

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4596622号  
(P4596622)

(45) 発行日 平成22年12月8日 (2010.12.8)

(24) 登録日 平成22年10月1日 (2010.10.1)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>H05B</b>	<b>3/10</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	3/10	C
<b>H01L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	3/10	A
<b>H05B</b>	<b>3/16</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L	21/30	567
<b>H05B</b>	<b>3/20</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	3/16	
			H05B	3/20	393

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-301418 (P2000-301418)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成12年9月29日 (2000.9.29)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2002-110321 (P2002-110321A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成14年4月12日 (2002.4.12)	(72) 発明者	坂元 広治
審査請求日	平成19年8月20日 (2007.8.20)		鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内
		審査官	結城 健太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックヒーターとこれを用いたウエハ加熱装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

セラミックスからなる板状体の少なくとも一方の主面に発熱抵抗体を備え、さらに該発熱抵抗体の表面に  $Zn_2SiO_4$  の結晶相を含有するガラス質のコート層を備え、該コート層の明度  $L^*$  が 40 以上であることを特徴とするセラミックヒーター。

【請求項2】

前記コート層の熱膨張係数が前記板状体の熱膨張係数に対し  $-0.5 \sim +2.0 \times 10^{-6}$  / の範囲であることを特徴とする請求項1記載のセラミックヒーター。

【請求項3】

前記板状体の一方の主面にガラスからなる絶縁層を介して前記発熱抵抗体を備え、前記コート層のガラスの軟化点が、前記絶縁層のガラスの転移点より低く、かつ前記発熱抵抗体に含まれるガラスの軟化点以下の温度であることを特徴とする請求項1記載のセラミックヒーター。

【請求項4】

前記コート層の厚みが、10 ~ 500  $\mu m$  の範囲にあることを特徴とする請求項1記載のセラミックヒーター。

【請求項5】

請求項1 ~ 4 のいずれかに記載のセラミックヒーターにおける前記発熱抵抗体を備えた主面と反対側の主面をウエハ載置面としたことを特徴とするウエハ加熱装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は、主にウエハを加熱するのに用いるウエハ加熱装置及びこれに用いるセラミックヒーターに関するものであり、例えば、半導体ウエハや液晶基板あるいは回路基板等のウエハ上に半導体薄膜を生成したり、前記ウエハ上に塗布されたレジスト液を乾燥焼き付けしてレジスト膜を形成したりするのに好適なウエハ加熱装置に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来の技術 】

例えば、半導体製造装置の製造工程における、半導体薄膜の成膜処理、エッチング処理、レジスト膜の焼き付け処理等においては、半導体ウエハ（以下、ウエハと略す）を加熱するためにウエハ加熱装置が用いられている。

10

## 【 0 0 0 3 】

従来の半導体製造装置は、まとめて複数のウエハを成膜処理するバッチ式のものが使用されていたが、ウエハの大きさが8インチから12インチと大型化するにつれ、処理精度を高めるために、一枚ずつ処理する枚葉式と呼ばれる手法が近年実施されている。しかしながら、枚葉式にすると1回当たりの処理数が減少するため、ウエハの処理時間の短縮が必要とされている。このため、ウエハ支持部材に対して、ウエハの加熱時間の短縮、ウエハの吸着・脱着の迅速化と同時に加熱温度精度の向上が要求されていた。

## 【 0 0 0 4 】

上記のようなウエハ加熱装置の例として、例えば特開平11-40330号公報に「窒化物セラミックスまたは炭化物セラミックスからなる板状体の表面に、金属粒子を焼結して形成した発熱体を設けてなることを特徴とするヒーター」が示されている。

20

## 【 0 0 0 5 】

このセラミックヒーターは、ウエハ表面に形成された感光性樹脂を乾燥させるためのヒーターである。この構造を図4を用いて説明すると、セラミックスからなる均熱板32の表面に金、銀、白金、パラジウム、鉛、タングステン、ニッケルから選ばれる1種以上の金属粒子を焼結させた金属粒子焼結体33とAu、Ag、Pd、Pt、Niから選ばれる少なくとも1種以上の金属からなる金属被覆層34からなる発熱抵抗体35が形成されている。また、金属粒子焼結体34には、窒化物セラミックスおよび炭化物セラミックスに前記金属粒子を密着させるために金属酸化物を含ませることが示されている。また、導通端子37がハンダ36により発熱抵抗体35に固定されている。そして、ウエハWはリフトピン39により均熱板32と離間して設置されることが示されている。

30

## 【 0 0 0 6 】

窒化アルミニウム質セラミックスと炭化珪素質セラミックスは、両者とも熱伝導率が高いので均熱性を必要とする半導体ウエハ加熱装置用の均熱板32の材料としては好適であるが、感光性樹脂からなる膜をウエハWの上に形成し乾燥させる工程に使用される均熱板32の材料としては、炭化珪素質セラミックスの方が優れている。これは、窒化アルミニウム質セラミックスの場合、窒化アルミニウムが空気中の水分と反応してアンモニアガスを発生させ、これが感光性樹脂に悪影響を与えるからである。そこで、感光性樹脂の乾燥工程に使用される均熱板32としては、炭化珪素質セラミックスの方が有用である。

40

## 【 0 0 0 7 】

炭化珪素質セラミックスを基板とする場合、ウエハWを加熱するための発熱抵抗体部分を炭化珪素質セラミックス上に形成するためには、その接合強度の問題から炭化珪素質セラミックスを1000～1600程度で1時間から5時間程度酸化させて炭化珪素質セラミックス上にSiO<sub>2</sub>膜を一旦形成し、更にガラスからなる絶縁層を形成させて、その絶縁層の上にガラスと導電種としてPt、Auの混合物からなる発熱抵抗体を形成する方が好ましい。

