

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7349010号  
(P7349010)

(45)発行日 令和5年9月21日(2023.9.21)

(24)登録日 令和5年9月12日(2023.9.12)

(51)国際特許分類	F I
H 0 5 B 3/12 (2006.01)	H 0 5 B 3/12 B
H 0 5 B 3/74 (2006.01)	H 0 5 B 3/74
H 0 5 B 3/20 (2006.01)	H 0 5 B 3/20 3 5 6
H 0 5 B 3/28 (2006.01)	H 0 5 B 3/28

請求項の数 12 (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-503599(P2022-503599)	(73)特許権者	000004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(86)(22)出願日	令和3年2月22日(2021.2.22)	(74)代理人	110000017 弁理士法人アイテック国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/006588	(72)発明者	赤尾 隆嘉 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/172261	(72)発明者	平田 夏樹 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(87)国際公開日	令和3年9月2日(2021.9.2)	審査官	土屋 正志
審査請求日	令和4年7月29日(2022.7.29)		
(31)優先権主張番号	特願2020-30724(P2020-30724)		
(32)優先日	令和2年2月26日(2020.2.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 セラミックヒータ及びその製法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に所定パターンの抵抗発熱体又はその前駆体を形成する工程と、

(b) 前記抵抗発熱体又はその前駆体にレーザ光を照射して前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿って凹溝を形成する工程と、

(c) 前記第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に前記抵抗発熱体又はその前駆体を覆うように第2セラミック未焼成層を配置して積層体を得る工程と、

(d) 前記積層体をホットプレス焼成することにより、セラミック基板の内部に前記抵抗発熱体が埋設されたセラミックヒータを得る工程と、

を含み、

前記工程(b)では、前記第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対して前記凹溝の側壁面が傾斜し、前記第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対する前記凹溝の側壁面の傾斜角度が45°以下になるように前記凹溝を形成する、

セラミックヒータの製法。

【請求項2】

前記工程(b)では、前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿って定められた複数の測定点における断面積がそれぞれ予め定められた目標断面積になるように前記凹溝を形成する、

請求項1に記載のセラミックヒータの製法。

**【請求項 3】**

前記工程 ( b ) では、前記凹溝の深さは、前記抵抗発熱体又はその前駆体の厚みの半分以下である、

請求項 1 又は 2 に記載のセラミックヒータの製法。

**【請求項 4】**

前記工程 ( a ) では、前記第 1 セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対して前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面が傾斜するように前記抵抗発熱体又はその前駆体を形成する、

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のセラミックヒータの製法。

**【請求項 5】**

前記工程 ( a ) では、前記第 1 セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対する前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面の傾斜角度が  $45^\circ$  以下になるように前記抵抗発熱体又はその前駆体を形成する、

請求項 4 に記載のセラミックヒータの製法。

**【請求項 6】**

前記工程 ( b ) では、前記凹溝の側壁面の傾斜角度の方が、前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面の傾斜角度よりも大きくなるようにする、

請求項 4 又は 5 に記載のセラミックヒータの製法。

**【請求項 7】**

セラミック基板の内部に抵抗発熱体が埋設されたセラミックヒータであって、  
前記抵抗発熱体の表面に前記抵抗発熱体の長手方向に沿って設けられた凹溝と、  
前記セラミック基板の表面に対して傾斜する前記凹溝の側壁面と、  
を備え、

前記セラミック基板の表面に対する前記凹溝の側壁面の傾斜角度は  $27^\circ$  以下であり、

前記凹溝の側壁面と前記セラミック基板との間には空隙が存在しない、  
セラミックヒータ。

**【請求項 8】**

前記凹溝の開口縁は面取りされた形状である、

請求項 7 に記載のセラミックヒータ。

**【請求項 9】**

前記凹溝の深さは、前記抵抗発熱体の厚みの半分以下である、

請求項 7 又は 8 に記載のセラミックヒータ。

**【請求項 10】**

前記セラミック基板の表面に対して前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面が傾斜しており、前記端面と前記セラミック基板との間には空隙が存在しない、

請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のセラミックヒータ。

**【請求項 11】**

前記セラミック基板の表面に対する前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面の傾斜角度は  $27^\circ$  以下である、

請求項 10 に記載のセラミックヒータ。

**【請求項 12】**

前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面の傾斜角度は、前記凹溝の側壁面の傾斜角度よりも小さい、

請求項 10 又は 11 に記載のセラミックヒータ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、セラミックヒータ及びその製法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

