

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3904813号
(P3904813)

(45) 発行日 平成19年4月11日(2007.4.11)

(24) 登録日 平成19年1月19日(2007.1.19)

(51) Int. Cl.	F I	
H05B 3/12 (2006.01)	H05B 3/12	A
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30	567
H05B 3/10 (2006.01)	H05B 3/10	C
H05B 3/14 (2006.01)	H05B 3/14	B
H05B 3/16 (2006.01)	H05B 3/16	
請求項の数 5 (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2000-259807 (P2000-259807)
 (22) 出願日 平成12年8月29日(2000.8.29)
 (65) 公開番号 特開2002-75598 (P2002-75598A)
 (43) 公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)
 審査請求日 平成15年5月21日(2003.5.21)

(73) 特許権者 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
 (72) 発明者 横山 清
 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 豊島 唯

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】

炭化珪素質セラミックスからなる板状体の一方の主面に SiO_2 からなる酸化膜と、その上にガラスからなる絶縁層を備え、該絶縁層上に発熱抵抗体を備えるとともに、該発熱抵抗体が Zn、B、Si の少なくとも一種類を含む結晶相を含有することを特徴とするセラミックヒーター。

【請求項2】

前記発熱抵抗体が、Zn、B、Si の少なくとも一種類を含む結晶相を有するガラスと、Au、Ag、Pd、Pt、Rh、Ir のうち少なくとも一種以上とを含有し、該発熱抵抗体の熱膨張係数が上記板状体の熱膨張係数に対し $-0.5 \sim +3.0 \times 10^{-6} /$ 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】

前記発熱抵抗体に含まれるガラスの軟化点が、前記絶縁層に含まれるガラスの転移点より低い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】

前記発熱抵抗体が金属成分として、Pt、Au、もしくはこれらの合金を主成分とす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記載のセラミックヒーターにおける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。

10

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【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とその製造方法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するのに好適なウエハ加熱装置に関する。

【0002】

【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

【0003】

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。

【0004】

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

【0005】

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3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

【0006】

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

【0007】

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SiO₂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。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

50

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1000サイクル程度で発熱抵抗体の抵抗が上がり始め、2000サイクルにおいて最悪の場合発熱抵抗体の断線に至るといった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、発熱抵抗体に結晶化ガラスを含有させることにより上記課題を解決できることを見出した。即ち、炭化珪素質セラミックスからなる板状体の一方の主面に SiO_2 からなる酸化膜と、その上にガラスからなる絶縁層を備え、該絶縁層上に発熱抵抗体を備えるとともに、該発熱抵抗体がZn、B、Siの少なくとも一種類を含む結晶相を含有することを特徴とするセラミックヒーターとする

10

【0010】

【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。

【0011】

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を形成し、この発熱抵抗体5と電気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。

20

【0012】

図2を用いて、さらに本発明のセラミックヒーターを有する板状体2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からなる発熱抵抗体5が形成され、この発熱抵抗体5には給電部6が形成されてセラミックヒーターを構成してある。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。

30

【0013】

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。

【0014】

上記発熱抵抗体5は、Au、Ag、Pd、Pt、Rh、Pdの少なくとも一種の金属と結晶化ガラスからなり、その少なくとも一部にZn、B、Siの少なくとも一種類を含んだ結晶相を含有している。ガラス中に生成もしくは分散させる前記結晶相の種類としては、例えば Zn_2SiO_4 、 $Zn_3B_2O_6$ 、 $Zn_3(BO_3)_2$ 、 $Zn(BO_2)_2$ 、 SiO_2 等をあげることができる。これらの結晶相は、低熱膨張率であるため、これにより、従来2000

40

0サイクル程度の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のである。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。

【0015】

ガラスと金属の混合比率は、重量比で40 : 60 ~ 80 : 20のものを用いることができる。該比率が40 : 60より小さいと、ガラス量が少な過ぎて発熱抵抗体5の剥離強度が 4 kg/mm^2 以下になってしまうので好ましくない。また、該比率が80 : 20より大きくなると、焼成後に均熱板となる板状体2面内の発熱抵抗体5の抵抗値がブロック毎にばらついたり断線が発生しやすくなるので好ましくない。

