

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6163442号  
(P6163442)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017.7.12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017.6.23)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20
HO 5 B 6/80 (2006.01)	HO 5 B 6/80 Z
HO 1 L 21/265 (2006.01)	HO 1 L 21/265 G O 2 C
HO 1 L 21/324 (2006.01)	HO 1 L 21/324 X
HO 1 L 21/268 (2006.01)	HO 1 L 21/268 Z

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-43220 (P2014-43220)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成26年3月5日 (2014.3.5)	(74) 代理人	100107582 弁理士 関根 毅
(65) 公開番号	特開2015-170662 (P2015-170662A)	(74) 代理人	100117787 弁理士 勝沼 宏仁
(43) 公開日	平成27年9月28日 (2015.9.28)	(74) 代理人	100118843 弁理士 赤岡 明
審査請求日	平成28年2月16日 (2016.2.16)	(72) 発明者	須黒 恭一 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	宮下 直人 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体製造装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ウエハを支持する支持部と、  
前記支持部を収容するチャンバと、  
マイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、  
前記ウエハの表面又は裏面に前記マイクロ波が照射されるように前記チャンバに取り付けられた導波管と、  
前記マイクロ波より短い波長の電磁波により前記ウエハを加熱する補助加熱手段と、  
を備え、

前記導波管は、前記ウエハの表面または裏面で反射されたマイクロ波を前記チャンバの側面部に到達させ、該チャンバの側面部で反射したマイクロ波を再びウエハに照射するように、前記ウエハの表面又は裏面に対して非垂直な方向に前記マイクロ波を照射する、半導体製造装置。

【請求項2】

前記補助加熱手段は、ホットプレート、ハロゲンランプ、アークランプ、及びレーザ装置のいずれか1つである  
請求項1に記載の半導体製造装置。

【請求項3】

前記チャンバの内壁は、非金属材料により被覆された  
請求項1または請求項2に記載の半導体製造装置。

## 【請求項 4】

チャンバ内の支持部上にウエハを設置し、

マイクロ波発生器からマイクロ波を発生させ、前記チャンバに取り付けられた導波管から、前記ウエハの表面または裏面で反射されたマイクロ波を前記チャンバの側面部に到達させかつ該チャンバの側面部で反射したマイクロ波を再びウエハに照射するように前記ウエハの表面又は裏面に対して非垂直な方向に前記マイクロ波を照射するとともに、補助加熱手段から前記マイクロ波より波長が短い電磁波を前記ウエハに照射することにより、前記ウエハを加熱することを含む半導体装置の製造方法。

## 【請求項 5】

前記マイクロ波及び前記マイクロ波より波長が短い電磁波により、前記ウエハを 700 以上の温度まで加熱する

請求項 4 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 6】

前記マイクロ波及び前記マイクロ波より波長が短い電磁波により前記ウエハを加熱した後、前記マイクロ波より波長が短い電磁波の出力を低下させ、前記マイクロ波の照射を継続する

請求項 4 又は請求項 5 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 7】

前記補助加熱手段は、ホットプレート、ハロゲンランプ、アークランプ、及びレーザー装置のいずれか 1 つである

請求項 4 ~ 請求項 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 8】

チャンバ内にウエハを設置し、

前記チャンバ内に設けられた第 1 の加熱手段からマイクロ波より波長が短い電磁波を発生させ、当該電磁波を前記ウエハに照射した後、第 2 の加熱手段からマイクロ波を発生させ、前記ウエハの表面または裏面で反射されたマイクロ波を前記チャンバの側面部に到達させかつ該チャンバの側面部で反射したマイクロ波を再びウエハに照射するように当該マイクロ波を前記ウエハの表面又は裏面に対して非垂直な方向に照射する半導体装置の製造方法。

## 【請求項 9】

前記導波管から前記ウエハの表面にマイクロ波が照射され、前記補助加熱手段は前記ウエハの裏面側に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、半導体製造装置及び半導体装置の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体装置の微細化に伴い、種々の半導体製造プロセスにおけるプロセス温度の低温化が求められている。そこで、不純物の活性化、アモルファスの結晶化、シリサイド（ケイ素と金属の化合物）の形成などにマイクロ波を使用することが提案されている。しかしながら、電極層や配線層などの金属層が形成されたウエハにマイクロ波を照射する場合、マイクロ波の一部が金属層により吸収または反射されるなどの理由で、マイクロ波で加熱したい領域が十分に加熱されない可能性がある。そのため、加熱対象領域を十分に加熱するための消費電力が増大してしまうという問題があった。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 234864 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

