

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5982758号
(P5982758)

(45) 発行日 平成28年8月31日 (2016. 8. 31)

(24) 登録日 平成28年8月12日 (2016. 8. 12)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/268 (2006. 01)	H O 1 L 21/268 Z
H O 5 B 6/74 (2006. 01)	H O 5 B 6/74 F
H O 5 B 6/80 (2006. 01)	H O 5 B 6/80 Z
H O 1 L 21/31 (2006. 01)	H O 1 L 21/31 E
H O 1 L 21/265 (2006. 01)	H O 1 L 21/265 G O 2 Z
請求項の数 8 (全 18 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2011-192069 (P2011-192069)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成23年9月2日 (2011. 9. 2)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-191158 (P2012-191158A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成24年10月4日 (2012. 10. 4)	(74) 代理人	100090125
審査請求日	平成26年6月30日 (2014. 6. 30)		弁理士 浅井 章弘
(31) 優先権主張番号	特願2011-37396 (P2011-37396)	(72) 発明者	河西 繁
(32) 優先日	平成23年2月23日 (2011. 2. 23)		東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂 B
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		i z タワー 東京エレクトロン株式 会社内
		(72) 発明者	山▲崎▼ 良二
			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】 マイクロ波照射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理体に対してマイクロ波を照射して処理をするマイクロ波照射装置において、
 前記被処理体を収容する処理容器と、
 前記被処理体を支持する支持機構と、
 前記処理容器内へ処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、
 前記処理容器内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、
前記支持機構の上方に設置されたシャワーヘッド部を有して前記被処理体を冷却ガスに
より冷却するガス冷却手段と、
 前記被処理体の温度を測定する放射温度計と、
 前記放射温度計の測定値に基づいて前記ガス冷却手段を制御することにより前記被処理
 体の温度を調整する温度制御部とを備え、
前記シャワーヘッド部から前記被処理体の被処理面に向けてシャワー状に冷却ガスを供
給しながら前記マイクロ波を導入するように構成したことを特徴とするマイクロ波照射装
置。

【請求項 2】

前記ガス冷却手段と前記ガス導入手段とは兼用されていることを特徴とする請求項 1 記載
 のマイクロ波照射装置。

【請求項 3】

前記処理容器内の天井部には、前記マイクロ波導入手段より導入されるマイクロ波を攪拌

する攪拌機が設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のマイクロ波照射装置。

【請求項 4】

前記攪拌機と前記支持機構との間には、誘電体よりなる仕切板が設けられていることを特徴とする請求項 3 記載のマイクロ波照射装置。

【請求項 5】

前記仕切板の周辺部には、前記仕切板で仕切られた上下の空間を連通するための連通孔が形成されていることを特徴とする請求項 4 記載のマイクロ波照射装置。

【請求項 6】

前記被処理体は、前記支持機構上に複数の支持ピンを介して支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のマイクロ波照射装置。

10

【請求項 7】

前記支持ピンは中空になされており、前記被処理体の裏面を吸着するチャック機構として形成されていることを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ波照射装置。

【請求項 8】

前記支持機構の下部は、前記チャック機構の一部を形成するために真空引きされたチャック用密閉空間として形成されていると共に、前記チャック用密閉空間と前記支持ピンとは連通されていることを特徴とする請求項 7 記載のマイクロ波照射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、半導体ウエハ等の被処理体に対してマイクロ波を照射することにより改質処理やアニール処理等を行うマイクロ波照射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体デバイスを製造するには、半導体ウエハに成膜処理、パターンエッチング処理、酸化拡散処理、改質処理、アニール処理等の各種の熱処理を繰り返して行なって所望のデバイスを製造するが、半導体デバイスが高密度化、多層化及び高集積化するに伴ってその仕様が年々厳しくなっており、これらの各種の熱処理のウエハ面内における均一性の向上、膜質の向上及び熱処理の短時間化等が望まれている。

30

【0003】

例えば半導体ウエハの表面をアニールや改質する場合には、一般的には加熱ランプや加熱ヒータを有する処理装置を用いて、この処理装置の処理容器内で不活性ガス等の処理ガスの雰囲気中で半導体ウエハを加熱し、アニールや改質処理等を行うようになっている。

【0004】

ところで、最近にあっては、ドーパントの活性化等のアニール処理や改質処理等を行う場合、不純物の拡散を抑制しつつ、浅い活性層を形成でき、更には格子欠損も修復可能であることからマイクロ波を用いたマイクロ波照射装置が提案されている（特許文献 1、2）。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特表 2009 - 516375 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 129790 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述のように、マイクロ波を用いることにより各種の処理を短時間で且つ効率的に行うことができる。しかしながら、上記したようなマイクロ波照射装置を用いて各種の処理を行う場合、被処理体である半導体ウエハの温度管理が非常に重要であるが、従来のマイク

50

口波照射装置にあってはウエハの温度を十分に制御することができない、といった問題があった。また、マイクロ波の投入電力を制御することによりウエハ温度を制御することも考えられるが、処理の態様によっては、マイクロ波の電力とウエハの温度を独立して制御する必要があり、このような態様には対応できないといった問題もあった。このため、上記問題点の早期解決が求められていた。また、別の処理の態様によっては、マイクロ波をウエハに効率的に照射しつつマイクロ波によって加熱されるウエハをできるだけ効率的に冷却することが求められる場合もあった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の一実施例は、被処理体に対してマイクロ波を照射しながら、これとは別個独立して被処理体の温度制御を行うことができるマイクロ波照射装置である。また本発明の他の一実施例は、被処理体に対してマイクロ波を効率的に照射しつつ被処理体を効率的に冷却することが可能なマイクロ波照射装置である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の関連技術は、被処理体に対してマイクロ波を照射して処理をするマイクロ波照射装置において、前記被処理体を収容する処理容器と、前記被処理体を支持する支持機構と、前記処理容器内へ処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、前記処理容器内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、前記被処理体を加熱する加熱手段と、前記被処理体を冷却ガスにより冷却するガス冷却手段と、前記被処理体の温度を測定する放射温度計と、前記放射温度計の測定値に基づいて前記加熱手段と前記ガス冷却手段とを制御することにより前記被処理体の温度を調整する温度制御部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波照射装置である。

【 0 0 0 9 】

このような構成により、被処理体に対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいて加熱手段とガス冷却手段とを制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 1 に係る発明は、被処理体に対してマイクロ波を照射して処理をするマイクロ波照射装置において、前記被処理体を収容する処理容器と、前記被処理体を支持する支持機構と、前記処理容器内へ処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、前記処理容器内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、前記支持機構の上方に設置されたシャワーヘッド部を有して前記被処理体を冷却ガスにより冷却するガス冷却手段と、前記被処理体の温度を測定する放射温度計と、前記放射温度計の測定値に基づいて前記ガス冷却手段を制御することにより前記被処理体の温度を調整する温度制御部とを備え、前記シャワーヘッド部から前記被処理体の被処理面に向けてシャワー状に冷却ガスを供給しながら前記マイクロ波を導入するように構成したことを特徴とするマイクロ波照射装置である。

【 0 0 1 1 】

このような構成により、被処理体に対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいてガス冷却手段を制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の他の関連技術は、被処理体に対してマイクロ波を照射して処理をするマイクロ波照射装置において、前記被処理体を収容する処理容器と、前記被処理体を支持する支持機構と、前記処理容器内へ処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、前記処理容器内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、前記被処理体を加熱する加熱手段と、前記被処理体の温度を測定する放射温度計と、前記放射温度計の測定値に基づいて前記加熱手段を制御することにより前記被処理体の温度を調整する温度制御部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波照射装置である。

【 0 0 1 3 】

このような構成により、被処理体に対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいて加熱手段を制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

【0014】

本発明の更に他の関連技術は、被処理体に対してマイクロ波を照射して処理をするマイクロ波照射装置において、前記被処理体を収容する処理容器と、前記処理容器内の雰囲気気を排気する排気系と、前記処理容器内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、前記被処理体の下面に対して冷却ガスを噴射して冷却するガス冷却手段と、前記被処理体を支持するリフトピンを有して前記被処理体を昇降させるリフト機構と、前記リフトピンに形成された吸引孔を有し、前記吸引孔を吸引通路により前記排気系に接続することにより形成されたチャック機構と、を備えたことを特徴とするマイクロ波照射装置である。

