

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3764278号
(P3764278)**

(45) 発行日 平成18年4月5日(2006.4.5)

(24) 登録日 平成18年1月27日(2006.1.27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 6 7

G O 3 F 7/16 (2006.01)

G O 3 F 7/16 5 0 1

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平10-197465	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成10年7月13日(1998.7.13)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2000-31017(P2000-31017A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成12年1月28日(2000.1.28)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成16年5月26日(2004.5.26)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100068814
			弁理士 坪井 淳
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板加熱装置、基板加熱方法及び基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板を加熱する熱板と、この熱板上に被処理基板を保持する基板保持手段と、前記熱板上空の気流が熱板表面に沿って一方向に生じるようにする気流生成手段と、前記熱板に設けられ、リング状の発熱部が配置された第1の発熱構成部及び第1の発熱構成部の内側に配置され気流上流側での発熱量が気流下流側での発熱量よりも多くなるように構成された第2の発熱構成部からなる発熱手段とを有することを特徴とする基板加熱装置。

【請求項2】

被処理基板を加熱する熱板と、この熱板上に被処理基板を保持する基板保持手段と、前記熱板上空の気流が熱板表面に沿って一方向に生じるようにする気流生成手段と、前記熱板に設けられ、リング状の発熱部が配置された第1の発熱構成部及び発熱部が気流上流側から気流下流側に向かって複数配置された第2の発熱構成部からなる発熱手段とを有することを特徴とする基板加熱装置。

【請求項3】

前記基板保持手段は、保持される被処理基板の中心が前記リング状の発熱部からなる第1の発熱構成部の中心よりも気流下流側になるように構成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の基板加熱装置。

【請求項4】

請求項1又は2に記載の基板加熱装置を用い、前記発熱手段によって加熱される熱板の温度が気流上流側よりも気流下流側の方で低くなるようにして前記熱板上に保持された被処

10

20

理基板を加熱することを特徴とする基板加熱方法。

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 に記載の基板加熱装置を用い、前記発熱手段によって加熱される熱板の温度が、該熱板上に被処理基板を載置する前は被処理基板の処理温度よりも高い所定の温度となるようにし、該熱板上に被処理基板を載置した後は前記所定の温度よりも低くなるようにすることを特徴とする基板加熱方法。

【請求項 6】

前記発熱手段の発熱量は、被処理基板上空に設けられた温度測定手段の測定結果に基づいて設定されることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の基板加熱方法。

【請求項 7】

前記温度測定手段は、被処理基板表面に光を照射する光照射部と、この光照射部から照射された光の被処理基板からの反射光の強度を測定する反射光測定部とからなり、反射光測定部で測定される被処理基板表面の表面材料の膜厚変動又は吸光度変動に基づく反射率変化から該表面材料の反応量を求め、この反応量が所定の反応量になるように制御を行うことにより、前記発熱手段の発熱量が設定されることを特徴とする請求項 6 に記載の基板加熱方法。

【請求項 8】

請求項 1 又は 2 に記載の基板加熱装置を用い、前記発熱手段により前記熱板上に載置された被処理基板の加熱処理を行った後、基板昇降手段により被処理基板を持ち上げ被処理基板を傾けて放置することを特徴とする基板加熱方法。

【請求項 9】

被処理基板上に形成された感光性膜を所定の方向に転写領域を移動させながら露光してパターンを転写する工程と、この感光性膜にパターンが転写された被処理基板を熱板上に保持する工程と、この熱板上に保持された被処理基板を前記感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布が生じるように加熱する工程とを有することを特徴とする基板処理方法。

【請求項 10】

前記被処理基板を感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布が生じるように加熱する工程は、前記熱板を加熱するとともに前記感光性膜の最初に露光された領域から最後に露光された領域に向かって前記被処理基板上空に気流を生じさせることを行うことを特徴とする請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 11】

前記被処理基板を感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布が生じるように加熱する工程は、前記感光性膜の最初に露光された領域から最後に露光された領域に向かって前記被処理基板の温度が高くなるように前記熱板に温度分布を持たせて加熱することを行うことを特徴とする請求項 9 に記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板加熱装置、基板加熱方法及び基板処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

基板の加熱処理（特にレジストを塗布した基板の加熱処理）を行う加熱装置では、加熱の際に発生するガスや微粒子が天板に付着しないようにするため、加熱装置の天板下部に気流を生じさせる必要があり、従来は被処理基板周囲から気体を導入し天板の中心上部から排気する方式が広く用いられていた。しかしながら、この方式では全体の構成が厚くなってしまうという問題がある。

【0003】

また、従来の加熱装置では、ヒーター等を備えた下部ハウジングにヒーター等の熱を被処理基板に伝達するための熱板（均熱板）を設け、この均熱板の厚さを 15 mm 程度と厚く

10

20

30

40

50

することで下部ハウジング表面での均熱性を得ていた。しかしながら、均熱板の厚さを厚くすると、良好な均熱性は得られるものの、熱応答性が悪くなるという問題がある。熱応答性を改善するためには均熱板の厚さを薄くすればよいが、逆に良好な均熱性を得ることが難しくなる。均熱性を得るためにヒーターを分割する提案もなされているが（例えば、特開平4-239120号公報）、天板下部の気流の影響に対して十分な考慮がはかられておらず、基板面内の良好な面内均熱性を得ることは困難である。

【0004】

気流に対する温度補正という観点からは、CVDプロセスにいくつかの対応例が見られるが（例えば、特開平9-237764号公報、特開平4-325683号公報）、被処理基板上部における原料ガスの分解反応を均一に起こすことを目的とするものであり、基板自体の温度の面内均一性については十分な配慮はなされていない。