## 【 0 0 0 8 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、この発熱抵抗体の寿命は、50～350の繰り返し耐久試験において

50

1000サイクル程度で冷却ガスの当たっている発熱抵抗体部に剥がれが発生して抵抗値が上昇し、早いものは2000サイクル程度において断線してしまうという耐久寿命の問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明者等は、上記の課題について鋭意検討した結果、セラミックスからなる板状体の少なくとも一方の主面に発熱抵抗体を備え、さらに該発熱抵抗体の表面に $Zn_2SiO_4$ の結晶相を含有するガラス質のコート層を備え、該コート層の明度 $L^*$ を40以上とすることにより、上記課題が解決できることを見出した。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0012】

図1は本発明のセラミックヒーターを有するウエハ加熱装置の一例を示す断面図であり、炭化珪素質セラミックスの板状体2からなる均熱板の一方の主面を、ウエハWを載せる載置面3とするとともに、他方の主面に形成された $SiO_2$ からなる酸化膜21の上にガラスからなる絶縁層4を介して発熱抵抗体5さらには発熱抵抗体5上にコート層28を形成し前記発熱抵抗体5には電氣的に接続する給電部6を備えてセラミックヒーターを構成したものである。

【0013】

図2を用いて、さらに本発明のセラミックヒーターの構造を、炭化珪素質セラミックスの例を使って詳細に説明する。板状体2のウエハ載置面3を除く表面には、酸化雰囲気中で熱処理することにより生成した $SiO_2$ からなる酸化膜21が形成されている。そして、この酸化膜21の上にガラスからなる絶縁層4が形成され、さらにその上に、Au、Ag、Pd、Pt、Rh、Irのうち一種以上と結晶化ガラスを含有する発熱抵抗体5が形成され、さらに発熱抵抗体5上に $Zn_2SiO_4$ の結晶相を含有するコート層28を形成する。また発熱抵抗体5には給電部6が形成されてセラミックヒーターが構成されている。このセラミックヒーターを支持体11に接合し、上記給電部6に導通端子7を押圧して接続することによりウエハ加熱装置を構成している。また、ウエハWは、支持ピン22により載置面3から離間して保持される。これにより、ウエハWが板状体2に片当たりして温度分布が悪くなるといった問題を防止している。

【0014】

なお、酸化膜21は、板状体2の材質が窒化アルミニウムである場合は、 $Al_2O_3$ からなる酸化膜21となる。

【0015】

前記コート層28は結晶化ガラスからなり、その少なくとも一部に $Zn_2SiO_4$ の結晶相を含有している。

【0016】

コート層28は、冷却ガスが発熱抵抗体5に直接吹き付けられることを防ぐとともに、これらの結晶相はガラス層を細かいブロックに細分化することになるので、グリフィスフローによるクラックの成長を防止しガラス自体の強度を向上させることができる。この結果、コート層28のないものでは2000サイクル程度で50～350の繰り返し耐久試験で断線していた発熱抵抗体5の寿命を20000サイクルまで延ばすことができるようになる。また、結晶相を包含するガラス相は、Pb、B、Bi、Sb等を適宜含有させることにより焼き付け温度を低減させることが可能となる。

【0017】

ガラスを結晶化させる方法としては、例えば一旦ガラス層を熔融生成させた後、該ガラス層を結晶核生成温度付近で一旦1時間程度保持させ、結晶核を十分生成させたのち、結晶生成温度まで昇温させてガラスを結晶化させる方法がある。

【0018】

10

20

30

40

50

結晶化により生成する結晶の量を測定することは難しいが、本発明者等はガラスの明度  $L^*$  を測定することにより、結晶化の度合いを間接的に測定できることを見出した。この結果、少なくともガラスの透明感がなくなる程度、すなわち明度  $L^*$  を 40 以上とすれば、良好な結晶化を達成できることを見出した。

【0019】

なお、コート層 28 の明度  $L^*$  の測定は、JIS Z 8729 ( $L^* a^* b^*$  表色系) に基づき、分光分析計にて明度  $L^*$  を測定する。

【0020】

生成してくる結晶層が針状結晶であれば、繊維強化によりコート層 28 の強度を向上させ、クラックの発生を抑制することができる。また、もしガラス中に微小クラックが発生したとしても、生成した結晶がクラックの進展を止める効果が期待できる。

10

【0021】

コート層 28 に使用するガラスとしては、700 程度の低い温度で焼き付けが可能で、且つ熱膨張率が板状体 2 の熱膨張係数に対し  $0.5 \sim 1.5 \times 10^{-6}/$  の範囲であることが必要である。一般的に、ガラスの熱膨張率とガラスの焼き付け温度の関係は負の相関があり、熱膨張係数を下げようとするとき焼き付け温度が高くなり、焼き付け温度を下げようすると熱膨張係数が高くなる傾向にある。従って、熱膨張係数と焼き付け温度を同時に目標のレベルにすることは、非常に難しい。

