

(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2006-86534  
(P2006-86534A)

(43) 公開日 平成18年3月30日(2006.3.30)

(51) Int.Cl.

HO 1 L 21/683 (2006.01)

HO 1 L 21/22 (2006.01)

F I

HO 1 L 21/68 N

HO 1 L 21/22 5 1 1 G

HO 1 L 21/22 5 1 1 M

テーマコード (参考)

5 F O 3 1

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-268362 (P2005-268362)	(71) 出願人	501380070
(22) 出願日	平成17年9月15日 (2005. 9. 15)		エーエスエム インターナショナル エヌ
(31) 優先権主張番号	60/610, 993		. ヴェー.
(32) 優先日	平成16年9月17日 (2004. 9. 17)		ASM INTERNATIONAL N
(33) 優先権主張国	米国 (US)		. V.
			オランダ 3 7 2 3 ビージー ビルトホ
			ーベン ヤン ヴァン アイクラーン 1
			O
			The Netherlands 3 7 2
			3 BG Bilthoven Remb
			randtlaan 7-9
		(74) 代理人	100065215
			弁理士 三枝 英二
		(74) 代理人	100076510
			弁理士 掛樋 悠路

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温基板処理用の粗面サセプタ

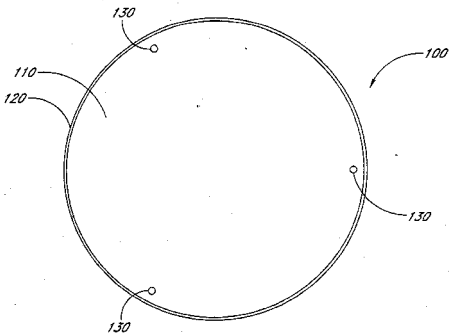
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 処理された基板中に結晶スリップが最小限しか起こらず、基板バッチ中の個々の基板に一貫した処理結果を得られる基板処理方法および装置を提供する。

【解決手段】 サセプタプレート100の表面粗さを最小限にする。サセプタプレート100のウェハ接触面110の表面粗さRa値を約0.6 μmまたはそれ以上にし、接触面を平坦に接触面から大きな突起をなくす。さらに、サセプタの透明度を低くして、サセプタの熱吸収特性と、支持されているウェハの熱吸収特性とをさらに等しくする。

【効果】 (例えば1000 を超える) 高温での半導体処理中に、ウェハを支持するためにこれらのサセプタを使用すると、結晶スリップラインは、ウェハ上に全く形成されないか、またはほんの少数しか形成されなくなる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体基板と直接接触し、当該半導体基板を支持するように形成された上面を備え、当該上面の表面粗さ  $R_a$  値は、約  $0.6 \mu m$  またはそれを超える半導体基板支持部。

## 【請求項 2】

$R_a$  値が、約  $1.0 \mu m$  またはそれ以上である請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 3】

$R_a$  値が、約  $2.0 \mu m$  またはそれ以上である請求項 2 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 4】

前記上面は、酸化物コーティングを含む請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

10

## 【請求項 5】

前記上面は、ポリシリコンコーティングを含む請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 6】

前記ポリシリコンコーティングの厚さは、約  $0.5 \mu m$  またはそれ以上である請求項 5 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 7】

前記支持部の熱吸収は、前記基板の熱吸収に近い請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 8】

前記支持部の露出された面に当たる熱放射のうち約  $30\%$  を超える熱放射が吸収される請求項 7 に記載の半導体基板支持部。

20

## 【請求項 9】

前記支持部は、炭化ケイ素材料からなる請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 10】

前記炭化ケイ素材料は、均質な構造を有する請求項 9 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 11】

前記炭化ケイ素材料は、化学量論的  $SiC$  を含み、また非化学量論的  $SiC$  を含む請求項 9 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 12】

前記炭化ケイ素材料の透明度は、約  $50\%$  未満である請求項 9 に記載の半導体基板支持部。

30

## 【請求項 13】

前記透明度は、約  $10\%$  未満である請求項 12 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 14】

前記炭化ケイ素材料には、ゲルマニウム、周期表の III 族の元素、および周期表 V 族の元素からなる群から選択される 1 つまたはそれ以上の元素がドーピングされる請求項 9 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 15】

炭化ケイ素材料中のケイ素と炭素の比は、非化学量論的である請求項 9 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 16】

前記炭化ケイ素材料は、不規則に配向された微細構造を有する請求項 9 に記載の半導体基板支持部。

40

## 【請求項 17】

前記支持部は、化学量論的炭化ケイ素の層が炭素の層の上に形成されている請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 18】

前記上面は、実質的にウェハの底面全体にわたって広がっている請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

## 【請求項 19】

前記基板は、シリコンウェハであり、前記支持部は、ウェハポート内に収容されるよう

50

に形成されたサセプタプレートである請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

【請求項 2 0】

前記上面は、サンドブラストされた面である請求項 1 に記載の半導体基板支持部。

【請求項 2 1】

バッチ式反応装置であって、

反応室を有する縦型炉と、

前記反応室内に収容されるように形成され、基板支持部用の複数の溝を含む基板支持ホルダーと、

半導体基板を支持する複数の基板支持部であって、それぞれが、表面粗さ R a 値が約 0 . 6  $\mu$  m またはそれ以上である基板接触面を有する前記基板支持部と、