50

【0016】

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。

【0017】

結晶化により生成する結晶量を測定することは難しいが、少なくともガラスの透明感がなくなる程度である方が好ましい。生成してくる結晶層が針状結晶であれば、繊維強化により発熱抵抗体5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

【0018】

発熱抵抗体5に使用するガラスとしては、700程度の低い温度で発熱抵抗体5の焼き付けが可能で、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とするとき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。

【0019】

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、見掛かけのガラスの熱膨張係数を下げることが狙ったものである。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効果がある。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

【0020】

低熱膨張係数の結晶相としては、 β -ユークリ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、 β -ユークリタイト以外の結晶層とすることが望ましい。

30

【0021】

なお、発熱抵抗体5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。

【0022】

また、前記発熱抵抗体5が、Zn、B、Siの少なくとも一種類を含む結晶相を有するガラスと、Au、Ag、Pd、Pt族金属粒子のうち少なくとも1種以上とを含有し、該発熱抵抗体5の熱膨張係数が板状体2の熱膨張係数に対して $-0.5 \sim +3.0 \times 10^{-6}$ / 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の一方の主面をウエハ載置面とし、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を備えているため、絶縁層4および該絶縁層4上の発熱抵抗体5の熱膨張係数は炭化珪素質セラミックスに近いほど50 ~ 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

【0023】

そこで、本発明者らは前記発熱抵抗体5が、Zn、B、Siの少なくとも一種類を含む結晶相と、Au、Ag、Pd、Pt族金属粒子の少なくとも1種以上とを含有し、該発熱抵抗体5の熱膨張係数が $3.4 \sim 6.9 \times 10^{-6}$ / であれば、50 ~ 350の繰り返し

50

し耐久試験における寿命を200000サイクルまで伸ばすことができることを見出した。

【0024】

さらに、発熱抵抗体5は少なくとも一部にZn、B、Siの少なくとも一種類を含んだ結晶相を含有する結晶化ガラスであるが、そのガラス部分の軟化点が絶縁層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、より強固な発熱抵抗体5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サイクルまで伸ばすことができる。発熱抵抗体5は少なくとも一部にZn、B、Siの少なくとも一種類を含んだ結晶相を含有する結晶化ガラスであるが、そ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高い場合でも、50～350の繰り返し耐久試験における寿命は200000サイクル程度までは耐久試験における寿命を延ばすことができる。

10

【0025】

さらに、前記発熱抵抗体5が金属成分として、特にPt族金属、Au、もしくはこれらの合金を主成分とすることが好ましい。発熱抵抗体5の少なくとも一部にZn、B、Siの少なくとも一種類を含んだ結晶相を含有し、更に導電材としては耐酸化性の強いPt族金属、Au、もしくはこれらの合金を主成分とすることにより、50～350の繰り返し耐久試験における寿命を250000サイクルまで伸ばすことができる。Pt族金属、Au、もしくはこれらの合金を主成分とする以外の金属が前記発熱抵抗体5に含まれている場合でも請求項1に示した発明のように50～350の繰り返し耐久試験における

20

【0026】

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 μm とする。この厚みが10 μm 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 μm 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。

【0027】

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。

30

【0028】

また、ガラスからなる絶縁層4の表面の平坦度は、300 μm 以下とすることが好ましい。該平坦度が300 μm を越えると、絶縁層4の表面に発熱抵抗体5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。

【0029】

ガラスからなる絶縁層4の平坦度を300 μm 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 μm 以下とすると同時に、均熱板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0～0.9 $\times 10^{-6}$ /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。

40

【0030】

また、前記絶縁層4の平坦度が300 μm より大きい場合は、予め膜厚を管理した発熱抵抗体5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上に形成する

50

ことによって発熱抵抗体 5 の厚みを均一とし、板状体 2 を均一に加熱することができるようにする。

【0031】

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

【0032】

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。

【0033】

さらに、支持体 1 1 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

【0034】

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。

【0035】

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

【0036】

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 (Al_2O_3) とイットリア (Y_2O_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いずれであっても構わない。