【0022】

そこで本発明では、たとえば、 $Zn_2SiO_4$ 、 $Zn_3B_2O_6$ 、 $Zn_3(BO_3)_2$ 、 $Zn(BO_2)_2$ 、 $SiO_2$  のような低熱膨張係数の結晶相をガラス中に析出もしくは分散させ、見掛けのガラスの熱膨張係数を下げようことを狙ったものである。また、 $PbO$ 、 $B_2O_3$ 、 $Bi_2O_3$ 、 $Sb_2O_3$  はどちらかというとき結晶化せず、ガラス中に残留してガラスの融点を下げることがある。また、これらの成分はガラスの熱膨張係数を増大させることなく焼き付け温度を低減できる機能を持った成分である。また、ガラス中の結晶相については、特にガラス相から析出してくるものに限定するものではなく、上記のような結晶をガラス中に混合し焼き付け処理することによりガラス中に混在させる手法を用いても構わない。

20

【0023】

低熱膨張係数の結晶相としては、 $\alpha$ -ユークリプタイトのように負の熱膨張係数を持つ結晶相もあるが、この結晶相は結晶中に含まれる  $Li$  イオンが発熱抵抗体 5 に印加される電圧により移動し、耐久性に影響する恐れがあるため、 $\beta$ -ユークリプタイト以外の結晶層とすることが望ましい。

30

【0024】

なお、コート層 28 に含有されるガラス中の結晶相の同定は、X線回折(理学電気社製)により同定した。また、ガラスの転移点および軟化点の測定は、示差走査熱量分析計を用いて、温度を上昇させながら熱の出入りを測定し、ベースラインの最初の吸熱シフト部分の漸近線の交点をガラス点移転とし、その次に出現する緩やかな発熱ピークの両側の漸近線の交点を軟化点とした。

【0025】

また、前記コート層 28 の熱膨張係数が板状体 2 の熱膨張係数に対して  $-0.5 \sim +2.0 \times 10^{-6}/$  の範囲となる事が好ましい。これは、本発明はセラミックスからなる板状体 2 の一方の主面をウエハ載置面 3 とし、他方の主面に酸化膜 21 と、ガラスからなる絶縁層 4 をこの順に備え、該絶縁層 4 上に発熱抵抗体 5、該発熱抵抗体 5 上にコート層 28 を備えているため、絶縁層 4、発熱抵抗体 5 およびコート層 28 の熱膨張係数は板状体 2 に近いほど  $50 \sim 350$  の繰り返し耐久試験における寿命を伸ばすことになるからである。

40

【0026】

特に、板状体 2 が炭化珪素の場合、コート層 28 の熱膨張係数が  $3.4 \sim 6.9 \times 10^{-6}/$  であれば、 $50 \sim 350$  の繰り返し耐久試験における寿命を 20000 サイクルまで伸ばすことができることを見出した。

50

## 【0027】

さらに、コート層28のガラス部分の軟化点が絶縁層4を形成するガラスの転移点よりも低くなるようにすることにより、より強固なコート層28と絶縁層4との接合強度が得られ、50～350の繰り返し耐久試験における寿命を、220000サイクル以上に伸ばすことができる。

## 【0028】

さらに、コート層28のガラス部分の軟化点を発熱抵抗体5に含まれるガラスの軟化点以下にすることにより、コート層28の焼き付け温度を発熱抵抗体5の焼き付け温度より低くすることができ、発熱抵抗体5中にコート層28のガラス成分の侵入を抑えることが可能となった。そのことにより焼き付け時における抵抗変化量を抑えることができ、半導体製造装置用のヒーターに代表されるような均一な温度分布を必要とされるヒーターの作製が可能となった。さらには発熱抵抗体5中にコート層28のガラス成分の侵入を抑えることで、発熱抵抗体5の金属成分とガラス成分の均一な分散状態が維持され、50～350の繰り返し耐久における寿命の劣化を防ぐことができる。

## 【0029】

さらにコート層28の膜厚については10～500 $\mu\text{m}$ の範囲内とすることが好ましい。コート層28の膜厚が10 $\mu\text{m}$ 未満の場合には、コート層28の表面にピンホールに代表される外観不良が発生する。またコート層28の膜厚が500 $\mu\text{m}$ を超える場合には、特にガラスは熱伝導率が低いため、板状体2の急速昇降温からみて好ましくない。

## 【0030】

図1を用いて、さらに本発明の一実施例であるウエハ加熱装置1の構造を細かく説明する。ガラスからなる絶縁層4は、厚みを10～600 $\mu\text{m}$ とする。この厚みが10 $\mu\text{m}$ 以下であると、板状体2と発熱抵抗体5との間の電氣的な絶縁が不十分となる。また、前記厚みが600 $\mu\text{m}$ 以上となると、ガラスは熱伝導係数が低いので、発熱抵抗体5からウエハW載置面3への熱伝達が遅くなってしまい好ましくない。

## 【0031】

また、炭化珪素質セラミックス、窒化アルミニウム質セラミックスや窒化珪素質セラミックス焼結体の表面には、ガラスは濡れ難くハジケが発生しやすいので、1000から1600の酸化雰囲気中で1～5時間処理し、板状体2の表面に酸化膜21を形成すると、絶縁層4や発熱抵抗体5を表面に形成しやすくなる。特に、炭化珪素質セラミックスを用いる場合は、セラミックス自体が半導性を示すので、電流のリークによる破損を防止するために、絶縁層4形成の前に上記のような熱処理が必須である。

## 【0032】

また、ガラスからなる絶縁層4の表面の平坦度は、300 $\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。該平坦度が300 $\mu\text{m}$ を超えると、絶縁層4の表面に発熱抵抗体5さらにはコート層28を形成した場合の厚みバラツキが大きくなり、発熱抵抗体5の抵抗値バラツキが大きくなるため好ましくない。またコート層28の印刷時にカスレ/ムラ等に代表される成膜不良が発生するため好ましくない。