を備え、

前記各基板支持部は、複数の溝の 1 つに収容されるように形成されているバッチ式反応装置。

【請求項 2 2】

各基板支持部は、R a 値が約 1 . 0  $\mu$  m またはそれ以上である請求項 2 1 に記載の反応装置。

【請求項 2 3】

各基板支持部は、R a 値が約 2 . 0  $\mu$  m またはそれ以上である請求項 2 2 に記載の反応装置。

【請求項 2 4】

前記基板支持部は、炭化ケイ素材料を含む請求項 2 1 に記載の反応装置。

【請求項 2 5】

前記炭化ケイ素材料の透明度は、約 5 0 % 未満である請求項 2 4 に記載の反応装置。

【請求項 2 6】

前記透明度は、約 1 0 % 未満である請求項 2 5 に記載の反応装置。

【請求項 2 7】

前記基板支持ホルダーは、ウェハポートであって、

当該ウェハポートは、前記サセプタを相互に垂直方向に間隔をおいて配置し、前記サセプタの主要な面を水平方向に向けて、前記サセプタを収容する請求項 2 1 に記載の反応装置。

【請求項 2 8】

前記基板支持部は、サセプタプレートである請求項 2 7 に記載の反応装置。

【請求項 2 9】

前記炉は、前記反応室の上部の直近に処理ガス入口を備える一方、前記反応室の底部の直近に処理ガス排気口を備える請求項 2 1 に記載の反応装置。

【請求項 3 0】

前記炉は、約 1 0 0 0 度またはそれ以上の温度で前記基板を処理するように構成されている請求項 2 1 に記載の反応装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本願は、3 5 U . S . C . § 1 1 9 ( e ) の下、2 0 0 4 年 9 月 1 7 日に出願された仮出願第 6 0 / 6 1 0 , 9 9 3 号の優先権の利益を主張している。本願はまた、以下の、2 0 0 4 年 9 月 1 7 日出願の米国仮出願第 6 0 / 6 1 0 , 9 8 3 号、2 0 0 3 年 8 月 7 日出願の米国出願第 1 0 / 6 3 6 , 3 7 2 号、2 0 0 3 年 3 月 1 3 日出願の米国出願第 1 0 / 3 9 0 , 5 7 4 号、2 0 0 3 年 6 月 2 4 日に発行された米国特許第 6 , 5 8 2 , 2 2 1 号明細書にも関連し、それらの全ては、参照によってここに組み込まれる。

【0 0 0 2】

本発明は、概ね半導体処理に関し、さらに詳細には、基板を処理中に支持するために使

10

20

30

40

50

用するサセプタに関する。

【背景技術】

【0003】

半導体ウェハなどの半導体基板は、縦型炉内においてバッチ式に処理し得る。いくつかの構成では、炉内のウェハポートなどの基板支持ホルダー内に、相互に垂直に間隔をあけて主要な面を水平方向に向けたサセプタの基板支持部に基板を載せて支持して、基板を収容する。（例えば約1000を超え）高温処理中に、ウェハの降伏強度は、低下し、ウェハは、それ自体の重量で撓み、熱により応力が生じた結果変形してしまう場合がある。また、これらの影響が組み合わされた結果変形してしまう場合もある。さらに、変形によって、ウェハに結晶スリップが生じる場合がある。ウェハの厚さは直径に比例して厚くならないので、直径が大きいウェハほど、直径が小さいウェハよりも変形しやすくなる。

10

【0004】

これらの変形を最小限にするために、サセプタの形状を、支持面が実質的にウェハの底面全体にわたるプレート状にすることができる（例えば、特許文献1参照）。特許文献1を参照することによって、その全体がここに組み込まれたものとする。

【特許文献1】米国特許出願公開第20040040632A1号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、これらのサセプタ上にウェハを支持して処理した場合でも、また、サセプタを非常に平坦かつ滑らかに作製した場合でも、結晶スリップが生じる場合がある。さらに、異なるウェハ上におけるスリップ量および工程結果の質は、ウェハポート内のウェハバッチ中のウェハごとにばらつきがあることが分かっている。

20

【0006】

したがって、処理された基板中に結晶スリップが最小限しか起こらず、基板バッチ中の異なる基板に一貫した処理結果を得られる処理方法および装置が必要である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様に係る半導体基板支持部が、提供される。支持部は、半導体基板と直接接触し、当該半導体を支持するように形成された上面を備える。上面の表面粗さRa値は、約0.6μmまたはそれを超える。

30

【0008】

本発明の別の態様によれば、半導体基板を支持するサセプタが提供される。サセプタは、基板と直接接触する基板接触面を含む。サセプタは、炭化ケイ素および透明度を減少させる材料からなる。サセプタの透明度は、約50%未満である。サセプタは、ウェハポート内に収容されるように形成される。

【0009】

本発明のさらに別の態様によれば、バッチ式反応装置が提供される。バッチ式反応装置は、反応室を有する縦型炉を備える。基板支持ホルダーは、反応室内に収容されるように形成される。基板支持ホルダーは、基板支持部用の複数の溝を含む。反応装置は、半導体基板を支持するための複数の基板支持部も含む。各基板支持部は、表面粗さRa値が約0.6μmまたはそれ以上の基板接触面を有する。基板支持部は、それぞれ、複数の溝の1つに収容されるように形成される。