10

【0005】

一方、化学増幅型レジストを塗布した基板の露光後の加熱工程では、熱供給の均一性に厳しい精度が求められている。化学増幅型レジストを用いた場合、室温であっても加熱工程で生じる酸拡散反応が露光直後からゆっくりとした速度で進行する。しかしながら、従来の加熱方式では、このような室温においても生じる酸拡散反応による誤差を取り除くことができなかった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

以上述べたように、従来の加熱装置では、基板面内での良好な均熱性を得ることが困難であった。また、従来はレジスト塗布後の酸拡散反応に起因する誤差を十分に補正することが困難であった。

20

【0007】

本発明は上記従来の課題に対してなされたものであり、その第1の目的は基板面内での良好な均熱性を得ることが可能な基板加熱装置及び加熱方法を提供することにある。第2の目的はレジスト塗布後の酸拡散反応に起因する誤差を十分に補正することが可能な基板処理方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る基板加熱装置は、被処理基板を加熱する熱板と、この熱板上に被処理基板を保持する基板保持手段と、前記熱板上空の気流が熱板表面に沿って一方向に生じるようにする気流生成手段と、前記熱板に設けられ、リング状の発熱部が配置された第1の発熱構成部及び第1の発熱構成部の内側に配置され気流上流側での発熱量が気流下流側での発熱量よりも多くなるように構成された第2の発熱構成部からなる発熱手段とを有することを特徴とする（請求項1）。

30

【0009】

また、本発明に係る基板加熱装置は、被処理基板を加熱する熱板と、この熱板上に被処理基板を保持する基板保持手段と、前記熱板上空の気流が熱板表面に沿って一方向に生じるようにする気流生成手段と、前記熱板に設けられ、リング状の発熱部が配置された（内側から外側に向かって複数配置されていることが好ましい）第1の発熱構成部及び発熱部が気流上流側から気流下流側に向かって複数配置された第2の発熱構成部からなる発熱手段とを有することを特徴とする（請求項2）。

40

【0010】

ここでいうリング状とは、リングとして閉じているものの他、リングを複数の部分に分割したものも含む。また、リングは必ずしも円状である必要はなく、楕円状、さらには四角形状等の角型形状であってもよい。

【0011】

被処理基板を熱板によって加熱する場合、基板周辺部では基板中央部よりも熱放出が多く基板温度が低下しやすい。また、熱板上空の気流が熱板表面に沿って一方向に生じる層流（層流にすることで装置の構造を薄くすることができる）では、気流上流側の方が気流下

50

流側よりも基板温度が低下しやすい。本発明によれば、発熱手段の各発熱部を独立に制御するようにし、第1の発熱構成部により主として基板周辺部での熱放出による基板温度低下を補正するとともに、第2の発熱構成部によって主として気流方向の温度分布を補正する（被処理基板中心（或いは熱板中心）よりも気流上流側での発熱量を気流下流側での発熱量よりも多くすることにより、基板面内での良好な均熱性を得ることが可能となる。したがって、例えば被処理基板表面に形成された感光性膜を均一性よく加熱することが可能となる。

【0012】

なお、第1の発熱構成部の配置パターン及び第2の発熱構成部の配置パターンは、それぞれ熱板中心を通る気流に対して対称になるように構成することが好ましい。また、第1の発熱構成部のパターン形状は被処理基板の平面形状（外周形状）に応じた形状にする（例えば、被処理基板が円形である場合には円状のリング状パターンとし、被処理基板が四角形である場合には四角形状のリング状パターンとする）ことが好ましい。また、熱板も被処理基板の形状に応じた形状にするとよい。

10

【0013】

また、熱板上空の気流を層流状態にするには、例えば気体を導入する手段によって導入量を制御する又は／及び気体を排出する手段によって排出量を制御することによって行えばよい。また、請求項1において、第2の発熱構成部を気流上流側での発熱量が気流下流側での発熱量よりも多くなるように構成する例としては、例えば第2の発熱構成部をリング状に配置し、気流上流側の発熱部のパターン数を気流下流側よりも多くする或いは気流上流側の発熱部のパターン幅を気流下流側よりも広くすることがあげられる。

20

【0014】

前記基板保持手段は、保持される被処理基板の中心がリング状の発熱部からなる第1の発熱構成部の中心よりも気流下流側になるように構成されていることが好ましい（請求項3）。気流の影響によって熱が上流から下流方向に移動するため、このように被処理基板の中心を下流側に配置することにより、より高い均熱性を得ることが可能となる。

【0015】

本発明に係る基板加熱方法は、前記基板加熱装置を用い、前記発熱手段によって加熱される熱板の温度が気流上流側よりも気流下流側の方で低くなるようにして前記熱板上に保持された被処理基板を加熱することを特徴とする（請求項4）。気流の影響により熱が上流から下流方向に移動するため、発熱手段の気流上流側での発熱量を気流下流側での発熱量よりも多くなるようにして、熱板の温度を気流上流側よりも気流下流側の方で低くなるようにする（例えば、被処理基板の中心よりも上流側では熱板の温度を被処理基板に設定すべき温度よりも高くし、被処理基板の中心よりも下流側では熱板の温度を被処理基板に設定すべき温度と同じかそれよりも低い温度にする）ことにより、より高い均熱性を得ることが可能となる。