【0037】

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

【0038】

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。

【0039】

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。

【0040】

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

【0041】

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の温度が変動した場合に支持体11変形が発生しても、上記弾性体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。

【0042】

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

【0043】

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

【0044】

熱電対10の保持構造は、図4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。

【0045】

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

【0046】

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

【0047】

弾性体8の押圧力としては、0.3N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0.3N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。

【0048】

また、導通端子7の給電部6との当接面側の径は、1.5~4mm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

【0049】

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。

【0050】

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

【0051】

また、導通端子7の表面にプレーチング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場合が多いので、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。

【0052】

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。

30

【0053】

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、80W/m²・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

【0054】

【実施例】

実施例 1

炭化珪素原料に3重量%のB₄C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100MPaで成形し1900~2100で焼成して、熱伝導率が80W/(m²・K)であり外径が230mm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SiO₂からなる膜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

50

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。更に該絶縁層上にガラスと金属成分としてのAu20重量%、Pt10重量%と結晶相として Zn_2SiO_4 、 $Zn_3B_2O_6$ 、 $Zn_3(BO_3)_2$ 、 $Zn(BO_2)_2$ 、 SiO_2 (クォーツ)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成形し、600~700の焼き付けで所望の形状に形成した。各結晶相の同定は、発熱抵抗体5の焼き付け後にX線回折法(理学電気社製)にて行った。この時点で発熱抵抗体5の外観の観察を行った。

【0055】

また、こうして作製したサンプルを350の恒温槽に30分間挿入し均熱化したものを、取り出して50の恒温槽に30分間挿入し均熱化し、再度350の恒温槽に挿入するサイクルを100サイクル施して、発熱抵抗体5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い、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の繰り返し耐久試験を施し、一番最初にクラックの発生したサイクル数を比較した。

【0056】

結果を、表1に示した。

【0057】

【表1】

No.	発熱抵抗体の金属	ガラス相の主結晶相	熱膨張率 ($10^{-6}/^{\circ}C$)	板状体との熱膨張係数差(10^{-6})	耐久テストサイクル数
1	Au-Pt	Zn_2SiO_4	4.2	+0.3	<25000
2	↑	$Zn_3B_2O_6$	4.3	+0.4	<25000
3	↑	$Zn_3(BO_3)_2$	4.5	+0.6	<25000
4	↑	$Zn(BO_2)_2$	4.9	+1.0	<25000
5	↑	SiO_2	6.9	+3.0	21000
6	↑	SiO_2	7.2	+3.3	7000
7	↑	β -ユークリタイト	4.3	+0.4	<25000
8	↑	↑	3.4	-0.5	20000
9	↑	↑	3.2	-0.7	8500
10	* ↑	なし	5.5	+1.6	1800

*は、本発明の請求範囲外である。

【0058】

表1に示したように、結晶相を生成させないNo.10は、耐久テストの1800サイクルでクラックが発生した。

【0059】

これに対し、 Zn_2SiO_4 、 $Zn_3B_2O_6$ 、 $Zn_3(BO_3)_2$ 、 $Zn(BO_2)_2$ 、 SiO_2 の結晶層が発熱抵抗体5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 $-0.5 \sim +3.0 \times 10^{-6}/$ の範囲にあるNo.1~5、7、8は、耐久テストサイクル数が2000000サイクル以上となり、好適であった。

【0060】

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、前記発熱抵抗体5がPb、Zn、B、Bi、Sbの少なくとも一種類を含んだ結晶相と、Au、Ag、Pd、Pt族金属のうち少なくとも1種以上を含有し、該発熱抵抗体5の熱膨張係数 $3.5 \sim 5.5 \times 10^{-6}/$ 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_2 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 PbO を 1.0% 程度添加することにより行った。