40

【0010】

本発明の別の態様によれば、半導体処理方法が提供される。本方法は、反応室内において基板支持部上に半導体基板を支持するステップを含む。基板支持部は、基板支持部の基板処理表面において直接基板と接触する。本方法はまた、基板を熱処理するステップを含む。基板支持面は、表面粗さRa値が、約0.6μmまたはそれ以上の値である。

【0011】

本発明のさらに別の態様によれば、半導体処理用の基板支持部を形成する方法が、提供

50

される。本方法は、基板支持部の表面をウェハと接触するように形成するステップを含む。R a 値が約 0 . 6  $\mu$  m またはそれ以上の値になるまで、表面を粗面にする。

【 0 0 1 2 】

本発明は、発明を実施するための最良の形態および添付の図面からさらによく理解されるだろう。図面は、本発明を図示するためのものであって、本発明を限定するものではない。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 3 】

実質的にウェハの底面全体を支持するサセプタプレートを使用して、ウェハパッチを処理した場合でも、パッチ中には、実質的にスリップがないウェハもあるし、何千もの結晶スリップラインがあるウェハもある。プレートが非常に滑らかで平坦な場合でさえ、この

10

【 0 0 1 4 】

処理結果におけるこのような不均一性は、個々のサセプタプレート同士の間のばらつきによることが分かっている。特定のサセプタにより引き起こされる結晶スリップは、サセプタが非常に滑らかで平坦な場合でも、例えば米国特許出願公開第 2 0 0 4 0 0 4 0 6 3 2 A 1 号明細書に開示された平坦さと突起の高さに関する基準をサセプタが満たしている場合でも、個々のサセプタに繰り返され常に同じように起こることが分かっている。例えば、高温処理中にいくつかのサセプタプレート上に支持されたシリコンウェハは、処理後に実質的にスリップがないが、他のサセプタ上に支持され同時に処理されたウェハには

20

【 0 0 1 5 】

平坦であることおよび大きな突起がないことに加えて、表面粗さが、高温処理にさらされたシリコンウェハ内へのスリップの発生を決定する重要な要因であることが分かった。サセプタを平滑にするとスリップが減少するという期待に反して、スリップは、平滑になると増加してしまい、サセプタプレートを最大限平滑にすると、結晶スリップが最大量発生してしまうことが分かった。

【 0 0 1 6 】

本発明は理論によって限定されないが、サセプタと基板との間の不均一な熱伝達は、結晶スリップ発生の原因になると思われる。サセプタは、一般に基板とは異なる熱特性を有するので、処理中、特に加熱および冷却中のある時点において、温度勾配が、サセプタと基板との間に存在することが一般的である。さらに、完全に平坦な基板およびサセプタプレートを形成するのは困難である。このため、基板のある部分は、直接サセプタプレートと接触し、また、他の部分は、小さな間隙によりサセプタから離れてしまう。基板とサセプタプレートとの間の熱伝達は、間隙によりサセプタから離れた部分よりもサセプタプレートと直接接した部分においてより良好になる。このように熱伝達が不均一になる結果として、基板における温度は、場所によって変動し、それによって、スリップが生じてしまう。

30

【 0 0 1 7 】

ある最小値と等しいかまたはそれよりも大きい表面粗さのサセプタプレートを使用することにより、基板からサセプタプレートへの熱伝達がさらに均一になることが分かった。粗面にすることによって、サセプタが基板に直接接触する複数の場所における接触分量が減少し、それにより、それらの場所における熱伝達が最小限になり、それらの場所における熱伝達が、基板上の他の場所における熱伝達のレベルに近づく。したがって、温度の不均一さが低減して、結晶スリップの発生は、最小限になる。

40

【 0 0 1 8 】

好ましい実施形態では、サセプタの基板接触面の表面粗さは、日本の M i t u t o y o C o r p o r a t i o n から市販されている表面プロフィルメーターで測定すると、R a 値が、約 0 . 6  $\mu$  m またはそれ以上であり、さらに好ましくは、約 1 . 0  $\mu$  m またはそれ以上、最も好ましくは、約 2 . 0  $\mu$  m またはそれ以上である。

50

## 【0019】

さらに、サセプタの温度を、サセプタが支持する基板とさらに等しくすることにより、不均一な熱伝達の影響を軽減することができる。例えば、サセプタが基板よりも低温である場合、基板とサセプタとが比較的大きな間隙により離れている場所よりも、サセプタとより接近した場所において、より多くの熱がサセプタに奪われることが、理解されるだろう。基板の温度とサセプタの温度とが近い場合、熱損失量は、比較的少なく、また、熱伝達が不均一であることによる基板温度への影響は、基板の温度とサセプタの温度とが大幅に異なる場合よりも、少なくなることが好ましい。

## 【0020】

基板とサセプタの温度差は、それぞれの熱吸収特性が異なる場合に生じる場合がある。10  
例えば、シリコンウェハは、その表面に当たる熱のうち90%を超える熱を吸収するが、炭化ケイ素からなるサセプタなどの透明なサセプタは、サセプタに接触する熱の約30%しか吸収しない。したがって、サセプタプレートのエネルギー吸収を増加させるために、サセプタの透明度が比較的低いことが好ましい。いくつかの好ましい実施形態では、サセプタの透明度は、好ましくは約50%未満であり、さらに好ましくは約30%未満であり、最も好ましくは約10%未満である。

