が示される。これにより、ブラインの冷媒管 70 の位置によりセンター部～エッジ部へのプラズマからの入熱量よりもベリーエッジ部への入熱量が高くなる場合を考慮してヒータ 75 の温度制御をより精度よく行うことができる。

【0066】

上記の実施形態では、高周波電力 HF, LF の印加によるプラズマからの入熱量の変化に基づきヒータ 75 の温度を制御し、他の要因による入熱量の変化は考慮しなかった。しかしながら、本実施形態の温度制御方法は、高周波電力のみならず、ホットガス等のプラズマ以外に入熱量を考慮してヒータやブラインを温度制御してもよい。この場合、ホットガス等と入熱量との関係を示すデータテーブルを予め作成し、ホットガス等と入熱量との関係を示す関係式に基づき、プラズマ以外からの入熱量に応じたヒータ 75 の温度制御範囲を予想することができる。上記プラズマからの入熱量に応じたヒータ 75 の温度制御範囲と組み合わせることで、ヒータ 75 及びブラインの温度制御の安定性をより確保できる

。なお、ブラインとヒータ75とは、プラズマ処理装置に設けられた温度調整機構の一例である。

【0067】

以上、載置台の温度制御方法及びプラズマ処理装置を上記実施形態により説明したが、本発明にかかる載置台の温度制御方法及びプラズマ処理装置は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。上記複数の実施形態に記載された事項は、矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

【0068】

例えば、本発明の温度制御方法は、予め導出された高周波電力やホットガスの量と入熱量との関係を示す関係式に基づき、ヒータやブラインの温度に加え、ガスシャワーヘッド38の温度、チャンバ10の内壁やデポシールドの温度制御をすることが可能である。

10

【0069】

本発明に係る載置台の温度制御方法は、容量結合型プラズマ（CCP:Capacitively Coupled Plasma）装置だけでなく、その他のプラズマ処理装置に適用可能である。その他のプラズマ処理装置としては、誘導結合型プラズマ（ICP:Inductively Coupled Plasma）、ラジアルラインスロットアンテナを用いたプラズマ処理装置、ヘリコン波励起型プラズマ（HWP:Helicon Wave Plasma）装置、電子サイクロトロン共鳴プラズマ（ECR:Electron Cyclotron Resonance Plasma）装置等であってもよい。

【0070】

本明細書では、エッチング対象として半導体ウェハWについて説明したが、LCD（Liquid Crystal Display）、FPD（Flat Panel Display）等に用いられる各種基板や、フォトマスク、CD基板、プリント基板等であっても良い。

20

【符号の説明】

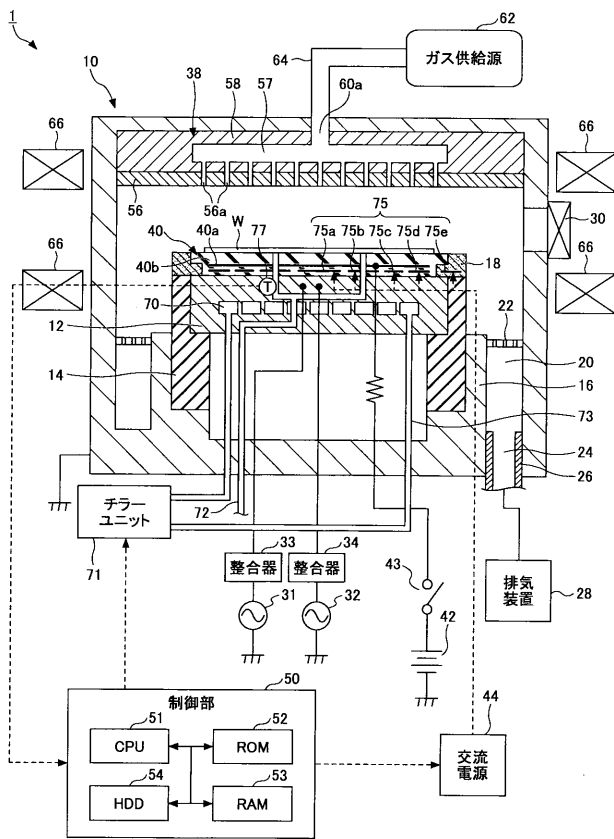
【0071】

- 1：プラズマ処理装置
- 10：チャンバ
- 12：載置台（下部電極）
- 18：フォーカスリング
- 28：排気装置
- 31：第1高周波電力
- 32：第2高周波電力
- 38：ガスシャワーヘッド（上部電極）
- 40：静電チャック
- 44：交流電源
- 47：給電線
- 50：制御部
- 62：ガス供給源
- 70：冷媒管
- 71：チラーユニット
- 75：ヒータ
- 77：温度センサ