30

【0016】

また、本発明に係る基板加熱方法は、前記基板加熱装置を用い、前記発熱手段によって加熱される熱板の温度が、該熱板上に被処理基板を載置する前は被処理基板の処理温度よりも高い所定の温度となるようにし、該熱板上に被処理基板を載置した後は前記所定の温度よりも低くなるようにすることを特徴とする（請求項5）。このように予め熱板の温度を高めに設定することで、短時間で被処理基板を所望の温度に到達させることができる。

40

【0017】

前記基板加熱方法において、発熱手段の発熱量は被処理基板上空に設けられた温度測定手段の測定結果に基づいて設定されることが好ましい（請求項6）。このように、被処理基板上空に設けられた温度測定手段を用いることで、被処理基板自体の温度を正確に測定することができるため、発熱手段の発熱量をより正確に制御することができ、被処理基板の均熱性をより高めることができる。

【0018】

例えば、温度測定手段を、被処理基板表面に光を照射する光照射部と、この光照射部から

50

照射された光の被処理基板からの反射光の強度を測定する反射光測定部とで構成し、反射光測定部で測定される被処理基板表面の表面材料の膜厚変動又は吸光度変動に基づく反射率変化から該表面材料の反応量を求め、この反応量が所定の反応量になるように制御を行うことにより、発熱手段の発熱量が設定される（請求項7）。

【0019】

また、本発明に係る基板加熱方法は、前記基板加熱装置を用い、前記発熱手段により前記熱板上に載置された被処理基板の加熱処理を行った後、基板昇降手段により被処理基板を持ち上げ被処理基板を（気流に沿って）傾けて放置することを特徴とする（請求項8）。このように被処理基板を気流に沿って傾けて放置することにより、基板全面で均一に温度を下げるができる。

10

【0020】

また、本発明に係る基板処理方法は、被処理基板上に形成された感光性膜を所定の方向に転写領域を移動させながら露光してパターンを転写する工程と、この感光性膜にパターンが転写された被処理基板を熱板上に保持する工程と、この熱板上に保持された被処理基板を前記感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布が生じるように加熱する工程とを有することを特徴とする（請求項9）。被処理基板を感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布が生じるように加熱する工程としては、以下の方法をあげることができる。

【0021】

熱板を加熱するとともに感光性膜の最初に露光された領域から最後に露光された領域に向かって被処理基板上空に気流を生じさせる（請求項10）。

20

感光性膜の最初に露光された領域から最後に露光された領域に向かって被処理基板の温度が高くなるように熱板に温度分布を持たせて加熱を行う（請求項11）。

【0022】

感光性膜として例えば化学増幅型レジストを用いた場合、常温であっても露光直後から酸拡散反応（暗反応）が進行する。そこで、感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布が生じるように被処理基板を加熱することにより、酸拡散反応による誤差を補正することができ、感光性膜の現像後のパターンの寸法制御性を向上させることができる。

【0023】

30

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

（実施形態1）

図1は、本実施形態における加熱装置の主として発熱手段の配置を示した上面図である。

【0024】

図中11は均熱板であり、基板保持手段（基板保持用のピン）15によって基板載置領域13に被処理基板（ここでは被処理基板としてシリコンウエハ（熱容量55.9 J/K）を用いる）を載置し、被処理基板を加熱するようになっている。均熱板11には熱伝導性の高いものを用いており、AlN（熱伝導率180 W/m s K）を膜厚を3 mmにしたもの（熱容量248.7 J/K）を用いている。12は均熱板11上空の気流の方向を示したものである。

40

【0025】

均熱板11の下部には発熱手段14を構成する複数の発熱部（ヒーター）が印刷技術により作成されている。各発熱部は同心円状に形成されかつそれぞれが6分割されており、発熱手段の中心を通る気流12に対して対称に形成されている。なお、発熱部の個数は説明の都合上間引いてあり、実際にはより多くの発熱部を形成することが好ましい。また、発熱手段は均熱板内部に設けるようにしてもよい。

【0026】

図1の例では、被処理基板の載置領域13の中心は発熱手段14の中心にほぼ一致しており、気流の速度が比較的遅い（10 cm/sec以下）場合には、このように両者の中心

50

をほぼ一致させてもよい。

【0027】

発熱部を円周方向に図1よりさらに多く分割したものをを用いて、図2に示すような加熱装置本体を構成し(装置のフレーム19はSUSで作製されている)、気流導入部17から導入した気体を気流排出部18から排出することにより層状の気流12を形成するようにした。

【0028】

図3は、加熱装置全体の構成を示したものである。加熱装置本体の下部ハウジングには、被処理基板16を加熱装置本体に搭載するための昇降機構21が設けられている。加熱装置本体の天板20には、被処理基板16の表面温度を計測するため石英ガラスの窓22が設けられており、このガラス越しに反射率計測端子23が設けられている。光源24から石英ガラス22を通して可視又は紫外光を感光性薄膜が形成された被処理基板16の露光部に投光し、被処理基板16で反射した光を反射率計測端子23でモニタして反射光計測部25に送出する。そして、被処理基板の表面の膜厚変動或いは吸光度変化によってもたらされる反射率変化から投光部における反応量を求める。

10

【0029】

計測された反応量に基づいて加熱状況が解析され、その解析結果に基づき、加熱装置コントローラ26から加熱部温度制御部27を介して均熱板11下部に設けられた個々の発熱手段14に必要な発熱量を生じさせる指令が送られる。発熱量の調整は電圧及び電流値を固定として、発熱手段のスイッチのオン・オフの時間を調整することで行う。また、気流によって上流側では基板から熱が奪われるため、通常は発熱手段の発熱量を気流下流側よりも気流上流側の方で多くなるように設定することが好ましい。また、被処理基板表面の温度が全体的に設定温度より高くなった場合には、被処理基板昇降部制御部28により被処理基板16を熱板11から遠ざける方向に上昇させ、被処理基板の温度が設定温度より低くなった場合には、逆に被処理基板16を熱板11に近づけるようにする。