10

【0015】

このような構成により、被処理体に対してマイクロ波を効率的に照射しつつ被処理体を効率的に冷却することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係るマイクロ波照射装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

本発明の関連技術によれば、被処理体に対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいて加熱手段とガス冷却手段とを制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

20

本発明によれば、被処理体に対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいてガス冷却手段を制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

本発明の他の関連技術によれば、被処理体に対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいて加熱手段を制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

本発明の更に他の関連技術によれば、被処理体に対してマイクロ波を効率的に照射しつつ被処理体を効率的に冷却することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明に係るマイクロ波照射装置の第1実施例を示す構成図である。

【図2】処理容器の天井部におけるマイクロ波導入手段の導波管の配置を示す図である。

【図3】ガス冷却手段（処理ガス導入手段）のシャワーヘッド部の下面を示す図である。

【図4】本発明に係るマイクロ波照射装置の第2実施例を示す構成図である。

【図5】本発明に係るマイクロ波照射装置の第3実施例を示す構成図である。

【図6】ガス冷却手段（処理ガス導入手段）の変形例を示す図である。

【図7】本発明に係るマイクロ波照射装置の第4実施例を示す構成図である。

40

【図8】ガス冷却手段の冷却ガス噴射箱の近傍を示す平面図である。

【図9】リフト機構のリフトピンの部分を示す拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に、本発明に係るマイクロ波照射装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係るマイクロ波照射装置の第1実施例を示す構成図、図2は処理容器の天井部におけるマイクロ波導入手段の導波管の配置を示す図、図3はガス冷却手段（処理ガス導入手段）のシャワーヘッド部の下面を示す図である。

【0019】

<第1実施例>

50

図示するように、このマイクロ波照射装置 2 は、アルミニウム、アルミニウム合金又はステンレス等により内部が断面円形に成形された筒体状の処理容器 4 を有している。この処理容器 4 内には、円板状になされた支持機構としての支持台 6 が、円筒状になされた支柱 8 により容器底部より起立されて設けられている。上記支持台 6 及び支柱 8 は、アルミニウム、アルミニウム合金又はステンレス等の金属により形成されている。

【 0 0 2 0 】

上記支持台 6 には、上方へ延びる複数本、ここでは 3 本の支持ピン 10（図 1 では 2 本のみ示す）が設けられており、この支持ピン 10 の上端で被処理体である例えば直径が 300 mm の半導体ウエハ W の裏面に当接して、これを支持するようになっている。この支持ピン 10 は、ウエハ W の周方向へ均等に分散されて配置されている。この支持ピン 10 は、誘電率の小さい、すなわち誘電損失が少ない誘電体材料、例えば石英やセラミック材により形成されていると共に、この支持ピン 10 は、中空状、すなわち管状に形成されている。この中空状の支持ピン 10 の内径は、例えば 2 mm 程度である。

【 0 0 2 1 】

また上記円筒状の支柱 8 内は密閉されてチャック用密閉空間 12 として形成されている。そして、このチャック用密閉空間 12 は上記管状の支持ピン 10 と連通されて、真空チャック機構 14 として構成されている。従って、後述するように、このチャック用密閉空間を真空引きすることにより、上記支持ピン 10 の上端でウエハ W の裏面を吸引して真空吸着するようになっている。

【 0 0 2 2 】

また上記支持台 6 に支持されたウエハ W を加熱するために、加熱手段 16 が設けられている。具体的には、この加熱手段 16 は、ここでは上記支持台 6 の上面側に配置された複数の発光素子ユニット 18 を有している。この発光素子ユニット 18 は、ウエハ W の下面のほぼ全面に対応されて配置されている。そして、各発光素子ユニット 18 には、LED 素子やレーザ素子等の多数の発光素子が搭載されており、この発光素子ユニット 18 から放射された光によってウエハ W を加熱できるようになっている。尚、上記発光素子ユニット 18 を同心円状に区分して、ウエハ W を同心円状にゾーン毎に独立して加熱できるようにしてもよい。この各発光素子ユニット 18 は、給電ライン 20 に接続されており、この給電ライン 20 に設けた加熱電源 22 より電力を供給できるようになっている。

【 0 0 2 3 】

また、上記支持台 6 とウエハ W との間には、ウエハ W の搬出入時にこれを持ち上げ、持ち下げるリフタ機構 24 が設けられる。具体的には、このリフタ機構 24 は、円弧状に成形されたリフト板 26 と、このリフト板 26 の上面側に設けた複数、例えば 3 本（図 1 では 2 本のみ示す）のリフトピン 28 とを有している。このリフトピン 28 は、ウエハ W の裏面側の周縁部に沿ってほぼ均等の距離になるように配置されており、このリフトピン 28 を昇降させることによってウエハ W を上方向へ昇降できるようになっている。

【 0 0 2 4 】

このため、上記リフト板 26 は、上記支持台 6 及び容器底部を貫通して下方へ延びる昇降ロッド 30 の上端部に係合されており、この昇降ロッド 30 の下部は、これを上下動させるアクチュエータ 32 に連結されている。また、上記昇降ロッド 30 の容器底部の貫通部には、処理容器 4 内の気密性を維持しつつ昇降ロッド 30 の上下動を許容する金属製のベローズ 34 が介設されている。このリフトピン 28 やリフト板 26 は、誘電体材料である例えば石英やセラミック材により形成されている。

【 0 0 2 5 】

また処理容器 4 の底部には、処理容器 4 内の雰囲気気を排気する排気口 36 が形成されており、この排気口 36 には真空排気系 38 が接続されている。この真空排気系 38 は、上記排気口 36 に接続された排気通路 40 を有しており、この排気通路 40 には、その上流側より下流側に向けて圧力調整弁 42 及び真空ポンプ 44 が順次介設されて、上述したように処理容器 4 内の雰囲気気を圧力調整しつつ真空引きするようになっている。

【 0 0 2 6 】

更に、上記チャック用密閉空間 1 2 を区画する容器底部には、チャック用排気口 4 6 が設けられている。そして、上記圧力調整弁 4 2 と真空ポンプ 4 4 との間の排気通路 4 0 と上記チャック用排気口 4 6 との間はチャック用排気通路 4 8 により接続されている。また、このチャック用排気通路 4 8 には第 1 の開閉弁 5 0 が介設されており、この第 1 の開閉弁 5 0 を開状態にすることにより上記チャック用密閉空間 1 2 内の雰囲気気を真空引きしてウエハ W を吸引吸着する真空チャック機能を発揮できるようになっている。

【 0 0 2 7 】

また上記第 1 の開閉弁 5 0 の上流側のチャック用排気通路 4 8 と上記圧力調整弁 4 2 の上流側の排気通路 4 0 との間は、リリース通路 5 2 により接続されている。そして、このリリース通路 5 2 には第 2 の開閉弁 5 4 が介設されて、この第 2 の開閉弁 5 4 を開状態（第 1 の開閉弁 5 0 は閉状態）にすることにより、ウエハ W が収容されている処理空間とチャック用密閉空間 1 2 との圧力を同圧にしてウエハ W のチャックを解除できるようになっている。

【 0 0 2 8 】

そして、上記処理容器 4 内の支持台 6 の周縁部と処理容器 4 内の側壁との間にはリング状の整流板 5 6 が介設されると共に、この整流板 5 6 には多数の整流孔 5 8 が形成されており、ウエハ W が設置されている処理空間 S の雰囲気気を下方向へ整流しながら流して排気口 3 6 へ排出するようになっている。