マイクロ波によるウエハの加熱を低消費電力化できる半導体製造装置及び半導体装置の製造方法を提供する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本実施形態に係る半導体製造装置は、支持部と、チャンバと、マイクロ波発生器と、導波管と、補助加熱手段とを備える。支持部は、ウエハを支持する。チャンバは、支持部を収容する。マイクロ波発生器は、マイクロ波を発生させる。導波管は、ウエハの表面にマイクロ波が照射されるようにチャンバに取り付けられる。補助加熱手段は、マイクロ波より短い波長の電磁波によりウエハを加熱する。導波管は、ウエハの表面または裏面で反射されたマイクロ波をチャンバの側面部に到達させ、該チャンバの側面部で反射したマイクロ波を再びウエハに照射するように、ウエハの表面又は裏面に対して非垂直な方向に前記マイクロ波を照射する。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0006】

【図1】第1実施形態に係る半導体製造装置を示す概略構成図。

【図2】第1実施形態に係る半導体装置の製造方法を示すフローチャート。

【図3】第2実施形態に係る半導体装置の第1のチャンバを示す概略構成図。

20

【図4】第2実施形態に係る半導体装置の第2のチャンバを示す概略構成図。

【図5】第2実施形態に係る半導体装置の製造方法を示すフローチャート。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0007】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

## 【0008】

## (第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る半導体製造装置を示す概略構成図である。図1の半導体製造装置は、支持部11と、チャンバ12と、マイクロ波発生器13と、導波管14と、温度計15と、冷却器16と、補助加熱手段17と、を備えている。

30

## 【0009】

支持部11は、ウエハ1を支持するための機構であり、石英サセプタ11aと、複数本の支持ピン11bと、回転シャフト11cとを備えている。石英サセプタ11aは、透明部材である石英で形成されている。支持ピン11bは、石英サセプタ11aの表面から突出しており、矢印Aのように、ウエハ1を上下方向に昇降させることができる。回転シャフト11cは、石英サセプタ11aの裏面に取り付けられており、矢印Bのように、ウエハ1を水平面内で回転させることができる。

## 【0010】

図1のウエハ1は、基板1aと、基板1a上に形成された1層以上の被加工層1bと、被加工層1bに含まれる1層以上の金属層1cとを備えている。基板1aは、例えば、シリコン基板、GaN基板またはGaNをSi基板上に形成したSi基板、SiC基板またはSiCをSi基板上に形成した基板などの半導体基板である。被加工層1bは、例えば、層間絶縁膜、素子分離絶縁膜、電極層、配線層などである。金属層1cは、例えば、金属電極を含む電極層や、金属配線を含む配線層などである。

40

## 【0011】

符号 $S_1$ は、ウエハ1の表面、すなわち、ウエハ1の被加工層1b側の面を示す。符号 $S_2$ は、ウエハ1の裏面、すなわち、ウエハ1の基板1a側の面を示す。本実施形態のウエハ1は、表面 $S_1$ を上向き、裏面 $S_2$ を下向きにして、支持部11上に設置されている。本実施形態の支持部11は、ウエハ1の裏面 $S_2$ を支持している。

## 【0012】

50

図1は、ウエハ1の表面 $S_1$ 及び裏面 $S_2$ に平行で、互いに垂直なX方向及びY方向と、ウエハ1の表面 $S_1$ 及び裏面 $S_2$ に垂直なZ方向とを示している。本明細書において、+Z方向を上方向として取り扱い、-Z方向を下方向として取り扱う。例えば、基板1aと被加工層1bとの位置関係は、基板1aが被加工層1bの下方に位置していると表現される。

【0013】

チャンバ12は、支持部11を収容している。図1においては、チャンバ12内に搬入されたウエハ1が支持部11上に設置されている。チャンバ12は、例えば、Al、Al合金、及びSUS（ステンレス鋼）などにより構成される。

【0014】

チャンバ12は、支持部11上のウエハ1の温度を測定するための窓部12aを有している。窓部12aは、石英またはサファイアなどの透明部材で形成されている。

【0015】

チャンバ12の内壁面12bは、約1~10 $\mu$ mの厚さの非金属材料により被覆されている。非金属材料として、絶縁性の材料又は低い導電性を有する材料が用いられ、例えば、シリカ（酸化ケイ素）やポリイミドなどが挙げられる。この非金属材料による被覆によりウエハ1への金属汚染を防止することができることが確認された。

【0016】

マイクロ波発生器13は、マイクロ波を発生させる。マイクロ波の周波数は、次に示す周波数範囲の内どのような値でもよい。本実施形態のマイクロ波発生器13は、2.45~30GHzの周波数帯、好ましくは5.80GHz以上の周波数帯のマイクロ波を発生させる。例えば、マイクロ波発生器13の製造コストや信頼性の観点から、マイクロ波の周波数は、5.80GHz~14GHzの範囲に設定され得る。