## 【0033】

ガラスからなる絶縁層4の平坦度を300 $\mu\text{m}$ 以下とするためには、板状体2の絶縁層4を塗布する側の平坦度を300 $\mu\text{m}$ 以下とすると同時に、板状体2を構成するセラミックスの熱膨張率に対し、ガラスの熱膨張係数を $0 \sim 0.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 小さくすることが好ましい。これは、ガラスが焼結する際の収縮による応力が焼き付けの際の熱処理では十分緩和されず、絶縁層4側が凹となるような反りが残留しやすいからである。このように、ガラスの熱膨張率を板状体2をなすセラミックスの熱膨張係数より小さくすることにより板状体2の反りを低減することが、平坦度を向上させるのに有効である。

## 【0034】

また、前記絶縁層4の平坦度が300 $\mu\text{m}$ より大きい場合は、予め膜厚を管理した発熱抵抗体5、コート層28を転写シートに形成しておき、該発熱抵抗体5を転写により絶縁層4上に形成した後コート層28を転写により絶縁層4および発熱抵抗体5上に形成するこ

10

20

30

40

50

とによって発熱抵抗体 5 及びコート層 28 の厚みを均一とすることが可能になり、板状体 2 を均一に加熱することができるようにする。

【0035】

また、ガラスからなる絶縁層 4 は、プリントもしくは転写により一定厚みの膜を形成し、そのガラスの作業点以上の温度で熱処理することにより形成する。ガラスの熱膨張率は、均熱板 2 のセラミックス基材の熱膨張率より若干小さな熱膨張率とすることが好ましい。これは、ガラスが焼結し溶融する際に、その収縮による応力を十分緩和し切っておらず、収縮による応力が反りの形で残留しているため、この分を吸収するためである。そしてこの結果、ガラスに残留する応力が圧縮応力となるので、熱応力に対しクラックが発生し難くなるからである。

10

【0036】

さらに、発熱抵抗体 5 に含まれるガラスの軟化点が、絶縁層 4 に含まれるガラスの転移点より低いことが発熱抵抗体 5 の加工精度を向上させる上で好ましい。ガラスは転移点以上の温度では高粘度の粘性流体であると考えられる。このため、絶縁層 4 に含まれるガラスの転移点より発熱抵抗体 5 に含まれるガラスの軟化点を低くし、発熱抵抗体 5 の焼き付け時に、基材となる絶縁層 4 に影響がでないようにする。

【0037】

さらに、支持体 11 に固定したあとの板状体 2 の平坦度が  $80 \mu\text{m}$  以下、さらに好ましくは、 $40 \mu\text{m}$  以下とすることが好ましい。板状体 2 の平坦度を  $80 \mu\text{m}$  以下にする理由は、ウエハ W と板状体 2 との間隔を管理することにより、ウエハ W を急昇温させた場合に、ウエハ W 面内の温度を精密に管理することができるようにするためである。

20

【0038】

また、板状体 2 とウエハ W の間隔は、外周部より中心部を狭くする方が好ましい。板状体 2 の温度分布を一定にするため、発熱抵抗体 5 の発熱分布は、中心部より熱が外に逃げやすい外周部の方が発熱量が多くなるようにしている。このため、急昇温させる場合、ウエハ W の中心部の昇温がどうしても遅れやすい傾向になるからである。この傾向を少なくするために、板状体 2 とウエハ W の間隔は、外周部より中心部の方を狭くする方が、板状体 2 の温度変化に対して応答性が早くなるので好ましい。

【0039】

また、板状体 2 を形成するセラミックスとしては、炭化珪素、炭化硼素、窒化硼素、窒化珪素、窒化アルミニウムのいずれか 1 種以上を主成分とするものを使用することができる。

30

【0040】

炭化珪素質焼結体としては、主成分の炭化珪素に対し、焼結助剤として硼素 (B) と炭素 (C) を含有した焼結体や、主成分の炭化珪素に対し、焼結助剤としてアルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) とイットリア ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) を含有し  $1900 \sim 2200$  で焼成した焼結体を用いることができ、また、炭化珪素は 型を主体とするもの、あるいは 型を主体とするもののいずれであっても構わない。

【0041】

また、炭化硼素質焼結体としては、主成分の炭化硼素に対し、焼結助剤として炭素を  $3 \sim 10$  重量% 混合し、 $2000 \sim 2200$  でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。

40

【0042】

そして、窒化硼素質焼結体としては、主成分の窒化硼素に対し、焼結助剤として  $30 \sim 45$  重量% の窒化アルミニウムと  $5 \sim 10$  重量% の希土類元素酸化物を混合し、 $1900 \sim 2100$  でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。窒化硼素の焼結体を得る方法としては、他に硼珪酸ガラスを混合して焼結させる方法があるが、この場合熱伝導率が著しく低下するので好ましくない。

【0043】

また、窒化珪素質焼結体としては、主成分の窒化珪素に対し、焼結助剤として  $3 \sim 12$  重

50

量%の希土類元素酸化物と0.5~3重量%の $Al_2O_3$ 、さらに焼結体に含まれる $SiO_2$ 量として1.5~5重量%となるように $SiO_2$ を混合し、1650~1750 でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。ここで示す $SiO_2$ 量とは、窒化珪素原料中に含まれる不純物酸素から生成する $SiO_2$ と、他の添加物に含まれる不純物としての $SiO_2$ と、意図的に添加した $SiO_2$ の総和である。

#### 【0044】

また、窒化アルミニウム質焼結体としては、主成分の窒化アルミニウムに対し、焼結助剤として $Y_2O_3$ や $Yb_2O_3$ 等の希土類元素酸化物と、必要に応じて $CaO$ 等のアルカリ土類金属酸化物を添加して十分混合し、平板状に加工した後、窒素ガス中1900~2100 で焼成することにより得られる。