【 0 0 2 9 】

また、処理容器 4 の側壁には、ウエハ W を搬出入するための搬出入口 6 0 が形成されると共に、この搬出入口 6 0 にはゲートバルブ 6 2 が取り付けられている。そして、この処理容器 4 には、上記ウエハ W の温度を測定するための放射温度計 6 4 が設けられている。具体的には、この放射温度計 6 4 は、上記処理容器 4 の底部及び支持台 6 を貫通して延びる例えば光ファイバよりなるプローブライン 6 6 を有しており、このプローブライン 6 6 の先端は、ウエハ W の裏面に接近させてウエハ W の直下に位置されている。そして、このプローブライン 6 6 で導いた光に基づいて温度計測部 6 8 でウエハ W の温度を求めるようになっている。

【 0 0 3 0 】

そして、この温度計測部 6 8 で求めた測定値を例えばコンピュータよりなる温度制御部 7 0 へ通知し、この測定値に基づいて温度制御部 7 0 は、この第 1 実施例では上記加熱電源 2 2 と後述するガス冷却手段とを制御することにより、ウエハ W の温度を調整して制御するようになっている。

【 0 0 3 1 】

一方、上記処理容器 4 の天井部には、この処理容器 4 内へマイクロ波を導入するためのマイクロ波導入手段 7 2 が設けられている。尚、ここではマイクロ波は、周波数が例えば 3 0 0 M H z ~ 3 0 G H z までの電磁波を指すものとする。具体的には、上記マイクロ波導入手段 7 2 は、ここでは複数、例えば 4 基のマイクロ波ユニット 7 4 （図 1 では 2 基のみ示す）を有している。尚、このマイクロ波ユニット 7 4 の数量は特に 4 基には限定されない。具体的には、上記マイクロ波ユニット 7 4 は、それぞれ容器天井部に連結された導波管 7 6 を有している。図 2 にも示すように、この導波管 7 6 は、断面矩形状に成形されており、容器天井部に、その周方向に沿って等間隔で配置されている。

【 0 0 3 2 】

また、上記容器天井部には開口されたマイクロ波導入ポート 7 8 が設けられると共に、このマイクロ波導入ポート 7 8 には、例えば石英等の誘電体材料よりなる透過窓 8 0 がオリング等のシール部材 8 2 を介して取り付けられている。そして、上記各導波管 7 6 の下端部が上記透過窓 8 0 に取り付けられており、この透過窓 8 0 を介してマイクロ波を処理容器 4 内へ導入するようになっている。

【 0 0 3 3 】

上記各導波管 7 6 の途中にはサーキュレータ 8 4 が介設されると共に、その方向が直角

10

20

30

40

50

方向に曲げられて、その基端部にはマイクロ波発生器 8 6 が設けられている。ここでは 2 . 4 5 6 G H z や 5 . 8 G H z や 2 8 G H z のマイクロ波が用いられる。これにより、上記マイクロ波発生器 8 6 で発生したマイクロ波は、上記導波管 7 6 を伝播されてマイクロ波導入ポート 7 8 より処理容器 4 内へ導入されることになる。また上記サーキュレータ 8 4 には、ダミーロード 8 8 が連結されており、インシュレータの機能を発揮するようになっている。尚、ダミーロード 8 8 は、各マイクロ波ユニット 7 4 毎に設けなくて、各マイクロ波ユニット 7 4 間で共用するようにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

上記マイクロ波発生器 8 6 の動作は、マイクロ波制御部 9 0 により制御されており、各マイクロ波発生器 8 6 から発生するマイクロ波が例えば重なり合わないようになっている。またこの際、マグネトロンの電源波形は、半波サイン、台形波、矩形波等にすることができる。

10

【 0 0 3 5 】

また、この処理容器 4 の天井部には、上記マイクロ波導入手段 7 2 によって導入されたマイクロ波を攪拌するための攪拌機 9 2 が設けられている。具体的には、この攪拌機 9 2 は、処理容器 4 内の天井部の直下に配置された攪拌プロペラ 9 4 を有している。この攪拌プロペラ 9 4 の回転軸 9 6 は、磁性流体シール 9 8 を介して天井部を気密に貫通しており、回転モータ 9 9 により回転されるようになっている。そして、上記攪拌プロペラ 9 4 は、金属や P Z T 等の複合セラミックやクォーツサファイヤ等よりなる誘電損失の小さな高誘電材料により形成されており、この攪拌プロペラ 9 4 を回転することによりマイクロ波を攪拌して処理容器 4 内にマイクロ波の定在波が発生することを防止するようになっている。

20

【 0 0 3 6 】

また、この攪拌プロペラ 9 4 と支持台 6 との間には、この処理容器 4 内を上下に区分する仕切板 1 0 0 が設けられており、上記攪拌プロペラ 9 4 から落下するパーティクルがウエハ W の上面に付着しないようになっている。この仕切板 1 0 0 は、誘電率の小さい誘電体材料、例えば石英やセラミック材やテフロン（登録商標）により形成されており、マイクロ波をできるだけ吸収しないで効率的に透過するようになっている。具体的には、この仕切板 1 0 0 の材料としては、誘電率が 4 . 0 以下で、タンデルタ（誘電正接）が 0 . 0 0 0 1 以下の誘電体材料を用いるのが好ましい。また、この仕切板 1 0 0 の周辺部には、複数の連通孔 1 0 2 が形成されており、この仕切板 1 0 0 の上下の空間を連通するようになっている。

30

【 0 0 3 7 】

これにより、仕切板 1 0 0 の上下の空間の差圧が解消されるので、その仕切板 1 0 0 の厚さをできるだけ薄くすることができる。また、上記連通孔 1 0 2 は、この下方に位置する整流板 5 6 に形成した整流孔 5 8 と、この上下方向において同じ領域に形成するのが好ましく、これによれば、上記攪拌プロペラ 9 4 を収容した空間の雰囲気は連通孔 1 0 2 を通って排出される場合にウエハ W の方向に拡散することなく、そのまま直下方向の整流孔 5 8 に向かってダウンフローとなって排出することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

40

また、この処理容器 4 には、上記半導体ウエハ W を冷却ガスにより冷却するガス冷却手段 1 0 4 が設けられている。ここでは、上記ガス冷却手段 1 0 4 は、処理容器 4 内へ処理ガスを導入する処理ガス導入手段 1 0 6 と兼用されている。具体的には、このガス冷却手段 1 0 4 は、ここではウエハ W の上方であって仕切板 1 0 0 の下方に配置されたシャワーヘッド部 1 1 0 を有している。このシャワーヘッド部 1 1 0 は、図 3 にも示すように、同心円状に配置された複数、図示例では 2 つの大小のリング状の分散管 1 1 2 A、1 1 2 B を有しており、これらの分散管 1 1 2 A、1 1 2 B は連通管 1 1 4 で接続されると共に互いに連通されている。

【 0 0 3 9 】

そして、上記分散管 1 1 2 A、1 1 2 B の下面側には、その周方向に沿って等間隔で多

50

数のガス噴射孔 116 が形成されており、下方向のウエハ W の表面に向けて冷却ガス（処理ガス）を噴射し得るようになっている。このシャワーヘッド部 110 は、誘電率の低い材料、例えば石英やセラミック材等により形成されており、マイクロ波をできるだけ吸収しないようになっている。

【0040】

またこのシャワーヘッド部 110 は、容器側壁に支持されていると共に、このシャワーヘッド部 110 には、ガス通路 118 が接続されている。そして、このガス通路 118 にはマスフローコントローラのような流量制御器 120 が介設されており、冷却ガス（処理ガス）を流量制御しつつ供給できるようになっている。この場合、ウエハ W の冷却効率を高めるためには、シャワーヘッド部 110 をできるだけウエハ W に接近させて設けるのがよい。この場合、ウエハ W とシャワーヘッド部 110 との間の距離は例えば 10 ~ 300 mm 程度に設定されている。ここでは、冷却ガスと処理ガスとを兼用するガスとして Ar ガス或いは N₂ ガス、又はこれらの両ガスを供給している。この冷却ガス及び処理ガスとして、上記の他に He、Ne 等の他の希ガスを用いるようにしてもよい。また、処理の態様によっては、冷却ガスや処理ガスとして水素や酸素等を用いる場合もある。