【0017】

導波管14は、マイクロ波発生器13から発生したマイクロ波をK方向に射出するようにチャンバ12に取り付けられており、K方向に射出されたマイクロ波をウエハ1の表面 $S_1$ に照射する。図1において、K方向は、ウエハ1の表面 $S_1$ 及び裏面 $S_2$ に対して非垂直な方向である。そのため、K方向は、Z方向に非平行である。K方向は、ウエハ1の表面 $S_1$ 及び裏面 $S_2$ に対して垂直な方向であってもよい。

【0018】

導波管14の数、取り付け位置、取り付け方法は任意に設計することができる。例えば、導波管14は、ウエハ1の表面 $S_1$ にマイクロ波を均一に照射できるように、複数付けられるのが好ましい。また、導波管14は、図1に示すように、チャンバ12の側面に取り付けられてもよいし、チャンバ12の上面に取り付けられてもよい。さらに、導波管14は、チャンバ12に直接的に取り付けられていてもよいし、チャンバ12に他の部材などを介して間接的に取り付けられていてもよい。

【0019】

符号Lは、導波管14の中心軸を示す。本実施形態の中心軸Lは、K方向に対して平行に設定されている。その結果、本実施形態の導波管14は、マイクロ波をK方向に出射する。符号 $\theta$ は、ウエハ1の表面 $S_1$ 及び裏面 $S_2$ に対するK方向の角度を示す。本実施形態の角度 $\theta$ は、0度~90度、好ましくは90度未満である。

【0020】

温度計15は、ウエハ1の裏面 $S_2$ に赤外線を照射し、反射された光の強度を測定することにより温度を測定できる放射温度計（パイロメータ）である。本実施形態の温度計15aは、ウエハ1から放射された電磁波（光）を、窓部12aを介して測定することで、ウエハ1の温度を測定する。温度計15aとウエハ1との間にある構造物によりウエハ1の裏面 $S_2$ に赤外線を照射できない場合には、光ファイバにより接続された温度計15aの先端部が、図1の矢印Mの方向に移動して、赤外線を照射可能なように位置決めする。温度計15bは、ウエハ1の中心から径方向に距離が異なる複数箇所で、ウエハ1の温度を測定可能なように配置されている。温度計15による温度の測定結果は、例えば、支

10

20

30

40

50

持ピン 11 b の位置、回転シャフト 11 c の回転、マイクロ波発生器 15 の動作、冷却器 16 の動作などの制御用に利用される。

【0021】

冷却器 16 は、ウエハ 1 を冷却したり、プロセスを実行したりするための、ガス供給器である。冷却器 16 は、シャワーのように複数の開口部を有するノズル 16 a を介して、ガス供給器 16 b , 16 d から Ar、Ne、He、Xe、N<sub>2</sub> などの不活性ガスを、ウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> に均一に供給する。ノズル 16 a とガス供給器 16 b , 16 d との間はバルブ 16 c , 16 e により開閉される。図 1 において、半導体製造装置は冷却器 16 を 1 つ備えるが、複数備える構成も可能である。

【0022】

補助加熱手段 17 は、マイクロ波発生器 13 が発生させるマイクロ波よりも波長が短い電磁波を発生させ、当該電磁波をウエハ 1 に照射することによりウエハ 1 を加熱する。ここでいうマイクロ波とは、波長が 100 μm ~ 1 m (周波数が 300 MHz ~ 3 THz) の電磁波である。したがって、マイクロ波よりも波長が短い電磁波には、例えば、赤外線、可視光、紫外線などの光が含まれる。図 1 の補助加熱手段 17 は石英サセプタ 11 a の裏面に配置されたホットプレートであり、遠赤外線によりウエハ 1 を加熱する。なお、補助加熱手段 17 として、ホットプレートの代わりに、ハロゲンランプ、アークランプ、及びレーザ装置などを用いることも可能である。補助加熱手段 17 は、使用される手段に応じた適切な位置に配置される。

【0023】

以上説明したとおり、本実施形態に係る半導体製造装置によれば、ウエハ 1 を導波管 14 から照射されるマイクロ波及び補助加熱手段 17 から照射されるマイクロ波より波長の短い光などの電磁波により加熱することができる。したがって、ウエハ 1 を所望の温度まで加熱する際、補助加熱手段 17 によるウエハ 1 の加熱を併用することにより、ウエハ 1 を加熱するためのマイクロ波の出力を低下させ、消費電力を削減することができる。