10

#### 【0045】

さらに板状体2は、板状体2と支持体11の外周にボルト17を貫通させ、板状体2側より弾性体8、座金18を介在させてナット19を螺着することにより弾性的に固定している。これにより、板状体2の温度を変更したり載置面3にウエハを載せ板状体2の温度が変動したりした場合に支持体11の変形が発生しても、前記弾性体8によってこれを吸収し、これにより板状体2の反りを防止し、ウエハW加熱におけるウエハW表面に温度分布が発生することを防止できる。

#### 【0046】

また、板状体2の温度調整用の熱電対10は、板状体2の中央部のウエハ載置面3の直近に設置され、熱電対10の温度を基に板状体2の温度を調整する。発熱抵抗体5が複数のブロックに別れており、個別に温度制御する場合は、それぞれの発熱抵抗体5のブロックに测温用の熱電対10を設置する。熱電対10としては、その応答性と保持の作業性の観点から、外径1.0mm以下のシース型の熱電対10を使用することが好ましい。また、板状体2に埋め込まれた先端部に力が掛からないように熱電対10の途中が支持部7の板状構造部13に保持されている。この熱電対10の先端部は、板状体2に孔が形成され、この中に設置された円筒状の金属体の内壁面にバネ材により押圧固定することが测温の信頼性を向上させるために好ましい。

20

#### 【0047】

また、発熱抵抗体5を複数のブロックに分割する場合は、そのブロック毎にその中央部に温度制御用の熱電対10を設置し、各々独立に温度制御することが好ましい。

30

#### 【0048】

熱電対10の保持構造は、図3に示したように、板状体2の発熱抵抗体5を形成した側の主面に凹部27を形成し、この凹部27の中に、熱電対10による测温の信頼性を高めるために熱伝導率が $65W/m \cdot K$ 以上の金属箔23を介して熱電対10を設置し、さらに上から熱伝導係数が板状体2のそれに対し40~170%である金属製チップ22、および熱伝導係数が $50W/m \cdot K$ 以下の押さえ治具24、支持棒25を弾性体26により押圧固定した構造とすることが好ましい。また、前記凹部27の径は、3~5mm とすることが好ましい。

#### 【0049】

また、支持体11は板状構造体13と側壁部からなり、該板状構造体13には発熱抵抗体5に電力を供給するための導通端子7が絶縁材9を介して設置され、不図示の空気噴射口や熱電対保持部が形成されている。そして、前記導通端子7は、給電部6に弾性体8により押圧される構造となっている。また、前記板状構造体13は、複数の層から構成されている。

40

#### 【0050】

また、板状体2に形成された給電部6と導通端子7間の接続を、押圧による接触とすることにより、板状体2と支持体11の温度差による両者の膨張の差を接触部分の滑りで緩和できるので、使用中の熱サイクルに対し、耐久性良好なウエハ加熱装置を提供することができる。この押圧手段である弾性体8としては、図1に示すようなコイル状のバネや、他に板バネ等を用いて押圧するようにしても構わない。

50

## 【0051】

弾性体 8 の押圧力としては、0.3 N 以上の荷重を導通端子 7 に掛けるようにすればよい。弾性体 8 の押圧力を 0.3 N 以上とする理由は、板状体 2 および支持体 11 の膨張収縮による寸法変化に対し、それに応じて導通端子 7 が移動しなければならないが、装置の構成上、導通端子 7 を板状体 2 の下面から給電部 6 に押し当てるようにしているため、導通端子 7 の摺動部との摩擦により導通端子 7 が給電部 6 から離れることを防止する為である。

## 【0052】

また、導通端子 7 の給電部 6 との当接面側の径は、1.5 ~ 4 mm とすることが好ましい。さらに、導通端子 7 を保持する絶縁材 9 は、その使用温度に応じて、200 以下の温度では、ガラス繊維を分散させた PEEK (ポリエトキシエトキシトン樹脂) 材のものをを用いることが可能であり、また、それ以上の温度で使用する場合は、アルミナ、ムライト等からなるセラミック製の絶縁材 9 を用いることが可能である。

10

## 【0053】

このとき、導通端子 7 の少なくとも給電部 6 との当接部を、Ni、Cr、Ag、Au、ステンレスおよび白金族の金属のうち少なくとも 1 種以上からなる金属により形成することが好ましい。具体的には、導通端子 7 自体を上記金属で形成するか、または導通端子 7 の表面に該金属からなる被覆層を設けることもできる。

## 【0054】

あるいは、導通端子 7 と給電部 6 の間に上記金属からなる金属箔を挿入することにより、導通端子 7 表面の酸化による接触不良を防止し、板状体 2 の耐久性を向上させることが可能となる。

20

## 【0055】

また、導通端子 7 の表面にブレード加工やサンドブラスト加工を施したりして、表面を荒らすことにより接点が点接触となることを防止すると、さらに接触の信頼性を向上させることができる。ウエハ加熱装置 1 は、板状体 2 面内の温度は均一になるように調整するが、加熱時、ウエハの入れ替え時等は、構造的に板状体 2 と支持体 9 の温度の関係は一定ではない。この温度差により、給電部 6 と導通端子 7 は、捻れた位置関係で接触する機会が多いので、これらの接点を平坦に加工すると、片当たりして接触不良を起こしやすい。