【0041】

そして、前述したように、上記温度制御部 70 は、温度計測部 68 での測定値に基づいて、上記処理ガス導入手段 106 の流量制御器 120 及び加熱電源 22 を制御してウエハ W の温度を調整し得るようになっている。

【0042】

そして、このマイクロ波照射装置 2 の全体の動作は、例えばマイクロコンピュータ等よりなる装置制御部 122 により制御されるようになっており、この動作を行うコンピュータのプログラムはフレキシブルディスクや CD (Compact Disc) やフラッシュメモリやハードディスク等の記憶媒体 124 に記憶されている。具体的には、この装置制御部 122 からの指令により、ガスの供給や流量制御、マイクロ波の供給や電力制御、ウエハ温度やプロセス圧力の制御等が直接的、或いは間接的に行われる。

【0043】

次に、上記マイクロ波照射装置 2 を用いて行われる処理（アニール処理や改質処理等）について説明する。まず、開かれたゲートバルブ 62 を介して半導体ウエハ W を搬送アーム（図示せず）により処理容器 4 内に収容し、リフト機構 24 のリフトピン 28 を上下動させることによりウエハ W を支持台 6 の支持ピン 10 上に載置し、ゲートバルブ 62 を閉じて処理容器 4 内を密閉する。この場合、上記半導体ウエハ W としては、単体の半導体基板、例えばシリコン基板を用いてもよい。

【0044】

ここで真空排気系 38 の真空ポンプ 44 は連続駆動されており、チャック用排気通路 48 に介設した第 1 の開閉弁 50 を開状態（第 2 の開閉弁 54 は閉状態）にすることにより、支持台 6 の下方のチャック用密閉空間 12 を真空引きして減圧し、これによりチャック機能が発揮されて中空状の支持ピン 10 上に載置されているウエハ W の裏面を真空吸着してウエハ W を吸着固定する。尚、この真空吸着を解除するには、上記第 1 の開閉弁 50 を閉状態にすると共に、リリース通路 52 に介設した第 2 の開閉弁 54 を開状態にすることにより、チャック用密閉空間 12 と処理空間 S とを同圧にすればよい。

【0045】

次に、上述のようにウエハ W を吸着したならば、処理容器 4 内にガス冷却手段 104 を兼用する処理ガス導入手段 106 のシャワーヘッド部 110 より、処理ガスとして Ar ガスや N₂ ガスを流量制御しつつ供給する。この場合、処理空間 S のプロセス圧力は、処理態様にもよるが、例えば数 100 Torr 程度であり、チャック用密閉空間 12 の圧力は、チャック機能を発揮するためにこれよりも低い数 10 mm Torr である。

【0046】

また、加熱手段 16 の加熱電源 22 より各発光素子ユニット 18 へ電力を供給し、この発光素子ユニット 18 に搭載されている LED 素子やレーザ素子から光を放射してウエハ

10

20

30

40

50

Wの裏面に当て、ウエハWを昇温して所定の温度まで加熱する。これと同時に、マイクロ波導入手段72の各マイクロ波ユニット74のマイクロ波発生器86を駆動してマイクロ波を発生させる。このマイクロ波は、導波管76を伝播して処理容器4の天井部に形成した各マイクロ波導入ポート78より処理容器4内へ導入され、このマイクロ波は更に仕切板100を透過してウエハWの表面に照射される。このように、マイクロ波がウエハWに照射されると、ジュール加熱、磁性加熱、誘電加熱等の電磁波加熱によりウエハWは更に迅速に加熱されることになり、この結果、アニール処理や改質処理等が行われることになる。

【0047】

ここでウエハのプロセス温度が比較的高い場合には、マイクロ波だけで高温まで加熱しようとする、ウエハ表面に放電が生ずる場合がある。そこで、上述のように別途に加熱手段16を設けてウエハの加熱を補助することにより、ウエハ表面に放電を生ずることなくこれを高温まで加熱することができる。この時のウエハ温度は、例えば100～400程度の範囲内である。また、このマイクロ波の処理中は、容器天井部に設けた攪拌機92の攪拌プロペラ94を回転させておく。このように、処理容器4内に導入されたマイクロ波を攪拌プロペラ94により攪拌することにより処理容器4内に定在波が発生することを防止し、ウエハ処理の面内均一性を向上させることができる。

【0048】

このようなウエハ処理中において、ウエハWの裏面側に配置した放射温度計64のプローブライン66によってウエハWの放射光が取り込まれ、温度測定部68によってウエハWの温度が連続的に測定されている。この測定値は温度制御部70へ伝達され、温度制御部70はこの測定値に基づいて加熱電源22を制御して発光素子ユニット18への供給電力を増減すると共に、ガス冷却手段(処理ガス導入手段)104の流量制御器120を制御して冷却ガス(処理ガス)の流量を増減してウエハWの温度を調整、すなわちコントロールする。

【0049】

ここでウエハWの温度に依存して、マイクロ波の吸収率が変動する場合があるので、ここでは例えばマイクロ波の供給電力を一定にしつつ、ウエハWが所定の温度を維持するように発光素子ユニット18への供給電力を制御したり、ウエハWの表面に吹き付ける冷却ガスの流量を制御したりする。これにより、ウエハWの温度をマイクロ波の供給電力とは別個独立に制御することができる。

【0050】

また、上記攪拌プロペラ94の回転によりパーティクル等が発生する危険が生じるが、発生したパーティクルはこの下方の仕切板100によって受けられるので、ウエハWの表面に落下することはない。また、発生したパーティクルがこの領域空間の雰囲気と共に連通孔102を介して処理空間Sに流れ込んだ場合には、この流れ出た雰囲気はこの真下に位置する整流板56の整流孔58に向けて流れて行くので、この点からもウエハWの表面にパーティクルが付着することを防止することができる。

【0051】

以上のように、被処理体である半導体ウエハWに対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計64で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいて加熱手段16とガス冷却手段104とを制御することによりマイクロ波の照射量とは独立して被処理体の温度を調整することができる。

【0052】

< 第2実施例 >

次に本発明のマイクロ波照射装置の第2実施例について説明する。半導体ウエハWの処理態様によっては、ウエハWの温度をそれ程高くする必要はなく、マイクロ波照射による加熱量で十分に目標とする温度滞域までウエハ温度を昇温できる場合がある。このような場合には、先の第1実施例で用いた加熱手段16を不要にすることができる。図4はこのような本発明に係るマイクロ波照射装置の第2実施例を示す構成図である。尚、図4にお

10

20

30

40

50

いて、先の図 1 乃至図 3 に示した部分と同一構成部分については同一参照符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 5 3 】

図 4 に示すように、ここでは図 1 に示す構成から加熱手段 1 6 を構成する発光素子ユニット 1 8 及び加熱電源 2 2 (図 1 参照) を取り除いた構成となっており、他の構成は図 1 に示す構成と同じである。また、加熱手段 1 6 を取り除いたので、温度制御部 7 0 は、ガス冷却手段 1 0 4 (処理ガス導入手段 1 0 6) で冷却ガスの流量を制御することにより、ウエハ W の温度調整を行うことになる。

【 0 0 5 4 】

この場合にも、第 1 実施例と同様の作用効果を発揮することができる。すなわち、被処理体である半導体ウエハに対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計 6 4 で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいてガス冷却手段 1 0 4 を制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

【 0 0 5 5 】

< 第 3 実施例 >

次に本発明のマイクロ波照射装置の第 3 実施例について説明する。半導体ウエハ W の処理態様によっては、プロセス温度が比較的高くウエハ W の温度をガス冷却手段を用いて冷却する必要はなく、加熱手段の制御で十分に目標とする温度にウエハ W の温度を制御できる場合がある。このような場合には、先の第 1 実施例で用いたガス冷却手段 1 0 4 を不要にすることができる。図 5 はこのような本発明に係るマイクロ波照射装置の第 3 実施例を示す構成図である。尚、図 5 において、先の図 1 乃至図 3 に示した部分と同一構成部分については同一参照符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 5 6 】