## 【0021】

ここで、図面を参照し、これら図面では、同様の番号は、同様の部分を指している。

## 【0022】

好ましい実施形態に係る一般的な基板支持またはサセプタプレート100を図1に示す 20  
。サセプタ100は、サセプタ100が支持する基板の底面全体を横切って広がる支持面110を有することが好ましい。ここに示した実施形態では、面110は、3つの孔130を除いて連続している。サセプタ100の直径は、基板の直径より大きいことが好ましい。サセプタプレート100は、ここに示した実施形態では円形だが、任意の形状にしてい 30  
よいことが理解されるだろう。サセプタ100は、ウェハポート10(図2)に収まる大きさおよび形状である。サセプタ100の厚さは、好ましくは約4mm未満、さらに好ましくは約3mm未満であり、最も好ましくは約2mm未満である。サセプタが、厚いほど、薄いサセプタより緩やかに加熱および冷却されるので、サセプタ100は、サセプタが支持する基板の厚さと同様の厚さにすることが好ましい。こうすることによって、サセプタは、基板の熱特性により近づいて、後述するように、スリップラインを最小限にすること 30  
に役立つことが好ましい。サセプタプレート100と支持された基板との間に大きな間隙が生じることを最小限にするためには、基板を支持するための支持面110を、実質的に平坦にし大きな突起をなくすことが好ましい。

## 【0023】

例えば、スリップラインが全くないか、またはスリップラインが比較的少数である半導体ウェハを形成するように、スリッブ特性を向上させるために、サセプタ100の表面粗さを最小限にすることが好ましい。サセプタプレートの表面粗さを $R_a = 0.5 \mu m$ 、またはそれより低くすると、望ましくないことに、何千ものスリップラインが形成され、それは、サセプタ全体の平坦度が、低い、例えば、米国特許出願公開第20040040632 A1号明細書に示された範囲内である場合でも、起こることが分かっている。直接 40  
基板と接触する接触面110は、好ましくは、表面粗さ $R_a$ 値が約 $0.6 \mu m$ またはそれより大きく、さらに好ましくは、 $R_a$ 値が約 $1.0 \mu m$ またはそれより大きく、最も好ましくは、 $R_a$ 値が約 $2.0 \mu m$ またはそれより大きい。表面粗さは、日本のMitutoyo Corporationから市販品を入手可能な表面プロファイルメーターで測定し得る。表面粗さは、基板と接触するように構成された面全体110にわたって一定であることが好ましい。

## 【0024】

引き続き図1を参照すると、任意選択的に、隆起した肩部または縁120をサセプタプレート100の円周に設けることができる。隆起した縁120は、加熱中に、過熱放射されないように基板の縁を保護し、好ましくは基板縁が過熱されないようにする。隆起した 50

縁 1 2 0 は、冷却中に、急速に冷却され過ぎないように基板を保護する。さらに、隆起した縁 1 2 0 は、基板が載せられたサセプタプレート 1 0 0 の輸送中に、基板が水平方向に動かないようにする。サセプタプレート 1 0 0 にはまた、任意選択的に、3 つの貫通孔 1 3 0 が、ピン（図示せず）を用いて基板を自動搬入出しやすくするために設けられて、当該ピンは、例えば、基板を、搬入中に面 1 1 0 上に支持し搬出中に面 1 1 0 上に降ろすように、孔 1 3 0 から突出している。孔 1 3 0 は、基板の周縁に対応する最も近い場所（基板をサセプタプレート 1 0 0 上に支持したときに基板の縁から好ましくは 5 mm 以内に、さらに好ましくは 3 mm 以内）に、配置することが好ましい。

#### 【 0 0 2 5 】

サセプタ 1 0 0 は、どんな処理環境または処理室内においても、基板を支持するために使用可能だが、図 2 に概略を示すように、基板を処理中にバッチ式反応装置 2 0 内の基板支持ホルダーまたはウェハポート 1 0 内にサセプタプレート 1 0 0 を収容し得ることが好ましいことは理解されるだろう。

#### 【 0 0 2 6 】

ここに示した反応装置 2 0 は、反応室 3 0 の一番上の入口部 4 0 を経て反応室 3 0 内に処理ガスを供給し得る縦型炉である。ガスは、反応室 3 0 の底の排気部 5 0 から、反応室 3 0 外に排気し得る。排気部 5 0 および入口部 4 0 を他の構成にし得ることが理解されるだろう。例えば、入口部 4 0 は、反応室 3 0 の底に配置するか、またはポート 1 0 の高さに沿って垂直に間隔を置いて配置された複数の孔にしてもよい。反応室 3 0 は、ウェハポート 1 0 を収容し、このウェハポート 1 0 は、ウェハが支持されるサセプタ 1 0 0 を垂直に間隔を置いて積み重ねて保持する。適切で一般的なバッチ式反応装置は、オランダ国の A S M I n t e r n a t i o n a l , N . V . から、A 4 0 0（登録商標）または A 4 1 2（登録商標）という商品名の市販品を入手可能である。しかしながら、ここに開示した原理および利点が、他のバッチ式反応装置を含めて、他のタイプの反応装置に応用されるということを、当業者は理解するだろう。反応装置は、約 1 0 0 0 またはそれを超える温度で基板を処理するように構成されることが好ましい。