【0024】

また、従来の一般的な半導体製造装置は、マイクロ波を - Z 方向に出射し、- Z 方向に出射されたマイクロ波をウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> に照射する。すなわち、マイクロ波はウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> に対して垂直な方向に照射される。よって、ウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> でマイクロ波が反射される際、マイクロ波は主に + Z 方向に反射される。+ Z 方向に反射されたマイクロ波は、チャンバ 12 の上部に到達する。一般に、チャンバ 12 の上部には多くの機器が配置されているため、チャンバ 12 の上部に到達するマイクロ波は、様々な方向に反射されてしまう。したがって、チャンバ 12 の上部に到達したマイクロ波の多くは、再びウエハ 1 に照射されることはない。

【0025】

一方、本実施形態の半導体製造装置は、マイクロ波を K 方向に出射し、K 方向に出射されたマイクロ波をウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> に照射する。K 方向をウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> に対して非垂直な方向に設定することにより、マイクロ波はウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> に対して非垂直な方向に照射される。この場合、ウエハ 1 の表面 S<sub>1</sub> で反射されたマイクロ波は、主にチャンバ 12 の側面部に到達する。一般に、チャンバ 12 の側面部には機器がほとんど配置されていないため、チャンバ 12 の側面部に到達したマイクロ波の多くは、チャンバ 12 の内壁面 12 b で繰り返し反射する。したがって、チャンバ 12 の側面部に到達するマイクロ波の多くを、再びウエハ 1 に照射することができる。

【0026】

これにより、本実施形態によれば、ウエハ 1 が金属層 1 c を含む場合であっても、同じマイクロ波をウエハ 1 に繰り返し照射することにより、ウエハ 1 を少ない消費電力で加熱することができるとともに、ウエハ 1 の様々な領域に様々な方向からマイクロ波が照射されるため、ウエハ 1 を均一に加熱することができる。

【0027】

なお、本実施形態の導波管 14 の位置、角度、形状は、各導波管 14 から出射されたマ

10

20

30

40

50

マイクロ波が、再び同じ導波管 1 4 や別の導波管 1 4 に戻ってこないように設計することが望ましい。

【 0 0 2 8 】

さらに、従来一般的な半導体製造装置は、チャンバ 1 2 の内壁面 1 2 b が非金属材料により被覆されていなかったため、ウエハ 1 を加熱した際、チャンバ 1 2 を構成する Al などの金属原子が内壁面 1 2 b から脱離してチャンバ 1 2 内を浮遊し、ウエハ 1 に付着するおそれがあった。例えば、従来半導体製造装置によりウエハ 1 に 6 0 0 ~ 8 0 0 のマイクロ波アニール処理を施した場合、ウエハ 1 の表面  $S_1$  に  $1 E 1 0 c m^{-2}$  オーダーの金属汚染が検出されることがあった。このような金属汚染は、CMOS イメージセンサや CCD イメージセンサの白傷という欠陥の原因となる。

10

【 0 0 2 9 】

一方、本実施形態に係る半導体製造装置は、チャンバ 1 2 の内壁面が非金属材料により被覆されているため、ウエハ 1 を加熱した際、チャンバ 1 2 を構成する Al などの金属原子が内壁面 1 2 b から脱離することが抑制される。したがって、ウエハ 1 の金属汚染を抑制することができる。例えば、本実施形態に係る半導体製造装置により、ウエハ 1 に 6 0 0 ~ 8 0 0 のマイクロ波アニール処理を施した場合、ウエハ 1 の表面  $S_1$  の金属汚染は  $1 E 8 c m^{-2}$  以下 (ICP-MASS により検出不能) のレベルに低減することができる。これにより、CMOS イメージセンサや CCD イメージセンサの白傷を大幅に抑制することができる。

【 0 0 3 0 】

20

なお、本実施形態に係る半導体製造装置は、半導体装置の任意の加熱処理に用いることが可能であり、例えば、アモルファス材料の結晶化及び結晶粒成長、半導体パターンの結晶欠陥回復、シリサイド (金属とケイ素との化合物)、W プラグ、Cu 配線などの低抵抗化、コンタクト抵抗の低抵抗化、絶縁膜の膜質改善、トランジスタの界面準位及び固定電荷の低減のための加熱処理に用いることができる。

【 0 0 3 1 】

次に、図 1 の半導体製造装置を用いた半導体装置の製造方法について図 2 を参照して説明する。ここで、図 2 は、本実施形態に係る半導体装置の製造方法を示すフローチャートである。以下では、ウエハ 1 の被加工層 1 b として成膜されたアモルファス  $S_i$  から、加熱処理により多結晶  $S_i$  を形成する方法について説明する。なお、アモルファス  $S_i$  とは、非結晶性のケイ素化合物であり、多結晶  $S_i$  とは、結晶性のケイ素化合物である。