30

## 【0056】

そして、このウエハ加熱装置 1 によりウエハ W を加熱するには、不図示の搬送アームにて載置面 3 の上方まで運ばれたウエハ W を不図示のリフトピンにて支持したあと、リフトピン 8 を降下させてウエハ W を載置面 3 上に載せる。

## 【0057】

次に、給電部 6 に通電して発熱抵抗体 5 を発熱させ、絶縁層 4 及び板状体 2 を介して載置面 3 上のウエハ W を加熱する。板状体 2 を炭化珪素質焼結体により形成すると、熱を加えても変形が小さく、板厚を薄くできるため、所定の処理温度に加熱するまでの昇温時間及び所定の処理温度から室温付近に冷却するまでの冷却時間を短くすることができ、生産性を高めることができるとともに、80 W / m · K 以上の熱伝導率を有することから、薄い板厚でも発熱抵抗体 5 のジュール熱を素早く伝達し、載置面 3 の温度ばらつきを極めて小さくすることができる。

40

## 【0058】

## 【実施例】

## (実施例 1)

炭化珪素原料に 3 重量%の B<sub>4</sub>C と 2 重量%の炭素を適量のバインダおよび溶剤を用いて混合し、造粒したあと成形圧 100 MPa で成形し 1900 ~ 2100 で焼成して、熱伝導率が 80 W / m · K であり外径が 230 mm の円盤状の炭化珪素質焼結体を得る。そして、両面を平面研削した後、1400 × 1 時間の熱処理を施し、冷却時少なくとも 1000 から 600 までを 300 / 時間の速度で冷却して SiO<sub>2</sub> からなる酸化膜

50

21を形成した後、一方の表面にガラスペーストをプリント形成し、900で焼き付け処理することにより絶縁層4を形成した。尚、ガラスの熱膨張率は、 $3.8 \times 10^{-6}/$ のものを用いた。更に該絶縁層上に金属成分としてのAu20重量%、Pt10重量%と結晶相として $Zn_2SiO_4$ となる成分を含有するガラス70重量%をそれぞれ含んだ発熱抵抗体ペーストをプリントにて成膜し、600～700の焼き付けで所望の形状の発熱抵抗体5を形成した。更に、該絶縁層4及び発熱抵抗体5上に結晶相として $Zn_2SiO_4$ 、 $Zn_3B_2O_6$ 、 $Zn_3(BO_3)_2$ 、 $Zn(BO_2)_2$ 、 $SiO_2$ (クオーツ)となる成分を含有するガラス含んだオーバーコートペーストをプリントにより成膜し、550～700の焼き付けで所望の形状のコート層28を形成した。各結晶相の同定は、コート層28の焼き付け後にX線回折法(理学電気社製)にて行った。この時点でコート層28の外観の観察を行った。

10

【0059】

また、こうして作製したサンプルを載置面3が120秒にて350になるように電圧を調整し昇温を行い、120秒にて載置面3が50になるように冷却ガスをコート層28側から吹き付け、更に350に通電するサイクルを100サイクル施して、発熱抵抗体5及びコート層28の外観を観察した。クラックの発生がなければ、次の100サイクルを行い、再度観察を行い、クラックが発生するまで行った。外観確認は20倍の双眼顕微鏡にて行き、クラックの発生の有無を確認した。また、サンプルは各条件5ヶ作製し、5ヶとも50～350の耐久試験を施し、最初に抵抗変化率10%以上の変化もしくはコート層28にクラックの発生したサイクル数を比較した。

20

【0060】

結果を、表1に示した。

【0061】

【表1】

No.	コート層の主結晶相	コート層の熱膨張係数 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}C$ )	板状体との熱膨張係数差 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}C$ )	耐久サイクル数 (回)
1	$Zn_2SiO_4$	4.2	0.3	$\leq 25000$
2	$Zn_3B_2O_6$	4.3	0.4	$\leq 25000$
3	$Zn_3(BO_3)_2$	4.5	0.6	$\leq 25000$
4	$Zn_3(BO_2)_2$	4.9	1	$\leq 25000$
5	$SiO_2$	6.9	3	21000
6	$SiO_2$	7.2	3.3	7000
7	$\beta$ -ユークリプタイト	4.3	0.4	$\leq 25000$
8	$\beta$ -ユークリプタイト	3.4	-0.5	20000
9	$\beta$ -ユークリプタイト	3.2	-0.7	8500
10	オーバーコート無し	—	—	1000
11	非晶質ガラス	5.5	1.6	1000

30

40

【0062】

表1に示したように、コート層28を成膜していないNo.10は、耐久テストの1000サイクルで抵抗変化率が10%以上となり3000サイクルにて断線に至った。

【0063】

また結晶相を生成させないNo.11については耐久テストの1000サイクルでコート層28にクラックが発生した。

【0064】

これに対し、 $Zn_2SiO_4$ 、 $Zn_3B_2O_6$ 、 $Zn_3(BO_3)_2$ 、 $Zn(BO_2)_2$ 、 $SiO$

50

2の結晶層がコート層28中に分散したサンプルNo. 1~9は、すべて50 ~ 350の繰り返し耐久試験におけるクラックの発生が2000サイクル以上となり、良好な耐久性を示した。特に、板状体2と発熱抵抗体5の熱膨張率の差が $-0.5 \sim +1.0 \times 10^{-6}/$ の範囲にあるNo. 1~4、7、8は、耐久テストサイクル数が20000サイクル以上となり、好適であった。

【0065】

(実施例 2)