【0061】

結果を、表 2 に示した。

【0062】

【表 2】

No.	発熱抵抗体の金属	発熱抵抗体の熱膨張係数(10^{-6})	均熱板との熱膨張係数の差(10^{-6})	発熱抵抗体の結晶相	耐久テストサイクル数(回)
1	Au-Pt	3.0	-0.9	Zn_2SiO_4	2200
2	↑	3.5	-0.4	Zn_2SiO_4	250000
3	↑	4.5	+0.6	Zn_2SiO_4	220000
4	↑	6.2	+2.3	Zn_2SiO_4	122000
5	↑	7.3	+3.4	Zn_2SiO_4	4500

10

【0063】

表 2 から判るように、発熱抵抗体 5 の熱膨張係数と板状体 2 の熱膨張係数の差が $-0.5 \times 10^{-6} /$ より小さい No. 1 および $3.0 \times 10^{-6} /$ より大きい 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。

20

【0064】

これに対し、発熱抵抗体 5 の熱膨張係数を板状体 2 の熱膨張率に対し $-0.5 \sim +3.0 \times 10^{-6} /$ 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。

【0065】

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、前記発熱抵抗体 5 がガラスを含み、このガラスの軟化点が、前記絶縁層 4 に含まれるガラスの転移点より低いものとそうでないものを作製した。発熱抵抗体 5 中のガラスは亜鉛、硼酸系ガラスとし、軟化点の調整は SiO_2 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 PbO を微量添加することにより調整した。この際、発熱抵抗体 5 の下に位置する絶縁層 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。発熱抵抗体 5 の部分は、できるだけ金属分を含まない部分を選び、窒素ガスをフローさせながら、金属による影響を抑制して評価した。

30

【0066】

結果を、表 3 に示した。

【0067】

【表 3】

40

No.	発熱抵抗体の金属	発熱体ガラスの軟化点 (°C)	絶縁層ガラスの転移点 (°C)	発熱抵抗体の結晶層	耐久テストサイクル数 (回)
1	Au-Pt	660	650	Zn ₂ SiO ₄	240000
2	Au-Pt	610	↑	Zn ₂ SiO ₄	250000
3	Au-Pt	630	↑	Zn ₂ SiO ₄	220000
4	Au-Pt	640	↑	Zn ₂ SiO ₄	150000
5	Au-Pt	660	↑	Zn ₂ SiO ₄	21000

10

【0068】

表3に示したように、発熱抵抗体5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。これに対し、発熱抵抗体5に含有されるガラスの軟化点が絶縁層4に使用されるガラスの転移点よりも低いものについては、50～350の繰り返し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。

【0069】

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、前記発熱抵抗体5が金属成分として、Pt族金属、Au、もしくはこれらの合金を主成分としてサンプルを作製した。また、比較用にAg-Pd系およびAg系の発熱抵抗体5を用いたものを作製して50～350の繰り返し耐久試験を実施した。

20

【0070】

結果は、表4に示した。

【0071】

【表4】

No.	発熱抵抗体の金属成分	発熱抵抗体の結晶相	耐久テストのサイクル
1	Au	Zn ₂ SiO ₄	250000
2	Pt	↑	260000
3	Au:Pt=3:7	↑	270000
4	Au:Pt=5:5	↑	220000
5	Au:Pt=7:3	↑	210000
6	Au:Pt=1:9	↑	200000
7	Ag:Pd=5:5	↑	48000
8	Ag	↑	25000

30

【0072】

表4から判るように、発熱抵抗体5中の金属成分としてAg-PdやAgを用いたNo. 7、8は、50000サイクル以下で発熱抵抗体5にクラックが発生した。これに対し、発熱抵抗体中の金属成分をPt族金属、Au、もしくはこれらの合金としたNo. 1～6は、50～350の繰り返し耐久試験におけるクラックの発生が250000サイクル以上となり、良好な耐久性を示した。