30

【 0 0 3 2 】

まず、チャンバ 1 2 内に、被加工層 1 b としてアモルファス  $S_i$  膜が成膜されたウエハ 1 を搬入し、支持台 1 1 上にウエハ 1 を設置する (ステップ S 1)。このとき、ウエハ 1 は、表面  $S_1$  を上向き、裏面  $S_2$  を下向きにして、支持部 1 1 上に設置される。ただし、ウエハ 1 を、表面  $S_1$  を下向き、裏面  $S_2$  を上向きにして、支持部 1 1 上に設置してもよい。

【 0 0 3 3 】

次に、補助加熱手段 1 7 によりウエハ 1 の表面  $S_1$  に遠赤外線などのマイクロ波より波長が短い光などの電磁波を照射し、ウエハ 1 を 2 0 0 ~ 4 0 0 で加熱する。また、補助加熱手段 1 7 による加熱と同時に、マイクロ波発生器 1 3 からマイクロ波を発生させ、導波管 1 4 からマイクロ波を K 方向に出射する。これにより、マイクロ波がウエハ 1 の表面  $S_1$  に照射され、ウエハ 1 がマイクロ波の熱によりアニールされる (ステップ S 2)。マイクロ波の出力は、マイクロ波と光などの電磁波との重畳加熱により、ウエハ 1 の温度が 7 0 0 以上となるように設定される。なお、ウエハ 1 の裏面  $S_2$  を上向きにして設置する場合は、マイクロ波は裏面  $S_2$  に照射される。

40

【 0 0 3 4 】

これにより、ウエハ 1 の被加工層 1 b として形成されたアモルファス  $S_i$  中に結晶核が形成される。ウエハ 1 の加熱時間は、被加工層 1 b の厚さに応じて設定され、例えば、被加工層 1 b の厚さが 1 0 nm 以下の場合、1 0 秒 ~ 6 0 秒とされる。

50

## 【0035】

アモルファスSi中に結晶核が形成された後、補助加熱手段17による電磁波の出力を低下させ、マイクロ波の照射を継続する(ステップS3)。ここでいう電磁波の出力の低下には、補助加熱手段17による加熱の終了、すなわち、電磁波の出力を0にすることが含まれる。

## 【0036】

結晶核の形成後にウエハ1にマイクロ波を照射することにより、アモルファスSi中に存在する不規則原子配列による電子分極にねじれ振動が発生し、Siの共有結合の組み替えや微少な位置移動が生じる。これにより、結晶核を起点にしてSi結晶が高速で成長し、結晶粒が拡大する。したがって、短時間で多結晶Siを形成することができる。非加工層1bの厚さが10nm以下の場合、マイクロ波の照射により、例えば、ウエハ1の表面S<sub>1</sub>と平行な方向の粒径が300nm以上のSi結晶に成長させることができる。

10

## 【0037】

この際、補助加熱手段17による電磁波の出力を低下させることにより、結晶核密度を制御することができる。ステップS2における補助加熱手段17による加熱を継続すると、結晶核密度が高まり、個々の結晶の成長が阻害されるおそれがある。しかし、上述のように、ステップS3の結晶成長工程において、補助加熱手段17による電磁波の出力を低下させることにより、結晶核密度を制御し、所望の結晶核密度を実現することができる。

## 【0038】

なお、ステップS2、S3の処理の間、回転シャフト11cを回転させることで、ウエハ1を回転させてもよい。これにより、ウエハ1をより均一に加熱することができる。また、ステップS2、S3の処理の間、温度計15によりウエハ1の温度を測定してもよいし、冷却器16によりウエハ1を冷却してもよい。

20

## 【0039】

従来の半導体製造装置は、補助加熱手段を備えなかったため、アモルファスSi中に結晶核を形成するための加熱工程において、マイクロ波のみによりウエハ1を700以上に加熱しなければならず、加熱に必要なマイクロ波の出力が増大し、消費電力が大きくなった。しかしながら、本実施形態によれば、マイクロ波による加熱と、マイクロ波より波長が短い光などの電磁波による加熱とが併用されるため、マイクロ波による加熱を低消費電力化することができる。

30

## 【0040】

また、ウエハ1の表面S<sub>1</sub>に対して非垂直な方向でマイクロ波を照射することにより、ウエハ1を均一に加熱することができる。さらに、チャンバ12の内壁面12bが非金属材料により被覆された半導体製造装置を用いることにより、ステップS2、S3の加熱工程におけるウエハ1の金属汚染を抑制することができる。

## 【0041】

## (第2実施形態)

次に、第2実施形態に係る半導体製造装置について図3、図4を参照して説明する。本実施形態に係る半導体製造装置は、第1のチャンバ112と第2のチャンバ212とを備える。ここで、図3は第1のチャンバ112を示す概略構成図であり、図4は第2のチャンバ212を示す概略構成図である。