ここでは、上記実施例1と同様にサンプルを準備したが、前記コート層28がPb、Zn、B、Bi、Sbの少なくとも一種類を含んだ結晶相を含有し該コート層28の明度L\*が25~70となるようにガラスの焼き付け温度を変えて調整を行った。なおコート層28のガラスは亜鉛、硼酸系ガラスを用いて評価を行った。

【0066】

結果を、表2に示した。

【0067】

【表2】

No.	色調(色彩)L*	オーバーコート層結晶相	耐久サイクル数(回)
1	25	(非晶質)	500
2	30	(非晶質)	1000
3	35	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> (微小)	1000
4	40	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	122000
5	50	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	150000
6	60	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	270000
7	70	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	290000

【0068】

表2から判るように、コート層28の明度L\*が40より小さいNo. 1~3は、耐久テストにより1000サイクル以下でクラックが発生した。これに対し、コート層28の明度L\*が40以上であるNo. 4~8においては、50 ~ 350の繰り返し通電耐久試験におけるクラックの発生を100000サイクル以上とすることができた。

【0069】

(実施例 3)

ここでは、上記実施例1と同様にサンプルを準備したが、前記コート層28がPb、Zn、B、Bi、Sbの少なくとも一種類を含んだ結晶相を含有し、コート層28の熱膨張係数が $3.5 \sim 5.5 \times 10^{-6}/$ となるようにガラスの組成を変えて調整した。ガラスは亜鉛、硼酸系ガラスとし、熱膨張係数の調整にはSiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、PbOを1.0%程度添加することにより行った。

【0070】

結果を、表3に示した。

【0071】

【表3】

No.	コート層の熱膨張係数 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	板状体との熱膨張係数差 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	オーバーコート層の結晶相	耐久サイクル数 (回)
1	3.0	-0.9	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	2200
2	3.5	-0.4	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	250000
3	4.5	0.6	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	220000
4	5.7	1.8	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	22000
5	6.2	2.3	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	4500

10

## 【0072】

表3から判るように、コート層28の熱膨張係数が板状体2の熱膨張係数より $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超えて小さいNo.1および $2.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超えて大きいNo.5は、耐久テストにより3000サイクル以下でクラックが発生した。

## 【0073】

これに対し、コート層28の熱膨張係数を板状体2の熱膨張率に対し $-0.5 \sim +2.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の範囲となるように調整することにより、50～350の繰り返し通電耐久試験におけるクラックの発生を20000サイクル以上とすることができた。

## 【0074】

## 実施例4

ここでは、上記実施例1と同様にサンプルを準備したが、前記コート層28をなすガラスの軟化点が、前記絶縁層4に含まれるガラスの転移点より高いガラスと低いガラスを用い評価を行った。また絶縁層4の転移点より低いガラスについてはさらに前記発熱抵抗体5に含まれるガラスの軟化点より高いガラスと低いガラスさらには発熱抵抗体5と同じガラスの3種類のガラスにて評価を行った。コート層28に用いたガラスは亜鉛、硼酸系ガラスとし、軟化点の調整は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{PbO}$ を微量添加することにより調整した。また、絶縁層4のガラスの転移点は650のものを使用した。ガラスの転移点および軟化点については、ガラス部分をリユーターを用いて削り取り、回収した粉末を示差走査熱量分析計により評価した。評価方法については、データの吸熱ピークを確認し、該ピークに至る漸近線を引きその交点を転移点温度および軟化点温度とした。また、データの見方は、低温側から転移点、軟化点の温度と判定し、この温度差を測定した。コート層28の部分は、発熱抵抗体5を含まない部分を選び、絶縁層4まで削り取らないよう表面のガラスのみをリユーターを用いて削り取り評価した。

20

30

## 【0075】

結果を、表4に示した。

## 【0076】

## 【表4】

No.	絶縁層ガラスの転移点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	発熱体ガラスの軟化点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	コート層ガラスの軟化点	コート層ガラスの結晶相	コート層焼付後の発熱抵抗体の抵抗変化 (%)	耐久サイクル数 (回)
1	650	630	680	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	25	20000
2	650	630	640	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	20	30000
3	650	630	630	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	5	150000
4	650	630	620	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	3	200000
5	650	630	600	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4$	2	230000

40

## 【0077】

表4に示したように、コート層28中のガラスの軟化点が絶縁層ガラスの転移点よりも高いものについては20000サイクル程度でクラックが発生した。またコート層40に含

50

有されるガラスの軟化点が絶縁層ガラスの転移点より低くさらに発熱抵抗体 5 に使用されるガラスの軟化点よりも高いガラスについてはコート層 2 8 焼き付け時の発熱抵抗体 5 の抵抗変化が 20% 以上と抵抗変化率が高く、50 ~ 350 の繰り返し通電耐久試験においても 30000 サイクル程度でクラックが発生した。これに対し、コート層 2 8 に含有されるガラスの軟化点が絶縁層ガラスの転移点より低くさらに発熱抵抗体 5 に使用されるガラスの軟化点よりも同じか低いものについては、コート層 2 8 焼き付け時の発熱抵抗体 5 の抵抗変化を 5% 以内に抑えることができさらには 50 ~ 350 の繰り返し通電耐久試験におけるクラックの発生が 150000 サイクル以上となり、良好な耐久性を示した。

【0078】

10

実施例 5

ここでは、上記実施例 1 と同様にサンプルを準備したが、前記コート層 2 8 の厚みが 5  $\mu$ m ~ 1 mm までのサンプルを作製し、評価については載置面 3 に載せたウエハの温度が 150 になるように調整した後、100 までの冷却に要した時間及び金属顕微鏡によるコート層 2 8 の外観の評価を行った。