10

20

30

40

50

従来、半導体製造装置に用いられるセラミックヒータが知られている。例えば、特許文献 1 には、セラミック基板の表面に抵抗発熱体が設けられたセラミックヒータとその製法が開示されている。特許文献 1 には、セラミック基板の表面に所定パターンの抵抗発熱体を形成した後、抵抗発熱体にレーザ光を照射して溝を形成することにより抵抗発熱体の抵抗値を調整することも開示されている。一方、特許文献 2 には、セラミックヒータとして用いられる電極内蔵焼結体が開示されている。特許文献 2 には、電極内蔵焼結体の製法として、アルミナ焼結体又はアルミナ仮焼体を形成し、その上に電極ペーストを印刷し、電極ペースト上にアルミナ粉体を充填して成形し、その成形体をホットプレス焼成することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2002 - 190373 号公報  
特開 2005 - 343733 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献 2 におけるアルミナ焼結体又はアルミナ仮焼体に印刷された電極ペーストの抵抗値を調整するために、特許文献 1 のように電極ペーストにレーザ光を照射して溝を形成することが考えられる。しかしながら、溝を形成したあとの電極ペースト上にアルミナ粉体を充填して成形し、その成形体をホットプレス焼成すると、アルミナセラミック基板のうち溝の側壁の近傍に空隙が発生することがあった。こうした空隙は、熱伝導の悪化や均熱性の低下の原因になるため好ましくない。

【0005】

本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、凹溝を有する抵抗発熱体がセラミック基板に埋設されたセラミックヒータにおいて、熱伝導性や均熱性を良好にすることを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のセラミックヒータの製法は、  
(a) 第 1 セラミック焼成層又は未焼成層の表面に所定パターンの抵抗発熱体又はその前駆体を形成する工程と、  
(b) 前記抵抗発熱体又はその前駆体にレーザ光を照射して前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿って凹溝を形成する工程と、  
(c) 前記第 1 セラミック焼成層又は未焼成層の表面に前記抵抗発熱体又はその前駆体を覆うように第 2 セラミック未焼成層を配置して積層体を得る工程と、  
(d) 前記積層体をホットプレス焼成することにより、セラミック基板の内部に前記抵抗発熱体が埋設されたセラミックヒータを得る工程と、

を含み、

前記工程 (b) では、前記第 1 セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対して前記凹溝の側壁面が傾斜するように前記凹溝を形成する、

ものである。

【0007】

このセラミックヒータの製法の工程 (b) では、抵抗発熱体又はその前駆体に凹溝を形成することにより抵抗発熱体又はその前駆体の断面積（ひいては抵抗発熱体の抵抗）を調整する。このとき、第 1 セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対して凹溝の側壁面が傾斜するように凹溝を形成する。工程 (d) で積層成形体をホットプレス焼成する際、凹溝の側壁面が傾斜しているため、凹溝の側壁面と第 2 セラミック未焼成層に含まれるセラミック粉との間に圧力が加わり、両者が緊密に接触した状態で積層成形体が焼成される。これにより、凹溝の側壁面とセラミック基板との間に空隙が発生するのを防止すると共に、

10

20

30

40

50

凹溝の側壁面とセラミック基板との接着強度を上げることができる。したがって、得られたセラミックヒータの熱伝導性や均熱性が良好になる。

【0008】

なお、「セラミック焼成層」とは、焼成されたセラミックの層であり、例えば、セラミック焼成体（焼結体）の層でもよいし、セラミック仮焼体の層でもよい。「セラミック未焼成層」とは、焼成されていないセラミックの層であり、例えば、セラミック粉体の層でもよいし、セラミック成形体（成形体を乾燥したものや成形体を乾燥、脱脂したものやセラミックグリーンシートなどを含む）の層でもよい。「抵抗発熱体の前駆体」とは、焼成することにより抵抗発熱体となるものをいい、例えば抵抗発熱体ペーストを印刷したものをいう。「積層体」は、第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に抵抗発熱体又はその前駆体を覆うように第2セラミック未焼成層を配置したものであってもよいし、第2セラミック未焼成層の上に更に別の層（例えば第2セラミック未焼成層側に電極又はその前駆体が設けられた第3セラミック焼成層又は未焼成層）が積層されたものであってもよい。

10

【0009】

本発明のセラミックヒータの製法において、前記工程（b）では、前記第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対する前記凹溝の側壁面の傾斜角度が45°以下になるように前記凹溝を形成してもよい。こうすれば、凹溝の側壁面とセラミック基板との間に空隙が発生するのを確実に防止することができる。凹溝の側壁面の傾斜角度は、加工性を考慮すると18°以上であることが好ましい。