#### 【 0 0 2 7 】

上述のように、本発明は、理論により限定されないが、サセプタプレート面 1 1 0 を適切な粗面にすることにより、熱接触および熱伝達が穏やかに適度に行われる結果になると考えられる。図 3 は、窒素中、大気圧、1 3 5 0 における、基板とサセプタとの間の距離に対する、ガスによる伝導の結果としての種々の熱伝達係数（ $[W/m^2/K]$ ）および放射による熱伝達係数（ $[W/m^2/K]$ ）の計算を示すグラフである。お分かりのように、放射による熱伝達係数は、基板とサセプタとの間の距離に関連して変動しない。しかしながら、ガスによる伝導の結果としての熱伝達は、基板とサセプタとの間の距離に反比例する。

#### 【 0 0 2 8 】

引き続き図 3 を参照すると、基板がサセプタと直接接触する場所では、主に伝導による熱伝達が行われる。非常に平滑な面では、基板は、いくつかの場所においてサセプタと接触するが、基板および/またはサセプタが平坦でないことによって、他の場所において、基板とサセプタとの間に間隙が存在することになる。これらの間隙は、優に何百ミクロンになる場合がある。したがって、グラフにおいて明らかなように、基板とサセプタとが接触している場所における熱接触は、極めてよいが、基板とサセプタとの間に間隙がある場合、熱接触は、数桁小さくなる。

#### 【 0 0 2 9 】

理論上は、伝導のための熱伝達係数が、接触場所では無限であることが理解されるだろう。しかしながら、これらの接触領域においてさえ基板とサセプタとの間にいくらかの間隙が存在する場合があるので、これが、実施の際に必ずしも当てはまるとは限らない。例えば、基板とサセプタとの間の間隙が、接触領域のガス分子の平均自由行程より狭くなった場合、ガス分子と壁との衝突が顕著になりガス分子同士の衝突はまれになって、ガスはもはや連続体とみなせないなので、補正率を熱伝達係数に適用する。ここに示した例の条件

10

20

30

40

50

のための平均自由行程は、約  $0.37 \mu\text{m}$  である。この場合、反比例の関係は、維持されず、逆に、狭い間隔のある範囲においては、熱伝達は、放射による熱伝達のように、相対的に等位になり得る。補正率は正確には分からないので、様々な仮定を行った。図 3 に、これらの補正率を仮定した最小および最大値を含む曲線を示す。

#### 【0030】

表面粗さを増加させることには、基板とサセプタとの間の間隔を広げることによる効果と同様の効果があると考えられる。結果として、熱伝達係数が、接触領域において低くなり、また、基板表面上における熱伝達係数の変化（例えば、熱伝達係数の最小値と最大値との間の差）が、少なくなる。この効果は、基板とサセプタとの間の熱伝達を適度にし、

10

#### 【0031】

サセプタの基板接触面の粗さは、様々な方法で増加させ得る。例えば、機械的手段により、粗面にし得る。好ましい方法は、「サンドブラスト」である。サンドブラストは、所望の表面粗さに基づき粒子サイズを選択して、砥粒として炭化ケイ素のグリットを用いて行い得る。当該技術において既知の、粗面にするための他の機械的な方法もまた用いることができ、限定することなく、これには、ブラシ研磨、研削などが含まれる。

#### 【0032】

接触面を粗くする別の方法は、粗面を形成する薄膜を堆積させることである。そのような薄膜の一例が、ポリシリコン薄膜であって、ポリシリコン薄膜は、約  $0.5 \mu\text{m}$  またはそれ以上の厚さに堆積させると、比較的粗い面になる。ポリシリコン薄膜はまた、薄膜の大部分の中に不純物を捕獲するゲッター層として役立ち得ることが好ましい。ポリシリコンを使用することによって、粗面を周期的に入れ替え可能である。例えば、高温での塩素エッチングまたは低温での化学ウェットエッチングにより、生産操業を多数行った後にポリシリコン薄膜を除去し得る。ポリシリコン薄膜とともに、薄膜内にゲッターリングされたどんな不純物も除去し得る。次の使用前に、新しいポリシリコン薄膜を、例えば化学蒸着法により堆積させ得る。

20

#### 【0033】

表面を粗くするさらに別の方法は、表面を化学処理することである。好ましい方法は、高温でサセプタの表面を酸素と反応させることである。例えば、約 50% が  $\text{O}_2$  の不活性ガス中において、10 時間、1320 で酸化させてサセプタプレートを粗くすると、処理していないサセプタプレートと比較して、スリップラインの数が著しく減少する結果になることが分かった。一方、スリップラインが殆どなかった基板が、サセプタ上の酸化シリコン薄膜を除去する化学洗浄をすると、そのサセプタ上で処理された基板には、スリップラインが多数生じてしまうようにサセプタが変化する。酸化処理は、繰り返し、サセプタ面を所望の粗さにするために適用し得ることが好ましい。