【0079】

結果は、表 5 に示した。

【0080】

【表 5】

No.	コート層の厚み ( $\mu$ m)	コート層の結晶相	冷却時間 (sec)	外観
1	5	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	90	ピンホール
2	10	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	90	OK
3	50	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	100	OK
4	100	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	120	OK
5	200	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	130	OK
6	500	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	150	OK
7	700	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	200	OK
8	1,000	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	250	OK

20

【0081】

表 5 から判るように、コート層 2 8 の厚みが 10  $\mu$ m 以下の場合には金属顕微鏡における外観検査にてコート層 2 8 にピンホールが見られ発熱抵抗体 5 の保護というコート層 2 8 の特性を満足しない。また、コート層 2 8 の厚みが 500  $\mu$ m 以上の No. 7、8 は、150 から - 100 までの冷却に要する時間が長く好ましくない。

【0082】

実施例 6

40

ここでは、実施例 1 に用いた No. 1 ~ 5、7、8 のサンプルを使用して、発熱抵抗体 5 に通電し、載置面 3 に載せたウエハの温度が 350 になるように調整して、500 時間連続通電し、抵抗変化したものについては、給電部 6 付近の磁器組成の変化を波長分散型電子顕微鏡 (EPM A) による分析で確認した。

【0083】

結果を、表 6 に示した。

【0084】

【表 6】

No.	コート層 の主結晶相	耐久テスト後 の抵抗変化	マイグレーション の有無
1	$Zn_2SiO_4$	小	無
2	$Zn_3B_2O_6$	小	無
3	$Zn_3(BO_3)_2$	小	無
4	$Zn_3(BO_2)_2$	小	無
6	$SiO_2$	小	無
7	$\beta$ -ユークリプタイト	大	有
8	$\beta$ -ユークリプタイト	大	有

10

## 【0085】

表6から判るように、 $\beta$ -ユークリプタイト( $LiAlSi_4$ )を含有するガラスを用いたNo.7、8は、耐久テストにおける抵抗変化が大きく、EPMAによりLiの移動が確認できたので好ましくない。 $\beta$ -ユークリプタイトはSiを含有する鉱物であり、ガラスの熱膨張率を小さくする上では効果があるが、このようにアルカリ金属酸化物を含有するものは電解を印加した際にアルカリ金属のイオン移動が発生するので好ましくないものと判断した。

20

## 【0086】

これに対し、No.1~5は、良好な耐久性を示した。

## 【0087】

## 【発明の効果】

以上のように、セラミックスからなる板状体上に、ガラスからなる絶縁層を介して発熱抵抗体を形成した後、該発熱抵抗体上に $Zn_2SiO_4$ の結晶相を含有するガラス質のコート層を形成したことによって、50~350の繰り返し耐久試験におけるクラックの発生を20000サイクル以上とすることができるようになった。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のウエハ加熱装置を示す断面図である。

30

【図2】本発明のウエハ加熱装置の一部拡大断面図である。

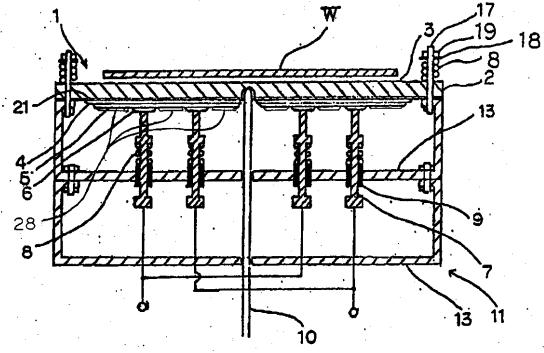
【図3】本発明のウエハ加熱装置の一部拡大断面図である。

【図4】従来のウエハ加熱装置の一部拡大断面図である。

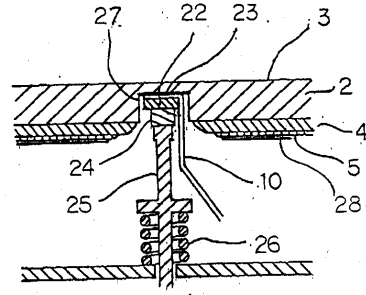
## 【符号の説明】

1：ウエハ加熱装置      2：板状体      3：載置面      4：絶縁層  
 5：発熱抵抗体      6：給電部      7：導通端子      8：弾性体  
 10：熱電対      11：支持体      21：酸化膜      28：コート層  
 W：半導体ウエハ

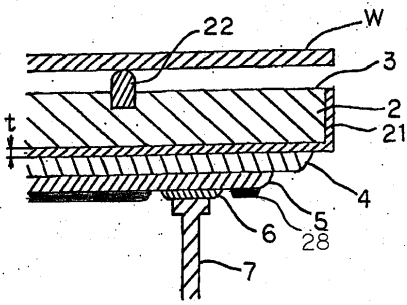
【図1】



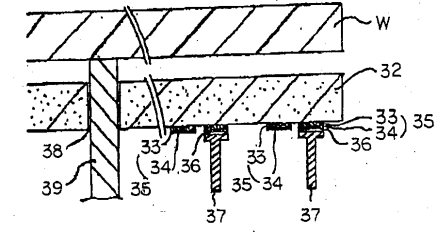
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭63-074658(JP,A)  
特開2000-231980(JP,A)  
特開平09-190873(JP,A)  
特開平09-269687(JP,A)  
特開平04-033390(JP,A)  
特開平09-059785(JP,A)  
特開平11-322361(JP,A)  
特開昭55-043751(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 3/10  
H01L 21/027  
H05B 3/16  
H05B 3/20