【0010】

本発明のセラミックヒータの製法において、前記工程（b）では、前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿って定められた複数の測定点における断面積がそれぞれ予め定められた目標断面積になるように前記凹溝を形成してもよい。こうすれば、抵抗発熱体又はその前駆体の抵抗を測定することなく凹溝の形状を決定することができる。

20

【0011】

本発明のセラミックヒータの製法において、前記工程（b）では、前記凹溝の深さは、前記抵抗発熱体又はその前駆体の厚みの半分以下にしてもよい。こうすれば、凹溝の深さが深すぎる場合に比べて、凹溝の側壁面とセラミック基板との間に空隙が発生するのをより防止しやすくなる。

【0012】

本発明のセラミックヒータの製法において、前記工程（a）では、前記第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対して前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面が傾斜するように前記抵抗発熱体又はその前駆体を形成してもよい。こうすれば、抵抗発熱体の長手方向に沿った端面とセラミック基板との間に空隙が発生するのを防止すると共に、その端面とセラミック基板との接着強度を上げることができるため、得られたセラミックヒータの熱伝導性や均熱性がより良好になる。この場合、前記工程（a）では、前記第1セラミック焼成層又は未焼成層の表面に対する前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面の傾斜角度が45°以下になるように前記抵抗発熱体又はその前駆体を形成することが好ましい。こうすれば、抵抗発熱体の長手方向に沿う端面とセラミック基板との間に空隙が発生するのを確実に防止することができる。

30

【0013】

本発明のセラミックヒータの製法において、前記工程（b）では、前記凹溝の側壁面の傾斜角度の方が、前記抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面の傾斜角度よりも大きくなるようにしてもよい。抵抗発熱体又はその前駆体の高さは、凹溝の深さよりも大きい。そのため、抵抗発熱体又はその前駆体の長手方向に沿う端面の傾斜の方がよりなだらかになるようにすることによって、セラミックヒータの抵抗発熱体の端面とセラミック基板との間に空隙が発生するのをより防止することができる。

40

【0014】

本発明のセラミックヒータは、

セラミック基板の内部に抵抗発熱体が埋設されたセラミックヒータであって、

50

前記抵抗発熱体の表面に前記抵抗発熱体の長手方向に沿って設けられた凹溝と、  
前記セラミック基板の表面に対して傾斜する前記凹溝の側壁面と、  
を備え、  
前記凹溝の側壁面と前記セラミック基板との間には空隙が存在しない、  
ものである。

【0015】

このセラミックヒータでは、凹溝の側壁面はセラミック基板の表面に対して傾斜しており、凹溝の側壁面とセラミック基板との間には空隙が存在しない。そのため、セラミックヒータの熱伝導性及均熱性が良好になる。こうしたセラミックヒータは、例えば上述したセラミックヒータの製法によって得ることができる。セラミック基板の表面に対する凹溝の側壁面の傾斜角度は27°以下が好ましい。傾斜角度は、加工性を考慮すると10°以上であることが好ましい。

10

【0016】

本発明のセラミックヒータにおいて、前記凹溝の開口縁は面取りされた形状としてもよい。こうすれば、凹溝の開口縁が角張っている場合に比べて、凹溝の開口縁を起点とするクラックが発生しにくくなる。

【0017】

本発明のセラミックヒータにおいて、前記凹溝の深さは、前記抵抗発熱体の厚みの半分以下であることが好ましい。

【0018】

本発明のセラミックヒータにおいて、前記セラミック基板の表面に対して前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面が傾斜しており、前記端面と前記セラミック基板との間には空隙が存在しないものとしてもよい。こうすれば、セラミックヒータの熱伝導性及均熱性がより良好になる。セラミック基板の表面に対する抵抗発熱体の長手方向に沿う端面の傾斜角度は27°以下であることが好ましい。

20

【0019】

本発明のセラミックヒータにおいて、前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面の傾斜角度は、前記凹溝の側壁面の傾斜角度よりも小さいことが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】静電チャックヒータ10の斜視図。