30

#### 【0034】

しかしながら、不活性または非酸化雰囲気中において使用されるサセプタについては、酸化が問題になる場合があることが理解されるだろう。例えば、そのような環境では、サセプタ表面上に形成された酸化シリコンが、蒸発して、サセプタ表面だけを露出させてしまう場合がある。そのような場合、サセプタ表面自体を予め所望の粗さにしておくことが好ましく、それにより、酸化、不活性、または還元雰囲気のいずれにあっても、そのサセプタによって、第 1 の生産操業によりサセプタ上において処理されたシリコン基板のスリップ特性が良好になり得る。

40

#### 【0035】

高温で処理するために、サセプタは、熱抵抗があり純度が高いことから SiC から作製されることが好ましい。SiC は、化学気相成長 (CVD) させた SiC であることが好ましい。化学気相成長される SiC は、焼結させた SiC 材料上に、焼結させた SiC 材料を適切に封じ込めるのに十分な厚さで堆積させ得る。

#### 【0036】

50



サセプタプレートは、いわゆる「自立構造型」CVD SiCからなることがさらに好ましい。これは、型を転写する「ロストワックス」法と類似した工程において、最初に、支持材料（例えば、グラファイト）上に、ただし支持材料を除去し得るのに十分な厚さで堆積させたSiCコーティングである。1990年12月18日にMillerに発行された米国特許第4,978,567号明細書を参照し、その全開示は、参照によってここに組込まれる。設計したサセプタプレートの形状にするために機械加工が必要な場合、逆に、すなわちCVD SiCコーティングの堆積前に、支持材料上に機械加工を行い得る。これによって、硬質なCVD SiC材料の機械加工を省略するかまたは最小限に減らし得ることが利点である。他の実施形態では、CVD SiCは、平坦な支持材料上に堆積させることができ、また、CVD SiCは、要件に応じて機械加工し得る。

10

#### 【0037】

例えば1988年9月20日に発行された米国特許第4,772,498号明細書に記載されているような方法で、CVD炭化ケイ素薄膜を堆積させることができ、その開示全体は、参照によってここに組込まれる。炭化ケイ素コーティングを形成するために使用されるケイ素含有ガスは、シラン、クロロシラン、トリクロロシラン、四塩化ケイ素、メチルトリクロロシランおよびジメチルジクロロシランからなる群から選択し得る。シラン、クロロシラン、トリクロロシランまたは四塩化ケイ素を使用する場合、炭化ケイ素を生成するために、炭素源がさらに設けられる。炭素源は、任意の炭化水素であり得る。好ましい炭化水素は、酸素を含有しておらず、また1~6個の炭素原子を有するパラフィン、アルケンおよびアルキンなどの低分子量の脂肪族炭化水素、ならびに芳香族および、1~6

20

#### 【0038】

どちらの場合も、サセプタプレートの支持面は、その上にあるどんな突起も除去するために、SiC材料を堆積した後に研削および/または研磨処理をすることが好ましい。接触面上に付随的に生じる突起が、一般に有害であり、突起上に載っているシリコン基板を局所的に塑性変形させる結果になり得ることが理解されるだろう。したがって、サセプタ

30

#### 【0039】

最小限の表面粗さを維持することに加えてまたはその代わりとして、基板表面全体にわたる熱伝達係数に差が生じることによる影響は、生じる熱伝達の量を最小限にすることによって減少させ得る。いくつかの好ましい実施形態では、サセプタは、基板の熱吸収特性により近い熱吸収特性で形成され、その結果、サセプタと基板の加熱速度が、そうでない場合の加熱速度よりもさらに近くなる。

#### 【0040】

例えば、サセプタプレートがSiCからなり、基板がシリコンウェハである場合、SiCは、シリコンウェハの熱吸収特性により等しくするかまたはそれに近くなるように、透明度が低い炭化ケイ素であることが好ましい。炭化ケイ素は、バンドギャップが大きい半導体であり、通常、高温でも、熱放射に比較的透明であることが理解されるだろう。結果として、化学量論的(stoichiometric)SiCからなる物体は、一般に、その表面に当たる熱放射のわずか約30%しか吸収しない。対照的に、シリコンウェハは、高温において、その表面に当たる熱放射の約90%またはそれ以上を吸収する。透明な炭化ケイ素のサセプタプレート上に支持されたシリコンウェハを加熱すると、熱吸収特性がこのように相違していることによって、シリコンウェハと炭化ケイ素のサセプタプレートとの間に温度差が生じ、ウェハは、サセプタより速く高温になる。

40

50

## 【0041】

さらに、上述したように、完全に平坦なウェハおよび完全に平坦なサセプタを形成することは困難である。したがって、上述したように、ウェハとサセプタの平坦度が相違すると、ウェハの表面における熱接触が不均一になり、それによって、ウェハに局所的な温度勾配が引き起こされ、次いで、望ましくないことに、結晶スリップが生じる場合がある。局所的な温度勾配の程度は、ウェハとサセプタとの間の温度差に関連することが理解されるだろう。例えば、温度差が大きくなることによって、ウェハとサセプタとの間の温度勾配が大きくなるので、熱接触が良好な場所では熱伝達が多くなる。したがって、熱接触が良好なこれらの場所におけるウェハの温度は、さらに大きく変化し、それにより、ウェハ上の局所的な温度勾配が増加する。その結果、これらの影響を最小限にするために、サセプタの温度は、処理を通して上に重ねられる基板の温度に近づけて等しくすることが好ましい。