40

【0073】

実施例 5

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)による分析で確認した。

50

【 0 0 7 4 】

結果を、表 5 に示した。

【 0 0 7 5 】

【表 5】

No.	ガラス相の主結晶相	耐久テスト後の抵抗変	マイグレーションの有
1	Zn ₂ SiO ₄	小	無
2	Zn ₃ B ₂ O ₆	小	↑
3	Zn ₃ (BO ₃) ₂	小	↑
4	Zn(BO ₂) ₂	小	↑
5	SiO ₂	小	↑
7	β-ユークリプタイト	大	有
8	↑	大	↑

10

【 0 0 7 6 】

表 5 から判るように、β-ユークリプタイト (LiAlSi₄) 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、E P M A により Li の移動が確認できたので好ましくない。β-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

【 0 0 7 7 】

これに対し、No. 1 ~ 5 は、良好な耐久性を示した。

【 0 0 7 8 】

【発明の効果】

以上のように、炭化珪素質セラミックスからなる板状体上に SiO₂ からなる酸化膜を一旦形成し、更にガラスからなる絶縁層を形成させて、その絶縁層の上に形成した発熱抵抗体は、該発熱抵抗体の少なくとも一部に Zn、B、Si の少なくとも一種類を含む結晶相を含有させることにより、50 ~ 350 の繰り返し耐久試験におけるクラックの発生を 2000 サイクル以上とすることができるようになった。

30

【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。

【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。

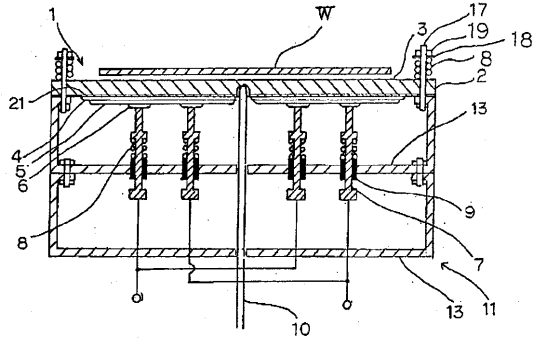
【図 4】本発明のウエハ加熱装置の一部拡大断面図である。

【符号の説明】

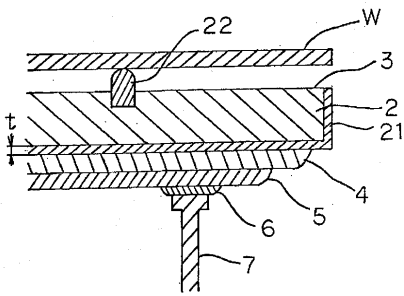
- 1 : ウエハ加熱装置
- 2 : 板状体
- 3 : 載置面
- 4 : 絶縁層
- 5 : 発熱抵抗体
- 6 : 給電部
- 7 : 導通端子
- 8 : 弾性体
- 10 : 熱電対
- 11 : 支持体
- 21 : 酸化膜
- W : 半導体ウエハ

40

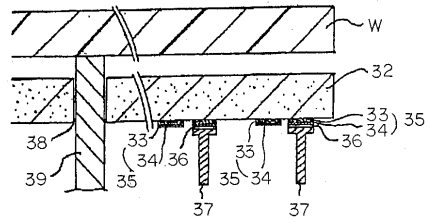
【 図 1 】



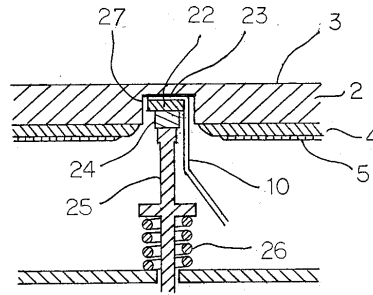
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 5 B 3/20 (2006.01) H 0 5 B 3/20 3 9 3
H 0 5 B 3/74 (2006.01) H 0 5 B 3/74

(56) 参考文献 特開平 0 9 - 2 6 9 6 8 7 (J P , A)
特開平 0 4 - 3 0 0 2 4 9 (J P , A)
特開平 0 4 - 3 2 2 0 9 3 (J P , A)
特開昭 6 3 - 3 0 1 4 8 2 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 4 0 3 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 3 1 9 8 0 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H05B 3/02 ~3/82
H01L 21/027
H01L 21/02
H01L 21/68