40

## 【0042】

第1のチャンバ112は、図3に示すように、支持部11と、温度計15と、冷却器16と、加熱手段18と、を備える。支持部11、温度計15、及び冷却器16の構成は、第1実施形態に係る半導体製造装置と同様である。

## 【0043】

第1のチャンバ112は、支持部11を収容している。図3においては、第1のチャンバ112内に搬入されたウエハ1が支持部11上に設置されている。第1のチャンバ112は、例えば、Al、Al合金、及びSUS(ステンレス鋼)などにより構成される。

## 【0044】

50

第1のチャンバ12は、支持部11上のウエハ1の温度を測定するための窓部12aを有している。窓部12aは、石英またはサファイアなどの透明部材で形成されている。

【0045】

第1のチャンバ12の内壁面112bは、約1~10 $\mu$ mの厚さの非金属材料により被覆されている。非金属材料として、絶縁性の材料又は低い導電性を有する材料が用いられ、例えば、シリカ(酸化ケイ素)やポリイミドなどが挙げられる。

【0046】

加熱手段18(第1の加熱手段)は、マイクロ波よりも波長が短い光などの電磁波を発生させ、当該電磁波をウエハ1に照射することによりウエハ1を例えば700まで加熱する。加熱手段18として、ハロゲンランプ、アークランプ、及びレーザー装置などを用いることが可能である。レーザー装置を用いる場合、加熱対象であるウエハ1の被加工層1bの厚さによりレーザーの波長を選択する。例えば、被加工層1bの厚さが100nm以下の場合、XeClやKrFを用いたエキシマレーザー、100nm~1 $\mu$ mの場合、YAGなどを用いた固体レーザー、1 $\mu$ m以上の場合、CO<sub>2</sub>レーザーが用いられる。加熱手段18は、使用される手段に応じた適切な位置に配置される。

【0047】

第2のチャンバ212は、図4に示すように、支持部11と、マイクロ波発生器13及び導波管14(第2の加熱手段)と、温度計15と、冷却器16と、を備えている。支持部11、マイクロ波発生器13、導波管14、温度計15、及び冷却器16の構成は、第1実施形態に係る半導体製造装置と同様である。

【0048】

第2のチャンバ212は、支持部11を収容している。図4においては、第2のチャンバ212内に搬入されたウエハ1が支持部11上に設置されている。第2のチャンバ212は、例えば、Al、Al合金、及びSUS(ステンレス鋼)などにより構成される。

【0049】

第2のチャンバ212は、支持部11上のウエハ1の温度を測定するための窓部12aを有している。窓部12aは、石英またはサファイアなどの透明部材で形成されている。

【0050】

第2のチャンバ22の内壁面212bは、約1~10 $\mu$ mの厚さの非金属材料により被覆されている。非金属材料として、絶縁性の材料又は低い導電性を有する材料が用いられ、例えば、シリカ(酸化ケイ素)やポリイミドなどが挙げられる。

【0051】

以上説明したように、本実施形態によれば、第1のチャンバ112及び第2のチャンバ212の内壁面は非金属材料により被覆されているため、ウエハ1の加熱時における金属汚染を抑制することができる。

【0052】

なお、第1のチャンバ112及び第2のチャンバ212は、単一の装置に組み込まれてもよいし、それぞれ別個の半導体製造装置として構成されてもよい。

【0053】

次に、本実施形態に係る半導体製造装置を用いた半導体装置の製造方法について図5を参照して説明する。ここで、図5は、本実施形態に係る半導体装置の製造方法を示すフローチャートである。以下では、ウエハ1の被加工層1bとして成膜されたアモルファスSiから多結晶Siを形成する方法について説明する。

【0054】

まず、第1のチャンバ112内に、被加工層1bとしてアモルファスSi膜が成膜されたウエハ1を搬入し、支持台11上にウエハ1を設置する(ステップS4)。このとき、ウエハ1は、表面S<sub>1</sub>を上向き、裏面S<sub>2</sub>を下向きにして、支持部11上に設置される。

【0055】

次に、加熱手段18によりウエハ1に光などの電磁波を照射し、ウエハ1を700まで加熱する(ステップS5)。これにより、ウエハ1の被加工層1bとして形成されたア

10

20

30

40

50



モルファス  $S_i$  中に結晶核が形成される。ウエハ 1 の加熱時間は、被加工層 1 b の厚さに応じて設定される。

【0056】

アモルファス  $S_i$  中に結晶核が形成された後、ウエハ 1 を第 2 のチャンバ 1 1 2 内に搬入し、支持台 1 1 上に設置する（ステップ S 6）。このとき、ウエハ 1 は、表面  $S_1$  を上向き、裏面  $S_2$  を下向きにして、支持部 1 1 上に設置される。