10

## 【0042】

このように温度を等しくすることは、サセプタと基板の熱吸収特性をさらに近づけて等しくすることによって、行い得る。例えば、CVD炭化ケイ素サセプタを、透明度を下げることににより反応装置の加熱機構からより多くの熱を吸収するように作製し得る。CVD

SiCサセプタプレートの透明度は、好ましくは約50%未満、さらに好ましくは約30%未満、最も好ましくは約10%未満である。

## 【0043】

サセプタの透明度は、様々な方法で減少させ得る。いくつかの実施形態では、炭化ケイ素材料の透明度を減少させるために、種々の透明度を減少させる材料をサセプタに追加する。例えば、炭化ケイ素の透明度は、真性半導体でなくなるように、炭化ケイ素にドーピングすることによって、大きく減少させ得る。ドーピング元素は、ケイ素または炭素であることが好ましい。すなわち、ケイ素/炭素の比が、化学量論比である1:1から若干外れたSiCを生成することが好ましい。炭素:ケイ素の比が1.01:1またはそれを超える比、さらに好ましくは、炭素:ケイ素の比が1.05:1またはそれを超える比である、炭素を多く含んだ薄膜を成長させることによって、これを行うことが好ましい。他のドーピング元素には、限定はしないが、ゲルマニウム、または元素周期表のIII族またはV族の元素が含まれる。

20

## 【0044】

さらに、透明度を変更するために、SiCの微細構造を変更し得ることが、理解されるだろう。炭化ケイ素の透明度は、その微細構造により強い影響を受ける。透明なSiCは、111軸線方向へ高度に配向されており、また、純粋で、実質的に欠陥がなく、大きさが5~10ミクロンの立方晶(cubic) - SiCの柱状粒子であることを特徴とし、半透明のSiCは、ほぼ立方晶構造であるが、双晶を多数含んでいる。不透明なCVD SiCは、不規則に配向されており、粒子が柱状ではなく、また、一方向に不規則に、粒子の大部分が六方晶(hexagonal) ( - SiC)の対称になっており、そして、どこにおいても転位密度が高い。Kim, Y., Zangvil, A., Goela, J. S., Taylor, R. L. による、MICROSTRUCTURE COMPARISON OF TRANSPARENT AND OPAQUE CVD SiC (J. Am. Ceram. Soc., 刊、第78巻、第6号、1995年、pp1571-1579)を参照し、その全開示は参照によってここに組込まれる。SiCサセプタは、サセプタを半透明または不透明にするSiC微細構造を具えて形成されることが好ましい。SiCの微細構造は、温度、ケイ素および炭素を含有した原料ガスの選択、原料ガスの分圧、使用されるキャリアガスなどのCVD工程の条件を調整することにより、調節し得る。

30

40

## 【0045】

サセプタを形成する材料が、均質または不均質な場合があることが理解されるだろう。例えば、上述のように、サセプタが非化学量論的(non-stoichiometric) SiC材料などの、透明度が低いSiC材料からなる場合、CVD SiCは、組成が均質になり得る。

## 【0046】

50

他の実施形態では、サセプタを形成する材料の組成は、変化し得る。例えば、サンドイッチ構造に成長する場合があり、このサンドイッチ構造では、SiCコーティングの外側部分が、化学量論的に成長して、最適な化学抵抗が得られ、またコーティングの内側部分が、化学量論的には成長せずに、透明度が減少する。ケイ素/炭素比は、ケイ素原料ガスと炭素原料ガスとの間の比を調整することによって、調節し得る。あるいは、複合薄膜は、2つまたはそれ以上の化学量論的炭化ケイ素薄膜を含み、それらの間に1つまたはそれ以上の非化学量論的な炭化ケイ素薄膜を具えて、生成させ得る。さらに、高温で熱により活性化されるCVD工程については、化学量論組成から外れた組成を有する薄膜を堆積させることは困難な場合があるので、複合薄膜は、1つまたはそれ以上の炭素薄膜を2つまたはそれ以上の化学量論的炭化ケイ素薄膜の間に積み重ねたものにし得る。

10

#### 【0047】

##### 実施例：

ウェハを、表面粗さが $R_a = 0.3 \mu m$ のサセプタ上に支持して処理した。処理後のウェハには、数千のスリップラインがあることが分かった。次いで、サセプタにサンドブラストを行うと、サセプタの表面粗さが $R_a = 2.0 \mu m$ に増加したことが、測定された。シリコンウェハを、サセプタ表面に支持して処理した。ウェハを、10時間またはそれ以上の時間、1320 で処理した。処理後、スリップラインは、少数しか検出されなかった。

#### 【0048】

表面粗さが $R_a = 0.5 \mu m$ の第2のサセプタも、ウェハをそのサセプタ上に支持して処理することによってテストした。処理後のウェハには、また数千のスリップラインがあることが分かった。サンドブラस्टリングにより表面粗さを $R_a = 1.8 \mu m$ に増加させた後、サセプタ上に支持して処理したシリコンウェハには、スリップラインが検出されなかった。