図 5 に示すように、ここでは図 1 に示す構成からガス冷却手段 1 0 4 を取り除いた構成となっており、他の構成は図 1 に示す構成と同じである。すなわち、図 1 に示す場合は、ガス冷却手段 1 0 4 と処理ガス導入手段 1 0 6 とは兼用されていたので、ここではシャワーヘッド部 1 1 0 や流量制御器 1 2 0 は処理ガス導入手段 1 0 6 として機能することになる。また、ガス冷却手段 1 0 4 を取り除いたので、温度制御部 7 0 は、加熱手段 1 6 の加熱電源 2 2 のみを制御することにより、ウエハ W の温度調整を行うことになる。

【 0 0 5 7 】

この場合にも、第 1 実施例と同様の作用効果を発揮することができる。すなわち、被処理体である半導体ウエハに対してマイクロ波を照射しつつ放射温度計 6 4 で被処理体の温度を測定し、この測定値に基づいて加熱手段 1 6 を制御することにより被処理体の温度を調整することができる。

【 0 0 5 8 】

< ガス冷却手段 (処理ガス導入手段) の変形例 >

次に、ガス冷却手段 (処理ガス導入手段) の変形例について説明する。先に説明した第 1 ~ 第 3 実施例においては、ガス冷却手段 1 0 4 或いは処理ガス導入手段 1 0 6 は、同心円状に配置された 2 本の分散管 1 1 2 A、1 1 2 B (図 3 参照) を有していたが、これに限定されず、ノズルを用いてもよい。図 6 はガス冷却手段 (処理ガス導入手段) の変形例を示す図である。尚、図 6 において先に説明した図と同一構成部分については同一参照符号を付して、その説明を省略する。

【 0 0 5 9 】

図 6 に示すように、ここではシャワーヘッド部 1 1 0 (図 1 参照) を設けておらず、これに代えて処理容器 4 の側壁を貫通させるようにして複数本のガスノズル 1 3 0 を設けており、このガスノズル 1 3 0 の先端をウエハ W の表面に斜め上方より接近させて向けている。これにより噴射される冷却ガス (処理ガス) を直接的にウエハ W の表面に当てて冷却効率を上げるようになっている。また、このガスノズル 1 3 0 の数は特に制限されない。

【 0 0 6 0 】

尚、以上の各実施例 (第 3 実施例を除く) の説明では、ガス冷却手段 1 0 4 と処理ガス

10

20

30

40

50

導入手段 106 とを兼用するようにしたが、これに限定されず、両者を分離してそれぞれ別個に設けるようにしてもよい。例えばガス冷却手段 104 として図 6 に示したようなガスノズル 130 を有するものを用い、処理ガス導入手段 106 として図 1 に示すようなシャワーヘッド部 110 を有するものを用いてもよいし、或いは両者を逆にして用いるようにしてもよい。また、ここでは加熱手段 16 として LED 素子やレーザ素子を備えた発光素子ユニット 18 (図 1 参照) を用いたが、これに限定されず、ハロゲンランプ、水銀ランプ、フラッシュランプ等の加熱ランプを用いるようにしてもよい。

【0061】

< 第 4 実施例 >

次に、本発明のマイクロ波照射装置の第 4 実施例について説明する。半導体ウエハの処理態様によっては、先の第 2 実施例と同様に、例えば下地膜等を熱的に保護する目的でウエハ W のプロセス温度を低く抑えたい場合がある。このような場合には、第 1 実施例で用いた加熱手段 16 は不要になると共に、マイクロ波照射による加熱量でもウエハ温度はかなり上昇するので、プロセス中にはウエハを効率的に冷却する必要がある。

【0062】

図 7 はこのような本発明に係るマイクロ波照射装置の第 4 実施例を示す構成図、図 8 はガス冷却手段の冷却ガス噴射箱の近傍を示す平面図、図 9 はリフト機構のリフトピンの部分を示す拡大断面図である。図 7 乃至図 9 において、先の図 1 乃至図 6 に示した部分と同一構成部分については同一参照符号を付してその説明を省略する。

【0063】

図 7 にも示すように、この第 4 実施例のマイクロ波照射装置では、処理容器 4 の天井部には、先の第 1 実施例と同様にマイクロ波導入手段 72 及び攪拌機 92 は設けられている。しかし、マイクロ波照射の障害となる仕切板 100 及びシャワーヘッド部 110 (図 1 参照) は設けられておらず、天井部に設けたマイクロ波導入手段 72 のマイクロ波導入ポート 78 からマイクロ波を被処理体である半導体ウエハ W に向けて直接的に照射できるようになっている。

【0064】

そして、この処理容器 4 内には、上記半導体ウエハ W を支持するリフトピン 132 を有してこのウエハ W を昇降させるリフト機構 134 と、上記ウエハ W の下面に対して冷却ガスを噴射して冷却するガス冷却手段 136 とが設けられ、更に、上記リフト機構 134 にウエハ W を吸着させる真空チャック機構 138 が設けられる。

【0065】

具体的には、上記リフト機構 134 は、上記リフトピン 132 と、このリフトピン 132 の下端部に連結されてリフトピン 132 を支持するリフト板 140 と、このリフト板 140 にその上端部が連結された昇降ロッド 142 と、この昇降ロッド 142 を昇降させるアクチュエータ 144 とを有している。上記リフトピン 132 は複数本、例えば 3 本 (図 7 では 2 本のみ記す) が円周上に等間隔で配置されている (図 8 参照)。

【0066】

そして、上記リフト板 140 は、例えば円形リング状に形成されており、このリフト板 140 の上面に上記リフトピン 132 の下端部が接合して連結されている。尚、このリフト板 140 は、円弧形状、或いは円板状に成形してもよい。そして、上記リフトピン 132 の上端を上記ウエハ W の下面の周縁部に当接させてこれを支持するようになっている。

【0067】

上記リフト板 140 の一端部には、上記昇降ロッド 142 の上端部が接合して連結されており、この昇降ロッド 142 の下部は、下方向へ延びて処理容器 4 の底部を貫通している。そして、この昇降ロッド 142 の下端部側に上記アクチュエータ 144 を連結しており、上記リフト板 140 及びリフトピン 132 を一体的に昇降できるようになっている。また上記昇降ロッド 142 の容器底部の貫通部には、金属製のベローズ 146 が介設されており、処理容器 4 内の気密性を維持しつつ昇降ロッド 142 の上下動を許容するようになっている。

【 0 0 6 8 】

ここで上記リフトピン 1 3 2、リフト板 1 4 0 及び昇降ロッド 1 4 2 は、マイクロ波に対する吸収が少ない誘電体材料である石英 (SiO_2) やアルミナ (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN)、シリコンカーバイド (SiC) 等のセラミック材により形成されている。本実施例では、上記各リフトピン 1 3 2 に、吸引孔 1 5 0 が形成されており、この吸引孔 1 5 0 が上記真空チャック機構 1 3 8 の一部を形成している。具体的には、上記吸引孔 1 5 0 は、リフトピン 1 3 2 の中心部にその長さ方向に沿って形成されており、また上記リフト板 1 4 0 及び昇降ロッド 1 4 2 の内部には、これらに沿って吸引通路 1 5 2 が形成されている。この吸引通路 1 5 2 の先端部は、上記リフトピン 1 3 2 に形成した吸引孔 1 5 0 の下端部に連通されている。

10

【 0 0 6 9 】

更に、上記昇降ロッド 1 4 2 に形成した吸引通路 1 5 2 の下端部は、昇降ロッド 1 4 2 の上下動を許容する金属製のベローズ 1 5 4 を介してチャック用排気通路 4 8 に接続されている。そして、このチャック用排気通路 4 8 の他端は真空排気系 3 8 の圧力調整弁 4 2 と真空ポンプ 4 4 との間の排気通路 4 0 に接続されている。

【 0 0 7 0 】

そして、このチャック用排気通路 4 8 には第 1 の開閉弁 5 0 が介設されており、この第 1 の開閉弁 5 0 を開状態にすることにより上記吸引通路 1 5 2 内及び吸引孔 1 5 0 内の雰囲気は真空引きしてウエハ W を吸引吸着する真空チャック機能を発揮できるようになっている。