20

【0030】

なお、被処理基板の温度を制御する方法としては、図4に示すような吸排気量制御による方法を用いてもよい。すなわち、被処理基板表面の温度が設定温度より高くなった場合には、吸排気量制御部29により排気量(または吸気量)を増大させ、被処理基板の温度が設定温度より低くなった場合には、逆に排気量(または吸気量)を減少させるようにする。

30

【0031】

図3及び図4いずれの場合においても、所望の反応量となった段階で加熱を中止する。次に、本実施形態の装置を用いて被処理基板を加熱処理した場合についてその具体例を説明する。

【0032】

被処理基板には、反射防止膜の上に化学増幅型レジストが塗布されたものをを用いた。このような被処理基板に対して、DUV露光装置を用いた露光工程でハーフピッチ150nmルールデバイスパターンを転写した。次いで、本装置を用いて設定処理温度120度で加熱処理を施した。表面温度が25度の被処理基板(シリコンウエハ)を載置したときの温度の時間変化を図5に示す。ウエハは20秒後には設定温度に到達し、その後定常状態となった。ウエハ全面についても設定温度120度に到達する時間差は1秒以内で、定常状態での均熱性 120 ± 0.2 を確保することができた。

40

【0033】

加熱処理を90秒行なった後、被処理基板をクーリングプレートに移動し、基板温度を室温まで戻した後、現像を行なってレジストパターンを形成した。従来の加熱方式を用いた場合に得られるレジストパターンの被処理基板内寸法は150nmの範囲で7%程度の分布を有していたが、本装置を用いたことで4%の分布となった。なお、現像起因の変動量が3%含まれることが確認されていたので、このことを加味すると、本加熱装置を用いることで6.3%から2.6%に改善されたことになる。

50

【0034】

上記被処理基板を用いて作成されたデバイスの線幅制御性は飛躍的に向上し、従来の加熱装置（均熱板15mm、外周リングヒーター使用）を用いた場合と比べて加工寸法の制御性が向上したことから、抵抗値のばらつきを大幅に改善することができた。

【0035】

なお、気流の速度が遅い場合には、図1に示したように、被処理基板の載置領域13の中心を発熱手段14の中心にほぼ一致させるように構成してもよいが、気流の速度が比較的高速の場合（およそ12cm/sec以上）の場合には、図6に示すように、被処理基板の搭載領域13の中心が発熱手段14の中心よりも気流下流側になるようにすることが望ましい。

10

【0036】

また、発熱手段は、図7や図8に示すような配置にすることも可能である。図7は、気流の下流側よりも上流側でヒーターの分割数を多くしたものである。このような配置にすることで、より高精度の温度制御が必要になる上流側において細分化した制御ができるため、気流が速い場合にも精度よく温度制御を行うことが可能になる。また、気流の流速が中央部で速く外側になるにしたがって遅くなるような場合には、図8に示すように、熱板表面領域における流速に対応して弓形になるような分割を行なうとよい。

【0037】

図9も発熱手段14の配置例を示したものである。最外周には被処理基板エッジ部分からの放熱を補うために、第1の発熱構成部となるリング状の発熱部（ヒーター）が4分割して配置されている。第1の発熱構成部の内側には、第2の発熱構成部として計9個の発熱部が配置されている。このように、第2の発熱構成部にはリングの一部となるパターンを用いてもよい。本例では、被処理基板を昇降させるピン41近傍を除き、発熱手段14の中央を通過する気流12を軸にとったときに左右対称に発熱部を構成し、また上流部では発熱量が多くなるように発熱部の数を多くしてある。このように、被処理基板外周部の放熱と上流側での気流による熱損失を補うように、最外周にリング状の発熱部を配置するとともに基板中心よりも上流側での発熱量が下流側よりも多くなるようなヒーター配置にしている。

20

【0038】

本例では、熱板の温度を予め被処理基板の処理温度120より少し高い122に設定し、被処理基板が載置された段階で被処理基板の表面が120となるように制御を行った。図10に示すように、このときの基板表面の温度が120に到達するまでには20秒近く要した。この原因は、均熱板の厚みが薄いため、被処理基板載置時に奪われた熱量を瞬時に補うことができないためである。この問題を克服するためには、熱板の温度を予め高めに設定することが好ましい。この場合の熱板の温度 T_x は、被処理基板の熱板搭載前の温度 T_0 、被処理基板の処理温度 T_s 、被処理基板の厚み t_s 、比熱 C_s 、密度 d_s 、熱板の厚み t 、比熱 C 、密度 d に対してほぼ

30

$$T_x \sim T_s + (t_s \cdot d_s \cdot C_s \cdot (T_s - T_0)) / (t \cdot d \cdot C)$$

となるように設定するとよい（“ \sim ”はニアリイコールを表す）。熱板の温度を予め T_x とすることで、プロキシミティーベーク（熱板と被処理基板の間に数100μm程度の僅かな隙間をあけたベーク）時においても短時間で被処理基板を所望の温度に到達させることができる。