【0057】

次に、マイクロ波発生器 1 3 からマイクロ波を発生させ、導波管 1 4 からマイクロ波を K 方向に出射する。これにより、マイクロ波がウエハ 1 の表面  $S_1$  に照射され、ウエハ 1 がマイクロ波の熱によりアニールされる（ステップ S 7）。

10

【0058】

結晶核の形成後にウエハ 1 にマイクロ波を照射することにより、アモルファス  $S_i$  中に存在する不規則原子配列による電子分極にねじれ振動が発生し、 $S_i$  の共有結合の組み替えや微少な位置移動が生じる。これにより、結晶核を起点にして  $S_i$  結晶が高速で成長し、結晶粒が拡大する。したがって、短時間で多結晶  $S_i$  を形成することができる。非加工層 1 b の厚さが 10 nm 以下の場合、マイクロ波の照射により、例えば、ウエハ 1 の表面  $S_1$  と平行な方向の粒径が 300 nm 以上の  $S_i$  結晶に成長させることができる。

【0059】

以上説明したとおり、本実施形態に係る半導体装置の製造方法によれば、マイクロ波の照射は、アモルファス  $S_i$  の結晶核の形成工程には用いられず、結晶核の成長工程にのみ用いられる。これにより、必要とされるマイクロ波の出力を低下させ、マイクロ波を発生させるための消費電力を削減することができる。

20

【0060】

また、ウエハ 1 の表面  $S_1$  に対して非垂直な方向でマイクロ波を照射することにより、ウエハ 1 を均一に加熱することができる。さらに、第 1 のチャンバ 1 1 2 及び第 2 のチャンバ 2 1 2 の内壁面が非金属材料により被覆されているため、ステップ S 5、S 7 の加熱工程におけるウエハ 1 の金属汚染を抑制することができる。

【0061】

なお、本発明は上記各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記各実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって種々の発明を形成できる。また例えば、各実施形態に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除した構成も考えられる。さらに、異なる実施形態に記載した構成要素を適宜組み合わせてもよい。

30

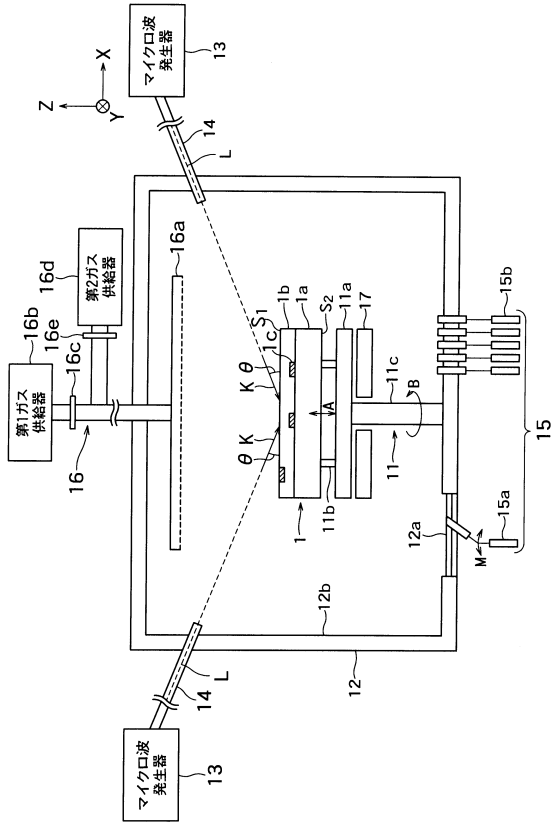
【符号の説明】

【0062】

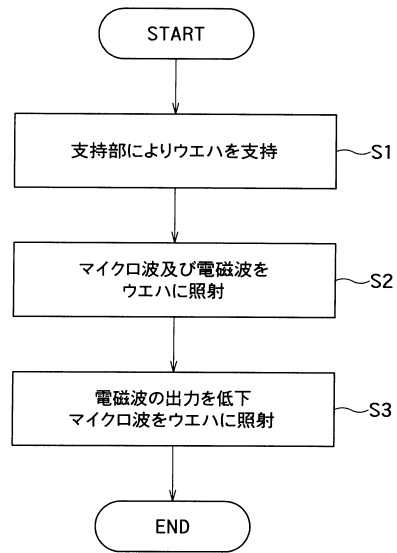
1：ウエハ、1 a：基板、1 b：被加工層、1 c：金属層、1 1：支持部、1 1 a：石英サセプタ、1 1 b：支持ピン、1 1 c：回転シャフト、1 2：チャンバ、1 2 a：窓部、1 2 b：内壁面、1 3：マイクロ波発生器、1 4：導波管、1 5：温度計、1 6：冷却器、1 6 a：ノズル、1 6 b, d：ガス供給器、1 6 c, e：バルブ、1 7：補助加熱手段、1 1 2：第 1 のチャンバ、2 1 2：第 2 のチャンバ