20

【 0 0 7 1 】

また上記第 1 の開閉弁 5 0 の上流側のチャック用排気通路 4 8 と上記圧力調整弁 4 2 の上流側の排気通路 4 0 との間は、リリース通路 5 2 により接続されている。そして、このリリース通路 5 2 には第 2 の開閉弁 5 4 が介設されて、この第 2 の開閉弁 5 4 を開状態 (第 1 の開閉弁 5 0 は閉状態) にすることにより、ウエハ W が収容されている処理空間と吸引孔 1 5 0 内との圧力を同圧にしてウエハ W のチャックを解除できるようになっている。

【 0 0 7 2 】

ここで、上記リフトピン 1 3 2 の上端部は、図 9 にも示すように拡径されており、吸引孔 1 5 0 内の上端部である吸引ポート 1 5 6 の直径を大きくして吸引面積が拡大されており、ウエハ W に対して適正な吸引力を発生するようになっている。この場合、吸引ポート 1 5 6 の直径は、後述するようにウエハ W の裏面に対して吹き付けられる冷却ガスによりウエハ W が上方へ吹き飛ばされず且つ過度に大きな吸引力を発生しないような大きさに設定される。この吸引ポート 1 5 6 の直径 D 1 の大きさは、真空排気系 3 8 の排気吸引能力にもよるが、例えば 2 ~ 1 0 mm の範囲内の大きさであり、ここでは例えば 3 mm に設定されている。

30

【 0 0 7 3 】

そして、上記リフトピン 1 3 2 に支持されたウエハ W の下面に対して冷却ガスを噴射する上記ガス冷却手段 1 3 6 は、上記ウエハ W の下方に配置された冷却ガス噴射箱 1 5 8 を有している。この冷却ガス噴射箱 1 5 8 は、ウエハ W の直径よりも少し大きくなされた円形の箱状、或いは容器状に成形されている。この冷却ガス噴射箱 1 5 8 は、処理容器 4 の底部より起立された支柱 8 により支持されている。この場合、先の第 1 実施例のように直径の大きな円筒状の 1 本の支柱 8 を用いてもよいし、或いは直径の小さな円柱状の複数本の支柱 8 を用いてもよい。

40

【 0 0 7 4 】

ここでは直径の小さな円柱状の複数本の支柱 8 により上記冷却ガス噴射箱 1 5 8 を支持している。そして、この冷却ガス噴射箱 1 5 8 の内部には、ガス拡散室 1 6 0 が形成されている。この冷却ガス噴射箱 1 5 8 の上面区画壁には、複数のガス噴射孔 1 6 2 が全面に亘ってほぼ均等に分散させて設けられており、各ガス噴射孔 1 6 2 からウエハ W の下面に向けて冷却ガスを吹き付けることにより、上記ウエハ W を冷却できるようになっている。

【 0 0 7 5 】

50

また上記冷却ガス噴射箱 1 5 8 には、上記リフトピン 1 3 2 の設置位置に対応させてピン挿通管 1 6 4 が上下方向に沿って形成されており、このピン挿通管 1 6 4 内に沿って上記リフトピン 1 3 2 を挿通させるようになっている。このピン挿通管 1 6 4 内は、上記ガス拡散室 1 6 0 に対して気密に区画されている。上記冷却ガス噴射箱 1 5 8 は、アルミニウムやアルミニウム合金等の金属汚染の少ない金属や石英やセラミック材等により成形することができる。

【 0 0 7 6 】

また上記冷却ガス噴射箱 1 5 8 からは下方に向けてガス導入管 1 6 6 が延びており、このガス導入管 1 6 6 は、Ｏリング等のシール部材 1 6 8 を介して下方へ貫通されている。そして、このガス導入管 1 6 6 にはガス通路 1 1 8 が接続されている。このガス通路 1 1 8 には、マスフローコントローラのような流量制御器 1 2 0 や開閉弁 1 7 0 が介設されており、Ar や N₂ 等の冷却ガスを流量制御しつつ供給できるようになっている。上記冷却ガスとして He、Ne 等の他の希ガスを用いてもよい。

【 0 0 7 7 】

そして、上記冷却ガス噴射箱 1 5 8 の周縁部と処理容器 4 内の側壁との間にはリング状の整流板 5 6 が介設されると共に、この整流板 5 6 には多数の整流孔 5 8 が形成されており、ウエハ W が設置されている処理空間 S の雰囲気を下方向へ整流しながら流して排気口 3 6 へ排出するようになっている。

【 0 0 7 8 】

次に、上記マイクロ波照射装置を用いて行われる処理（アニール処理や改質処理等）について説明する。まず、開かれたゲートバルブ 6 2 を介して半導体ウエハ W を搬送アーム（図示せず）により処理容器 4 内に収容し、リフト機構 1 3 4 のリフトピン 1 3 2 を上昇させることによってリフトピン 1 3 2 の上端でウエハ W の下面を突き上げてウエハ W を受け取り、搬送アームを後退させた後にゲートバルブ 6 2 を閉じて処理容器 4 内を密閉する。この場合、上記半導体ウエハ W としては、単体の半導体基板、例えばシリコン基板を用いてもよい。

【 0 0 7 9 】

ここで真空排気系 3 8 の真空ポンプ 4 4 は連続駆動されており、真空チャック機構 1 3 8 のチャック用排気通路 4 8 に介設した第 1 の開閉弁 5 0 を開状態（第 2 の開閉弁 5 4 は閉状態）にすることにより、リフト機構 1 3 4 のリフト板 1 4 0 及び昇降ロッド 1 4 2 に形成した吸引通路 1 5 2 内及びリフトピン 1 3 2 に形成した吸引孔 1 5 0 内の雰囲気を真空引きして減圧し、これによりチャック機能が発揮されてリフトピン 1 3 2 上に載置されているウエハ W の裏面を真空吸着してウエハ W を吸着固定する。尚、この真空吸着を解除するには、上記第 1 の開閉弁 5 0 を閉状態にすると共に、リリース通路 5 2 に介設した第 2 の開閉弁 5 4 を開状態にすることにより、チャック用密閉空間 1 2 と処理空間 S とを同圧にすればよい。

【 0 0 8 0 】

次に、上述のようにウエハ W を吸着したならば、リフトピン 1 3 2 をプロセスを行う位置まで降下させてリフトピン 1 3 2 を停止させる。この場合、ウエハ W は冷却ガス噴射箱 1 5 8 の上面に接しないでこの上方に位置させて停止されており、この状態でプロセスが開始される。

【 0 0 8 1 】

そして、ガス冷却手段 1 3 6 を駆動してガス拡散室 1 6 0 内へ冷却ガスとして Ar ガスや N₂ ガスを流量制御しつつ供給して拡散させ、この冷却ガスを各ガス噴射孔 1 6 2 から上方へ吹き出してウエハ W の下面全体に亘って冷却ガスを吹き付け、ウエハ W の冷却を開始する。この時、ウエハ W の下面と冷却ガス噴射箱 1 5 8 の上面との間は所定の幅 H 1 の隙間が形成されており、各ガス噴射孔 1 6 2 から吹き出された冷却ガスがウエハ W の裏面全体に均一に行き届くことができる。上記隙間の幅 H 1 は、例えば数 mm ～ 数 cm の範囲内である。この場合、処理空間 S のプロセス圧力は、処理態様にもよるが、例えば数 1 0 0 T o r r 程度であり、吸引孔 1 5 0 内の圧力は、チャック機能を発揮するためにこれ

10

20

30

40

50

よりも低い数 10 mm Torr である。

【0082】

これと同時に、マイクロ波導入手段 72 の各マイクロ波ユニット 74 のマイクロ波発生器 86 を駆動してマイクロ波を発生させる。このマイクロ波は、導波管 76 を伝播して処理容器 4 の天井部に形成した各マイクロ波導入ポート 78 より処理容器 4 内へ導入され、このマイクロ波はウエハ W の表面に直接的に照射される。このように、マイクロ波がウエハ W に照射されると、ジュール加熱、磁性加熱、誘電加熱等の電磁波加熱によりウエハ W は迅速に加熱されることになり、この結果、アニール処理や改質処理等が行われることになる。