40

【0039】

このときの温度制御は、図3及び図4の装置を用いた場合、熱板に埋め込んだ熱電対を用いた制御を併用して行う。すなわち、まず熱電対の計測値から熱板の温度が150になるよう制御する。その後、被処理基板が搭載された段階で熱板の温度を被処理基板の処理温度120となるようにする。次いで、加熱状況解析部を動作させて反応率の計測を開始する。その後は、先に示したとおり反射率に応じて加熱部温度制御部に指令を送ればよい。

【0040】

50

なお、発熱手段の分割方式や分割数は、上記したもの以外にも、気流の速度分布等により種々変形することが可能である。基本的には、発熱手段の発熱部が発熱手段の中心を通る気流に対してほぼ対称に配置されていることが好ましい。

【0041】

また、各発熱部のヒーター線は、図11に示すように折り返し形状の直列構成にしたり或いは並列構成にしたりしてもよい。このような場合、ヒーター線自体は気流に対して必ずしも対称型にはならないが、このようなヒーター線によって構成される各発熱部の配置が気流に対してほぼ対称であればよい。

【0042】

(実施形態2)

本実施形態は、化学増幅型レジストを用いた際に生じる、露光後の酸拡散反応を補正する加熱方式に関するものである。本実施形態では、発熱手段の構成を図6に示したものとし、これを図2に示した装置に装着したものをを用いた。

【0043】

被処理基板には、反射防止膜の上に化学増幅型レジストが塗布されたものをを用いた。このような被処理基板に対して、DUV露光装置を用いた露光工程でハーフピッチ150nmルールのデバイスパターンを転写した。転写順序は基板のノッチに対して対向する側より行なった。この時、ノッチに対向する側で露光後の酸拡散反応が進み、均一な温度条件で露光後の加熱処理を行なうとレジスト残し寸法がノッチ側に対して1%程度細くなるという問題が生じていた。

【0044】

この問題を改善すべく、被処理基板のノッチに対向する部分が加熱装置の気流上流側に来るように配置し、およそ120℃で加熱処理を行なった。この時の温度分布は、図12に示すように、被処理基板の気流上流部の温度を中心の温度より0.2℃低くし、ノッチ部分に向かって(すなわち露光順序が後の部分になるに従い)徐々に温度を高くし、ノッチ部分の温度を中心の温度より0.2℃高くした。加熱処理を行った後、被処理基板を均熱板から離して冷却した。この冷却処理は、加熱処理中よりも気流の流速を上げるか、或いは気流の温度を下げることによって行う。また、被処理基板を冷却板に載置して行うようにしてもよい。上記のように、温度勾配を持たせて加熱処理を行ない現象を施したところ、ノッチ部とそれに対向する部分の寸法差を解消することができた。

【0045】

ところで、図12に示すような被処理基板表面温度分布を得るには、基板表面の温度を正確に求める必要がある。従来のように均熱板に熱電対を埋め込む方式や白金抵抗体を埋め込む方式を用いた場合には、正確な温度分布を得ることは困難である。図13は、被処理基板表面温度を図12のように設定したときの均熱板表面の温度分布を示したものである。被処理基板の表面温度がほぼ一定であっても、均熱板表面の温度は不均一であることがわかる。従来の制御法は均熱板に熱電対や白金抵抗体を埋め込むものであるが、均熱板の温度を細かく設定しなくてはならず、また気流が乱れた場合には制御不能となるため、制御に適しているとはいえない。精度良く制御するためには、例えば図3及び図4に示したような方法により被処理基板の表面の温度を正確にモニタすることが必須になる。

【0046】

なお、本実施形態では、最初に露光された領域から最後に露光された領域に向かって気流を生じさせるようにしたが、最初に露光された領域から最後に露光された領域に向かって被処理基板の温度が高くなるように均熱板に温度分布を持たせるようにしてもよい。

(3) 実施形態3

図14は、本実施形態における加熱装置の主として発熱手段の配置を示した上面図である。説明の都合上、第1の発熱構成部のパターンを図14(a)に、第2の発熱構成部のパターンを図14(b)に分けて示しているが、実際には図15の断面図に示すように、両者が重なるように配置されている。なお、図1等にした構成要素と対応する構成要素には同一番号を付している。

10

20

30

40

50

【0047】

図中11は均熱板であり、基板保持手段（基板保持用のピン）15によって基板載置領域13に被処理基板（シリコンウエハ）を載置し、被処理基板を加熱するようになっている。均熱板11には熱伝導性の高いものを用いており、 AlN （熱伝導率 $180\text{ W/m}\cdot\text{s}\cdot\text{K}$ ）を膜厚を 4 mm にしたものを用いている。第2の発熱構成部14b（ $14b_1 \sim 14b_6$ ）は、気流の影響を改善することを目的として気流12に対して直交する方向に複数の発熱部を設けたものであり、均熱板11内に均熱板の表面から 2 mm の深さで埋設されており、厚さは $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。第1の発熱構成部14aは、円形のウエハ基板を処理するために同心円状に複数の発熱部を設けたものであり、均熱板11の下部表面に配置されている。第2の発熱構成部14bの端子部は均熱板側面部に設けられており、第1の発熱構成部14aの端子部は被処理基板設置領域13の中心よりも熱損失の少ない下流側に設けられている。第1の発熱構成部14aを均熱板11の下部表面に配置したのは、第1の発熱構成部14aを均熱板内に埋設させた場合には、内側の発熱部の端子をとるためにヒーター線を外側まで引き回す必要があり、その部分で発熱量が増す等の問題が生じるためである。

10

【0048】

発熱部を円周方向に図14よりもさらに多く分割したものを用いて、図2に示したような加熱装置本体を構成し、気流導入部17から導入した気体を気流排出部18から排出することにより層状の気流12を形成するようにした。気流の速度は 25 cm/s とした。