40

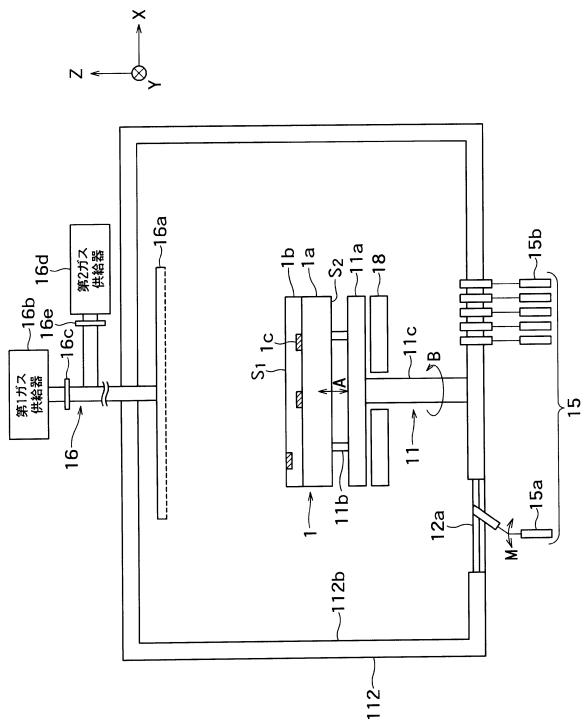
【図1】



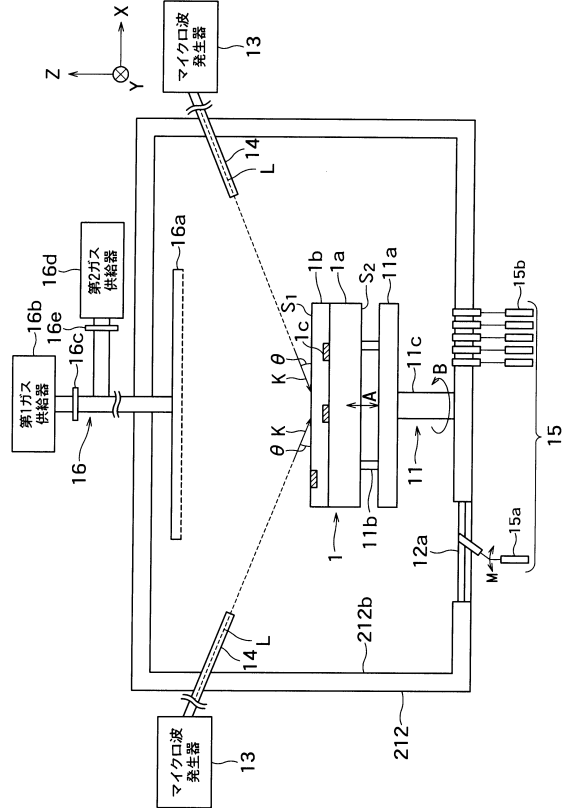
【図2】



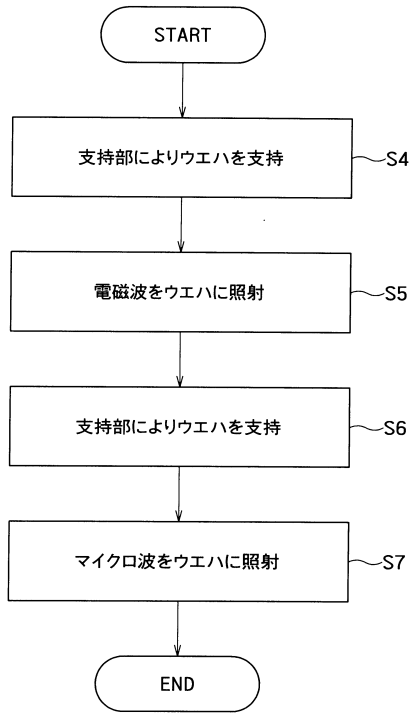
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

審査官 桑原 清

- (56)参考文献 特開2008-243965(JP,A)  
特開昭62-229924(JP,A)  
特開2013-251361(JP,A)  
特表2001-523038(JP,A)  
特開2011-066254(JP,A)  
特開2005-044822(JP,A)  
特開2006-156995(JP,A)  
特開2011-181842(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20  
H01L 21/265  
H01L 21/324  
H01L 21/268  
H05B 6/80