20

#### 【0049】

したがって、上述したような表面粗さのサセプタを使用することによって、処理済みウェハにスリップラインが少数しかない結果になることが好ましい。各ウェハのスリップラインの数は、好ましくは約500またはそれより少ない数、さらに好ましくは約100またはそれより少ない数、さらに好ましくは50またはそれより少ない数である。特にスリップラインの発生に影響を受けやすい特に不安定な応用のためには、スリップラインの数だけでなく、それらが延びる長さも重要である。これらの不安定な応用に適した、すべてのスリップラインがウェハ内を延びる長さは、好ましくは約10mm未満であり、さらに好ましくは約1mm未満である。さらには、ウェハポート内のすべてのサセプタを上述のような表面粗さに形成することによって、ウェハごとの均一性が改善され得る結果となる。サセプタが均等に所望の表面粗さを有することを保証することによって、ウェハのスリップラインの数が、均等に少なくなることが好ましい。

30

#### 【0050】

上述のように、サセプタプレートは、SiCが高純度と熱抵抗とで知られていることから自立構造型CVD SiCからなることが好ましい。しかしながら、サセプタ上に支持された基板が受ける処理の条件によっては、上記の表面粗さを有する他の材料も、適切となるだろう。例えば、上記の表面粗さは、化学変化させたグラファイト、焼結SiC、シリコンを含浸させた焼結SiC、またはCVD SiCでコーティングした材料などの他のSiC材料に適用し得る。適切な状況下では、これらの材料で形成されたサセプタの表面粗さは、サセプタを追加処理しなくても、自立構造型CVD SiCの表面粗さよりも粗くし得ることが好ましい。

40

#### 【0051】

本発明の範囲を逸脱せずに、上述の本方法および構造への種々の他の省略、追加および変更を行い得ることは、当業者により理解されるだろう。添付の特許請求の範囲に記載したように、そのようなあらゆる変形および変更は、本発明の範囲以内であるものと解釈される。

50

## 【図面の簡単な説明】

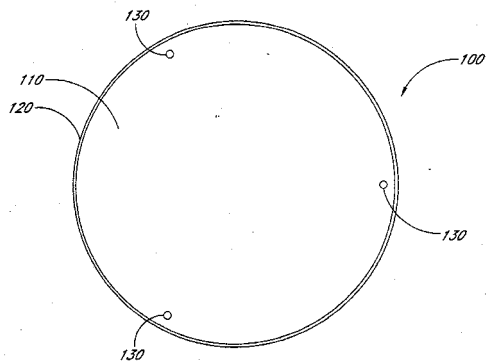
【 0 0 5 2 】

【図 1】 本発明の好ましい実施形態に係るサセプタの概略平面図である。

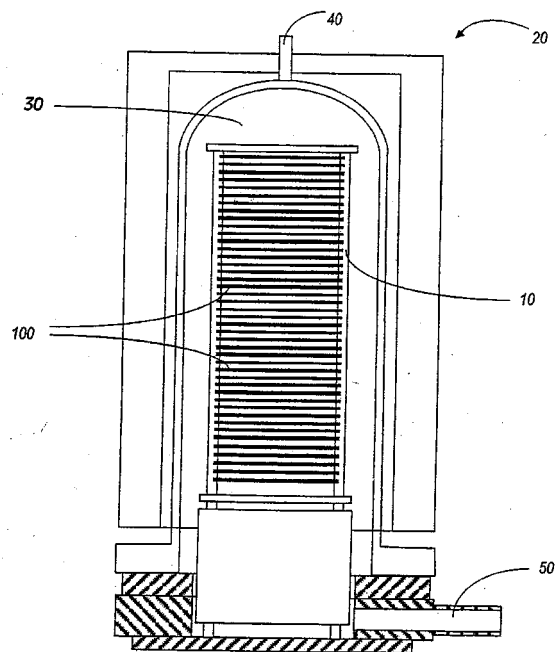
【図 2】 本発明の好ましい実施形態に係るウェハポートおよびサセプタが設けられた炉の概略側方断面図である。

【図 3】 ウェハとサセプタとの間の間隔に対する放射および伝導による熱伝達係数（アルファ、 $\alpha$ ）を示すグラフである。

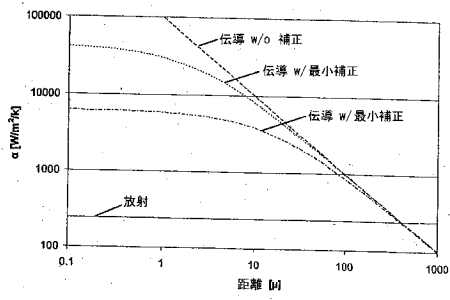
【図 1】



【図 2】



【 図 3 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100124039

弁理士 立花 顕治

(72)発明者 ヤンネス レムコ ファン デン ベルフ

オランダ国 8 3 0 2 イクスデー エッメロールト ヘト ヴァテルラント 5 4

(72)発明者 エルンスト ハー . アー . フラッネマン

オランダ国 1 2 1 7 アーデー ヒルヴェルスン ホーヘ ナールデルヴェーヘ 7 1 アー

F ターム(参考) 5F031 CA02 HA62 HA63 HA64 MA28 MA30 MA32 PA11 PA30