20

【0049】

加熱装置全体の構成は、図3に示したような基本構成を有するものを用いており、基本的な制御方法等は先に説明した方法と同様である。基板の表面温度を計測するための端子としては、気流に沿って被処理基板中央を通るように配置した計測端子群（第2の端子群）と、気流と直交するように被処理基板中央付近を通るように配置した計測端子群（第1の端子群）を用いた。第1の端子群からの情報は第1の発熱構成部14aを制御するために用い、第2の端子群からの情報は第2の発熱構成部14bを制御するために用いた。発熱量の調整は、電圧・電流値を固定として、加熱手段のスイッチをオン/オフさせる時間を調整することによって行なった。また、気流によって上流側では基板から熱が奪われるため、通常は第2の発熱構成部14bの発熱量が気流下流側よりも気流上流側の方で多くなるように設定することが好ましい。

30

【0050】

次に、本実施形態の装置を用いて被処理基板を加熱処理した場合についてその具体例を説明する。

被処理基板には、反射防止膜の上に化学増幅型レジストが塗布されたものを用いた。このような被処理基板に対して、 DUV 露光装置を用いた露光工程でハーフピッチ 150 nm のデバイスパターンを転写した。次いで、本装置を用いて設定処理温度 120°C で加熱処理を施した。表面温度が 25°C の被処理基板（シリコンウエハ）を載置したときの温度の時間変化は図5に示ようなものであり、ウエハは 20 秒後には設定温度に到達し、その後定常状態となった。ウエハ全面についても設定温度 120°C に到達する時間差は 1 秒以内で、定常状態での均熱性 $120 \pm 0.1^\circ\text{C}$ を確保することができた。

40

【0051】

加熱処理を 90 秒行なった後、基板昇降ピンにより被処理基板を持ち上げ、被処理基板を上部気流の境界層に沿って基板上流側がより熱板に近付くように傾けて停止させた。同時に気流を 70 cm/s まで速くした。これにより、基板全面で均一に温度を 50°C まで 15 秒で下げることができた。また、下流側で熱板から離れるように基板を傾けて配置したため、気流による基板温度の低下を最小限に抑えることができた。その後、気流の速度を 25 cm/s に戻し、基板を水平に保って基板の搬出を行った。基板温度を室温まで戻した後、現像を行なってレジストパターンを形成した。従来の加熱方式を用いた場合に得られるレジストパターンの被処理基板内寸法は 150 nm の範囲で 7% 程度の分布

50

を有していたが、本装置を用いたことで3.5%の分布となった。なお、現像起因の変動量が3%含まれることが確認されていたので、このことを加味すると、本加熱装置を用いることで6.3%から1.8%に改善されたことになる。

【0052】

上記被処理基板を用いて作成されたデバイスの線幅制御性は飛躍的に向上し、従来の加熱装置（均熱板15mm、外周リングヒーター使用）を用いた場合と比べて加工寸法の制御性が向上したことから、抵抗値のばらつきを大幅に改善することができた。

【0053】

なお、第1の発熱構成部の発熱部の平面的配置及び発熱手段と基板載置領域との位置関係は、図1、図6～図8のようにしてもよい。発熱手段の分割方式や分割数は、気流の速度分布等により種々変形することが可能であり、基本的には、発熱手段の発熱部が発熱手段の中心を通る気流に対してほぼ対称に配置されていることが好ましい。

10

【0054】

また、各発熱部のヒーター線は、図11に示すように折り返し形状の直列構成にしたり或いは並列構成にしたりしてもよい。このような場合、ヒーター線自体は気流に対して必ずしも対称型にはならないが、このようなヒーター線によって構成される各発熱部の配置が気流に対してほぼ対称であればよい。

【0055】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、種々変形して実施可能である。例えば、上記実施形態では熱板に上面方向からみて四角形状のものを用いたが、円形や楕円形のものを用いることも可能である。また、リング状に配置（リングの一部を配置したものも含む）された第1の発熱構成部の形状は、円状や円弧以外にも、例えば四角形状にすることも可能である。また、被処理基板としては半導体ウエハの他、露光に用いるレチクル、マスク基板、液晶パネル等を用いることも可能である。その他、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。

20

【0056】

【発明の効果】

本発明によれば、第1の発熱構成部により基板周辺部での熱放出による基板温度の低下を補正するとともに、第2の発熱構成部によって気流方向の温度分布を補正するので、基板面内での良好な均熱性を得ることが可能となる。また、本発明によれば、被処理基板に対して感光性膜の転写領域を移動させた方向に対応して温度分布を生じさせることにより、酸拡散反応等による誤差を補正することができ、感光性膜の現像後のパターンの寸法制御性を向上させることが可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】基板加熱装置の主として発熱手段の構成例について示した図。