【0083】

ここで、マイクロ波の吸収によりウエハ W は昇温するので、上述のように冷却ガス噴射箱 158 の各ガス噴射孔 162 よりウエハ W の下面に冷却ガスを噴射してウエハ W を冷却している。この場合、ウエハ W の下面に冷却ガスがほぼ均一に吹き付けられるので、ウエハ W の温度の面内均一性を高くすることができる。この時のウエハのプロセス温度は、例えば 100 ~ 400 程度の範囲内である。

【0084】

また、ウエハ W の下面に冷却ガスを吹き付けることでウエハ W には上方への浮力が発生するが、ウエハ W を裏面から支持するリフトピン 132 が真空チャック機構 138 を兼ねているのでウエハ W の位置ずれを防ぎつつ確実に冷却することができる。また、ここではリフトピン 132 の上端に設けた吸引ポート 156 の直径を適切に調整して最適化してこの吸引ポート 156 で発生する吸引力とウエハ W の下面に吹き付けられる冷却ガスにより発生する浮上力とがほぼ同じになるか、或いは吸引力の方が僅かに大きくなるように設定している。従って、ウエハ W が熱伸縮しても、この熱伸縮は容易に許容されてウエハ W の下面とリフトピン 132 の上端面との間で大きな摩擦力が発生せず、パーティクルの発生やウエハ下面が損傷することを抑制することができる。

【0085】

また、ウエハ W がマイクロ波を吸収するのに最適なウエハ W の下面と冷却ガス噴射箱 158 の上面との隙間の幅 H1 は、照射されるマイクロ波の条件により変化するが、ウエハ W をリフトピン 132 に保持したままマイクロ波の照射が行えるので、幅 H1 を適切な値にした上でウエハ W の処理を行うことができる。このように、本実施例では、被処理体である例えば半導体ウエハ W に対してマイクロ波を効率的に照射しつつ被処理体を効率的に冷却することができる。

【0086】

尚、ここでは冷却ガスの流量は固定的に設定したが、これに限定されず、第 1 実施例のようにウエハ温度を測定する放射温度計を設けて、この検出温度で冷却ガスの流量をフィードバック制御することにより、ウエハ W の温度を制御するようにしてもよい。

【0087】

またここでは、処理容器 4 内へは冷却ガスのみ導入しているが、処理態様によっては H₂ 等の還元ガスや O₂ 等の酸化ガス等の処理ガスをを用いる場合があり、このような場合には、上記ガス冷却手段 136 のガス通路 118 に処理ガス通路を接続して流量制御しつつ処理ガスを導入し、冷却ガスと処理ガスとを混合状態で供給するように構成すればよい。この場合には、ガス冷却手段と処理ガス導入手段とが兼用されることになる。

【0088】

また、上記処理ガスを導入する場合には、ガス冷却手段 136 とは別個に、図 1 に示したようにシャワーヘッド部 110 を有する処理ガス導入手段 106 を処理容器 4 内の上方に設けるようにしてもよい。

【0089】

また更に、上記第 4 実施例では、ガス冷却手段 136 として冷却ガス噴射箱 158 を用いたが、これに限定されず、例えば図 1 及び図 3 に示すように複数の分散管 112 A、112 B と連通管 114 とよりなるシャワーヘッド部 110 を用いてもよい。この場合には

10

20

30

40

50

、このシャワーヘッド部 1 1 0 をウエハ W の下方に配置し、各ガス噴射孔 1 1 6 を上方に向けてウエハ W の下面に冷却ガスを吹き付けるようにする。また、処理態様によっては、ウエハ W の下面と冷却ガス噴射箱 1 5 8 の上面との間の隙間の幅 H 1 (図 9 参照) を異ならせるようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

また、ここでは被処理体として半導体ウエハを例にとって説明したが、この半導体ウエハにはシリコン基板や G a A s 、 S i C 、 G a N などの化合物半導体基板も含まれ、更にはこれらの基板に限定されず、液晶表示装置に用いるガラス基板やセラミック基板等にも本発明を適用することができる。

【 符号の説明 】

10

【 0 0 9 1 】

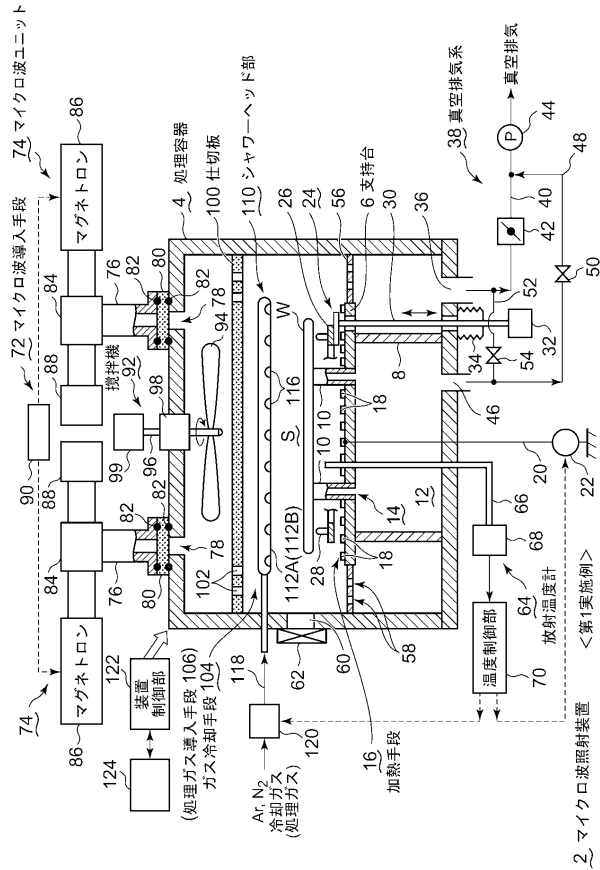
- 2 マイクロ波照射装置
- 4 処理容器
- 6 支持台
- 1 0 支持ピン
- 1 2 チャック用密閉空間
- 1 4 真空チャック機構
- 1 6 加熱手段
- 1 8 発光素子ユニット
- 2 2 加熱電源
- 3 8 真空排気系
- 6 4 放射温度計
- 6 6 プローブライン
- 6 8 温度測定部
- 7 0 温度制御部
- 7 2 マイクロ波導入手段
- 7 4 マイクロ波ユニット
- 8 6 マイクロ波発生器
- 9 2 攪拌機
- 9 4 攪拌プロペラ
- 1 0 4 ガス冷却手段
- 1 0 6 処理ガス導入手段
- 1 1 0 シャワーヘッド部
- 1 3 2 リフトピン
- 1 3 4 リフト機構
- 1 3 6 ガス冷却手段
- 1 3 8 真空チャック機構
- 1 4 0 リフト板
- 1 4 2 昇降ロッド
- 1 4 4 アクチュエータ
- 1 5 0 吸引孔
- 1 5 2 吸引通路
- 1 5 8 冷却ガス噴射箱
- 1 6 0 ガス拡散室
- 1 6 2 ガス噴射孔
- 1 6 4 ピン挿通管
- W 半導体ウエハ (被処理体)