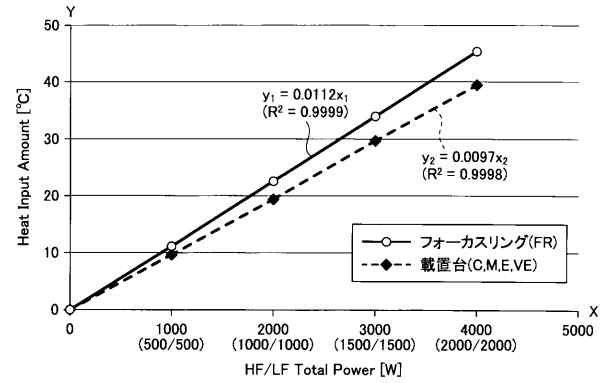
30

40

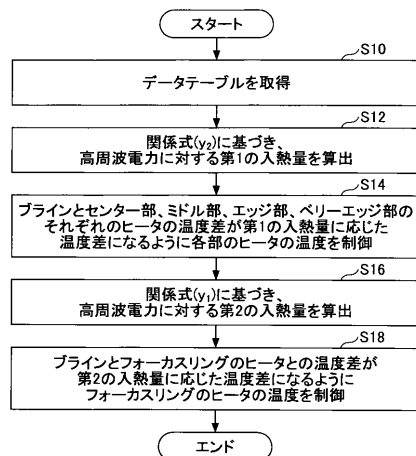
【図 1】



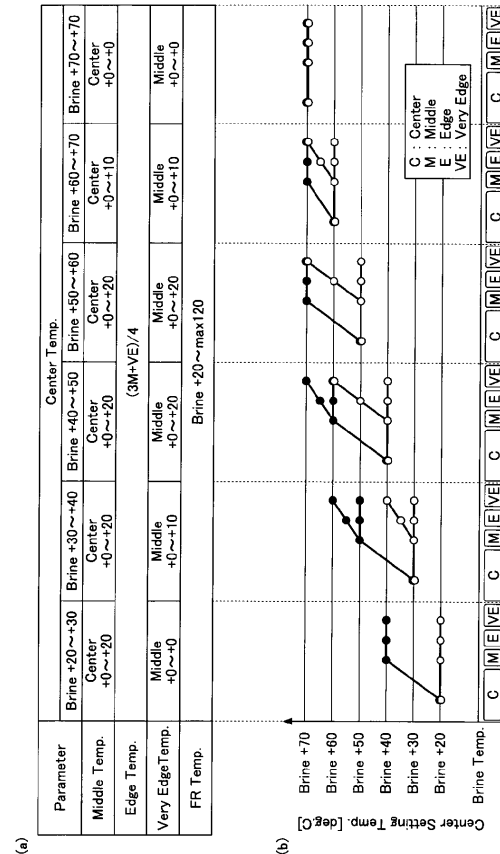
【図 2】



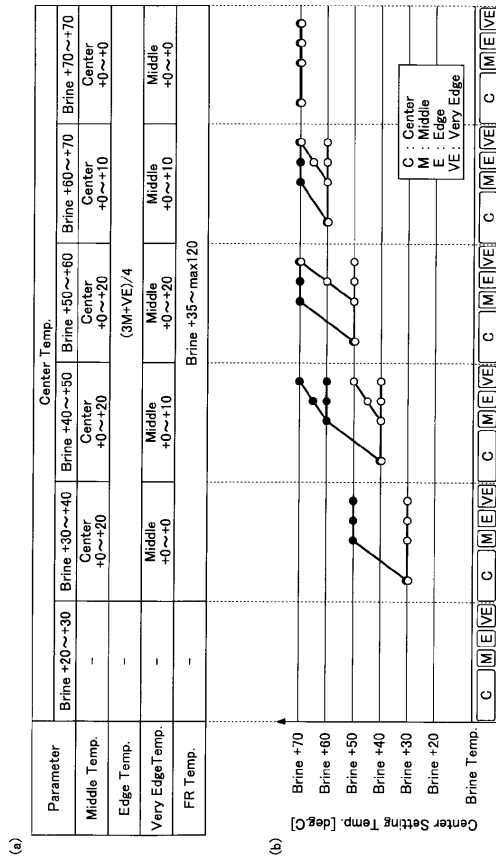
【図 3】



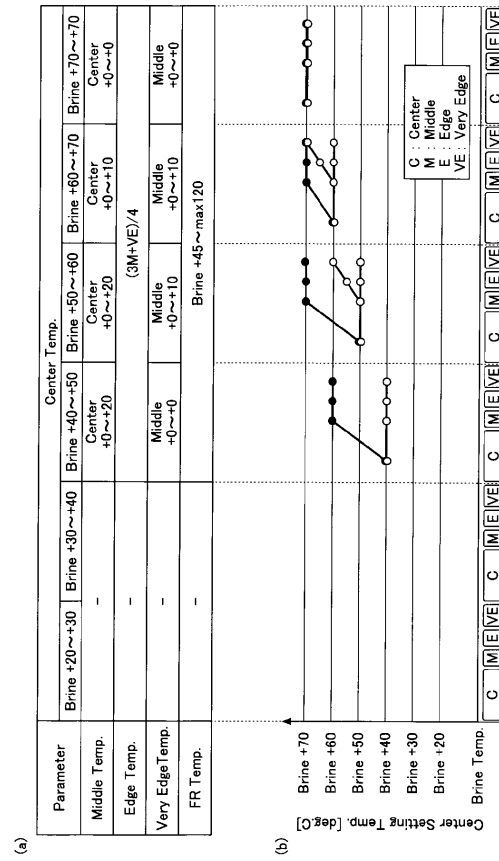
【図 4】



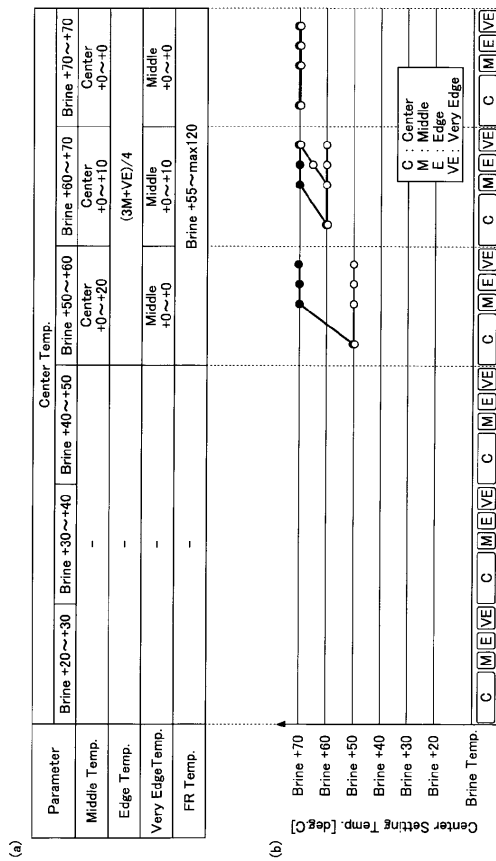
【 5 】



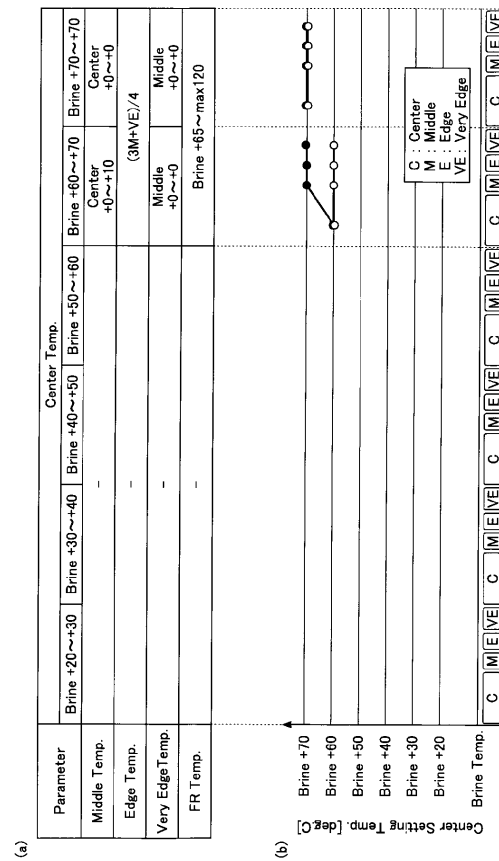
【 6 】



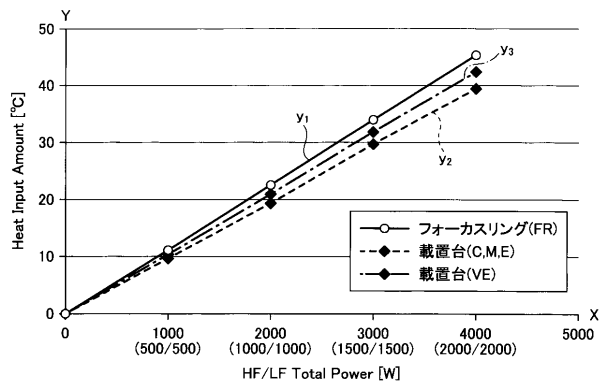
【 7 】



【 8 】



【図 9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G084 AA02 CC05 CC12 CC13 CC14 CC15 CC17 CC33 DD02 DD15
DD23 DD24 DD38 DD55 FF15 FF27 FF28
5F004 BA04 BB13 BB18 BB22 BB25 BB26
5H323 AA01 BB17 CA09 CB02 CB22 CB44 DA01 FF01 GG01 KK05