【図2】基板加熱装置本体の構成例について示した図。

【図3】基板加熱装置全体の構成例について示した図。

【図4】基板加熱装置全体の構成例について示した図。

【図5】シリコンウエハ表面温度の時間変化について示した図。

40

【図6】基板加熱装置の主として発熱手段の構成例について示した図。

【図7】基板加熱装置の主として発熱手段の構成例について示した図。

【図8】基板加熱装置の主として発熱手段の構成例について示した図。

【図9】基板加熱装置の主として発熱手段の構成例について示した図。

【図10】シリコンウエハ表面の昇温特性について示した図。

【図11】発熱手段に用いるヒーター線の構成例について示した図。

【図12】被処理基板の表面温度の面内分布について示した図。

【図13】均熱板の表面温度の面内分布について示した図。

【図14】基板加熱装置の主として発熱手段の構成例について示した図。

【図15】図14の断面構成を示した図。

50

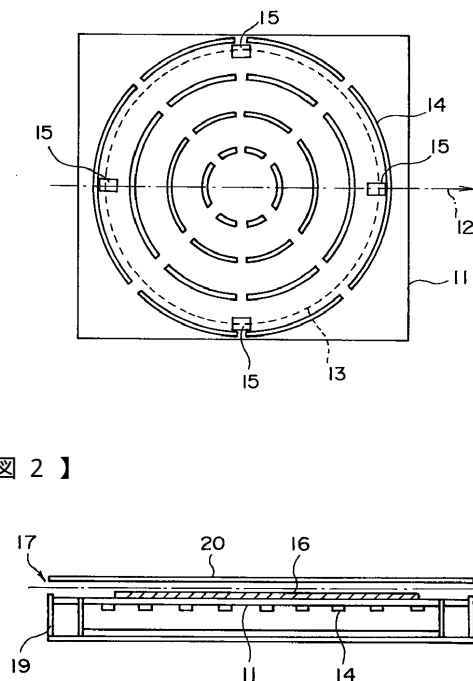
【符号の説明】

- 1 1 ... 均熱板
- 1 2 ... 気流
- 1 3 ... 基板載置領域
- 1 4 ... 加熱手段
- 1 5 ... 基板保持手段
- 1 6 ... 被処理基板
- 1 7 ... 気流導入部
- 1 8 ... 気流排出部
- 1 9 ... フレーム
- 2 0 ... 天板
- 2 1 ... 昇降機構
- 2 2 ... 窓
- 2 3 ... 反射率計測端子
- 2 4 ... 光源
- 2 5 ... 反射光計測部
- 2 6 ... 加熱装置コントローラー
- 2 7 ... 加熱部温度制御部
- 2 8 ... 被処理基板昇降部制御部
- 2 9 ... 吸排気量制御部
- 3 1 ... 黒体炉
- 3 2 ... 放射温度計
- 3 3 ... 黒体炉温度制御部
- 3 4 ... 放射温度計測部
- 4 1 ... 基板昇降用ピン