20

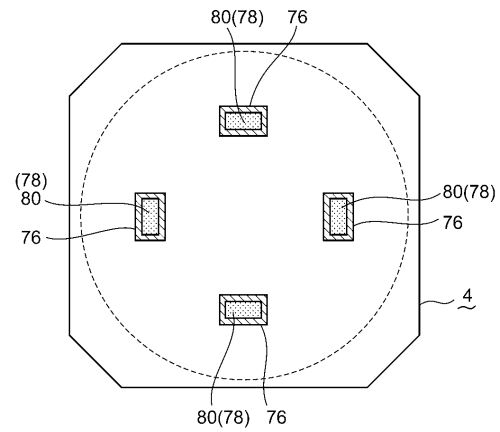
30

40

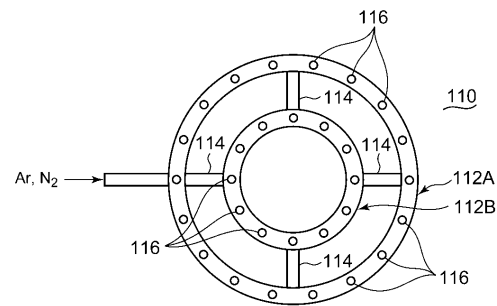
【図1】



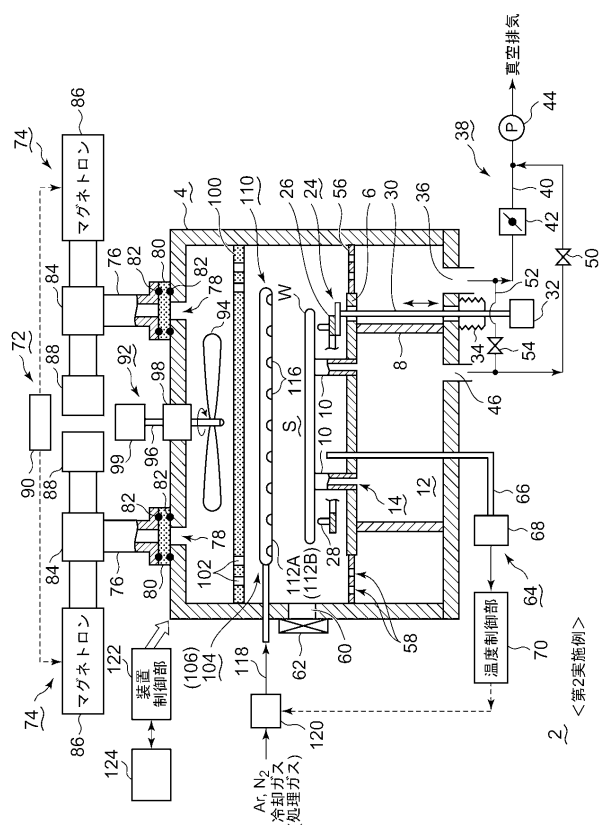
【図2】



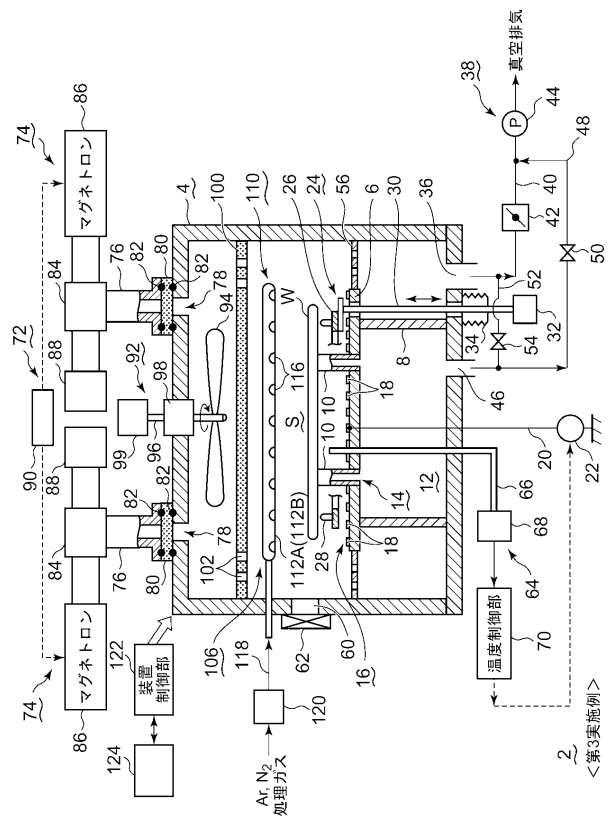
【図3】



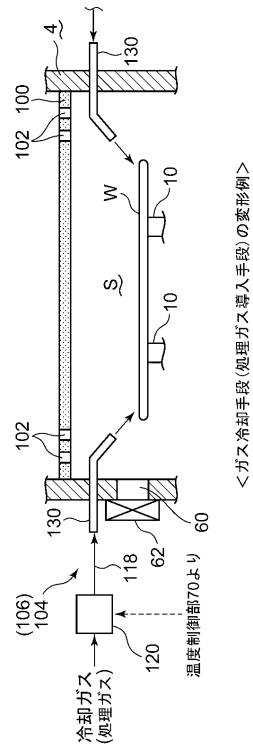
【図4】



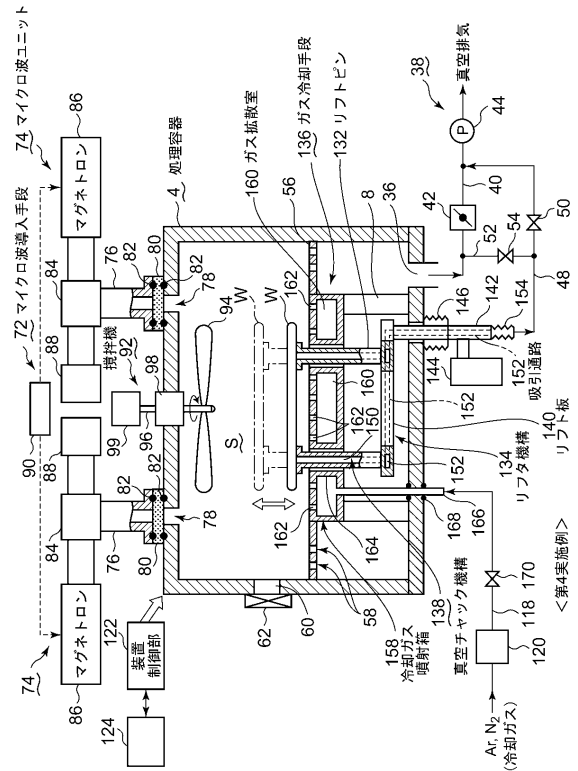
【図5】



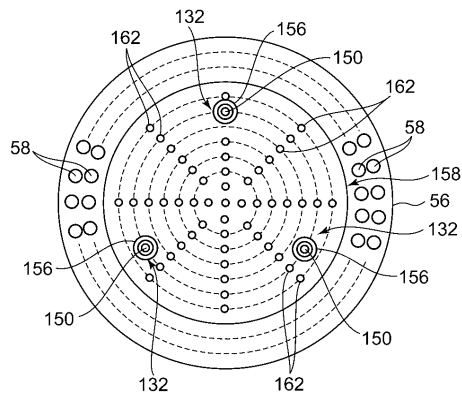
【図 6】



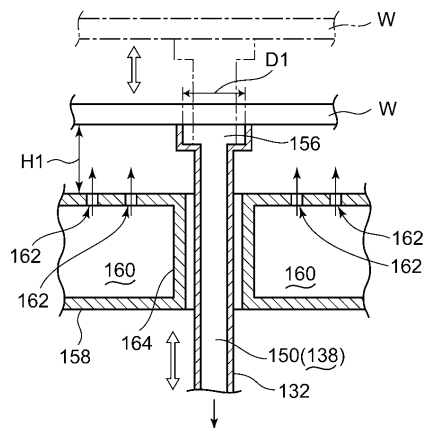
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 L	21/324	(2006.01)	H 0 1 L 21/324 T
			H 0 1 L 21/268 T
			H 0 1 L 21/324 W

(72)発明者	芦田 光利		
	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	小畑 雄治		
	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	田中 澄		
	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

審査官 右田 勝則

(56)参考文献 特開2007-258286(JP,A)
 特表2003-526940(JP,A)
 特開2000-082596(JP,A)
 特開平11-243086(JP,A)
 特公平07-114188(JP,B2)
 特開2006-173445(JP,A)
 特開平05-036641(JP,A)
 特開平08-139084(JP,A)
 特開2009-194375(JP,A)
 特開2004-296625(JP,A)
 特開昭62-193141(JP,A)
 特開2009-124171(JP,A)
 国際公開第03/009363(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L	21/268
H 0 1 L	21/265
H 0 1 L	21/31
H 0 1 L	21/324
H 0 5 B	6/74
H 0 5 B	6/80