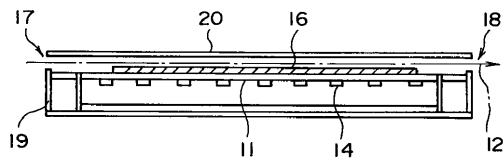
10

20

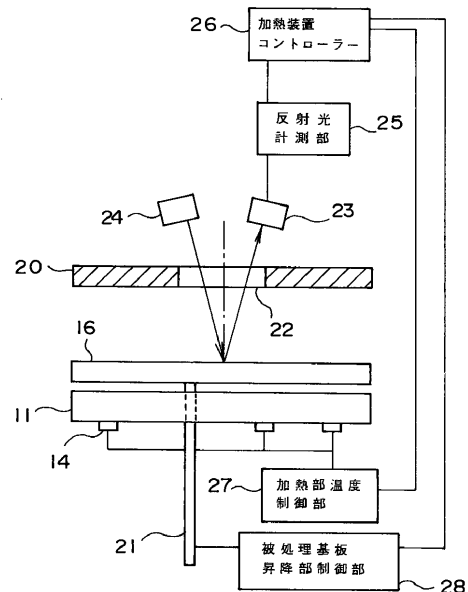
【図 1】



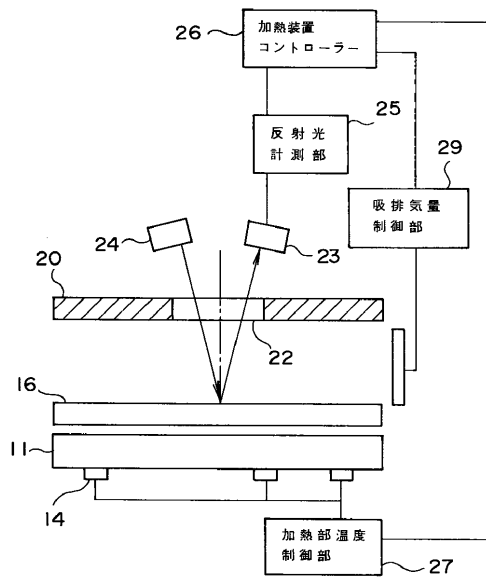
【図 2】



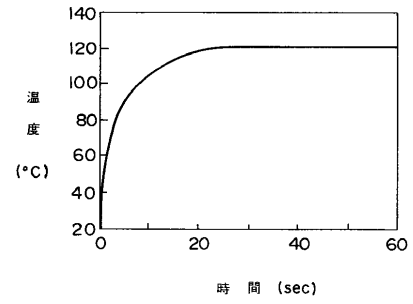
【図 3】



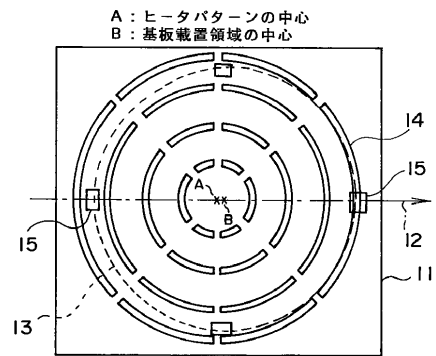
【図 4】



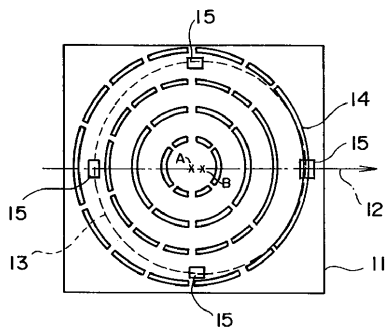
【図 5】



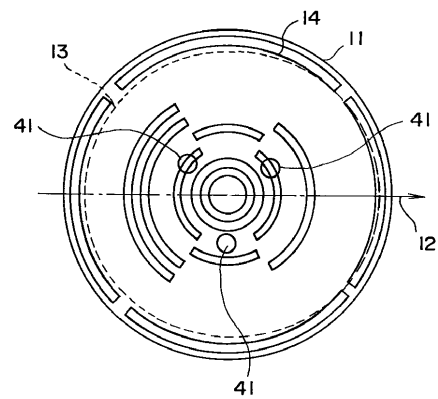
【図 6】



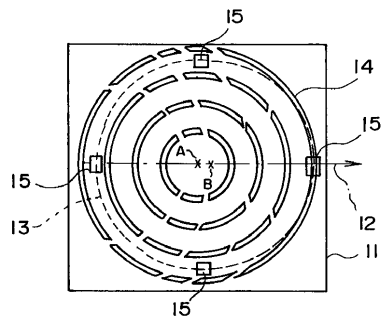
【図 7】



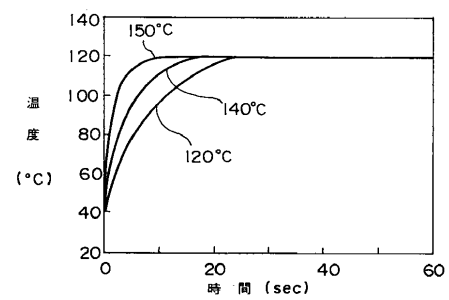
【図 9】



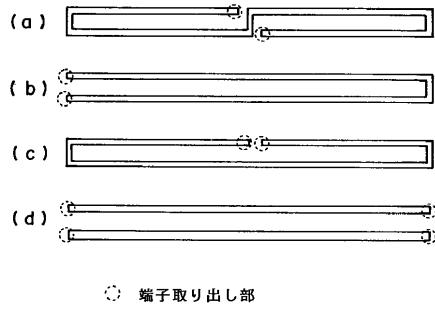
【図 8】



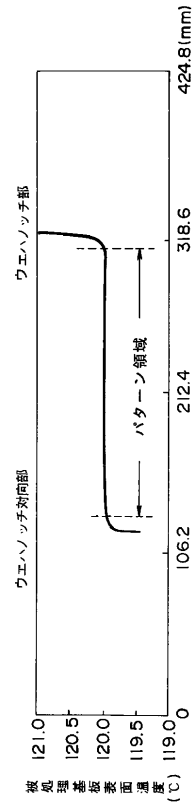
【図 10】



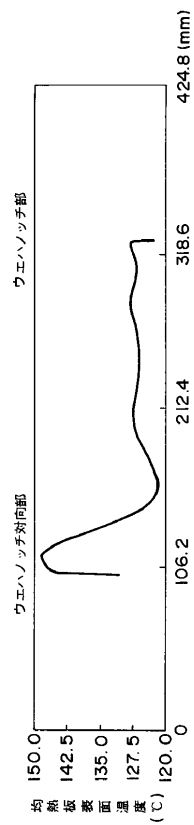
【図 1 1】



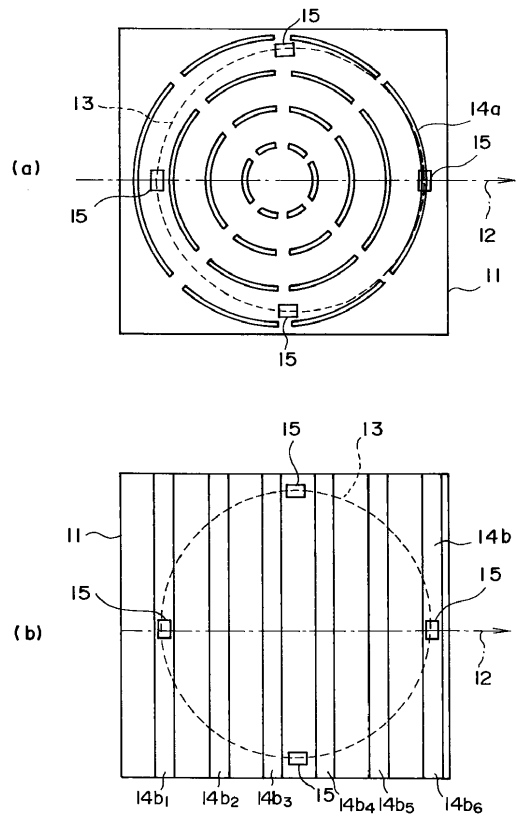
【図 1 2】



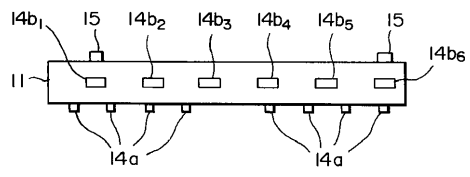
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

(74)代理人 100070437

弁理士 河井 将次

(72)発明者 伊藤 信一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 奥村 勝弥

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特開平04-127516(JP,A)

特開平08-045817(JP,A)

特開平08-107057(JP,A)

特開平09-306978(JP,A)

特開平02-134821(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027