【図2】図1のA-A断面図。

【図3】抵抗発熱体16を平面視したときの説明図。

【図4】図3のB-B断面図。

【図5】静電チャックヒータ10の製造工程図。

【図6】抵抗発熱体前駆体66の幅方向を含む面で抵抗発熱体前駆体66を切断したときの断面図。

【図7】抵抗発熱体前駆体66に凹溝67を形成する工程の説明図。

【図8】線溝68の断面図。

【図9】凹溝67の断面図。

【図10】実施例1の凹溝67の形状測定結果を示すグラフ。

【図11】傾斜角度の求め方の説明図。

【図12】横軸を抵抗発熱体前駆体66の高さ、縦軸を度数とするヒストグラム。

【発明を実施するための形態】

【0021】

次に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は本実施形態の静電チャックヒータ10の斜視図、図2は図1のA-A断面図、図3は抵抗発熱体16を平面視したときの説明図、図4は図3のB-B断面図である。

40

【0022】

静電チャックヒータ10は、セラミック基板12の内部に静電電極14と抵抗発熱体1

50

6 とが埋設されたものである。静電チャックヒータ 10 の裏面には、冷却板 22 が接着層 26 を介して接着されている。

#### 【0023】

セラミック基板 12 は、セラミックス製（例えばアルミナ製や窒化アルミニウム製）の円板である。セラミック基板 12 の表面には、ウエハ W を載置可能なウエハ載置面 12a が設けられている。

#### 【0024】

静電電極 14 は、ウエハ載置面 12a に略平行な円形の導電性薄膜である。この静電電極 14 には、図示しない棒状端子が電氣的に接続されている。棒状端子は、静電電極 14 の下面からセラミック基板 12 を経たあと冷却板 22 を通って下方に延び出している。棒状端子は、冷却板 22 と電氣的に絶縁されている。セラミック基板 12 のうち静電電極 14 より上側の部分は、誘電体層として機能する。静電電極 14 の材料としては、例えば炭化タングステン、金属タングステン、炭化モリブデン、金属モリブデンなどが挙げられ、このうち、使用するセラミックと熱膨張係数の近いものを選ぶことが好ましい。

10

#### 【0025】

抵抗発熱体 16 は、ウエハ載置面 12a に略平行な面に設けられた帯状の導電性ラインである。帯状の導電性ラインは、特に限定するものではないが、例えば幅 0.1 ~ 1.0 mm、厚み 0.001 ~ 0.1 mm、線間距離 0.1 ~ 5 mm に設定されていてもよい。抵抗発熱体 16 は、一方の端子部 18 から他方の端子部 20 まで一筆書きの要領でセラミック基板 12 の全体にわたって帯状の導電性ラインを交差しないように配線したものである。抵抗発熱体 16 の端子部 18, 20 のそれぞれには、図示しない給電端子が個別に電氣的に接続されている。これらの給電端子は、抵抗発熱体 16 の下面からセラミック基板 12 を通過したあと冷却板 22 を通って下方に延び出している。また、これらの給電端子は、冷却板 22 と電氣的に絶縁されている。抵抗発熱体 16 の材料としては、例えば炭化タングステン、金属タングステン、炭化モリブデン、金属モリブデンなどが挙げられ、このうち、使用するセラミックと熱膨張係数の近いものを選ぶことが好ましい。

20

#### 【0026】

抵抗発熱体 16 の表面には、図 4 に示すように、抵抗発熱体 16 の長手方向（電流の流れる方向）に沿って凹溝 17 が設けられている。凹溝 17 の深さは、当然のことながら抵抗発熱体 16 の厚みよりも小さいが、抵抗発熱体 16 の厚みの半分以下であることが好ましい。凹溝 17 の側壁面 17a は、セラミック基板 12 のウエハ載置面 12a に対して傾斜している。凹溝 17 の側壁面 17a とセラミック基板 12 との間には空隙が存在しない。なお、「空隙が存在しない」とは、倍率 150 倍のセラミック基板 12 の SEM 断面を肉眼で見たときに空隙が確認されないことをいう（以下同じ）。ウエハ載置面 12a に対する側壁面 17a の傾斜角度は 27° 以下であることが好ましい。また、この傾斜角度

30

は加工性を考慮すると 10° 以上であることが好ましい。凹溝 17 の幅は、凹溝 17 の深さ以上であることが好ましい。凹溝 17 の開口縁 17b は、角張っておらず面取りされた形状である。面取りは、C 面取りでもよいし R 面取りでもよい。セラミック基板 12 のウエハ載置面 12a に対して抵抗発熱体 16 の長手方向に沿う端面 16a は、傾斜している。端面 16a とセラミック基板 12 との間には空隙が存在しない。ウエハ載置面 12a に対する端面 16a の傾斜角度は 27° 以下であることが好ましい。抵抗発熱体 16 の端面 16a の傾斜角度は、凹溝 17 の側壁面 17a の傾斜角度よりも小さいことが好ましい。

40

#### 【0027】

冷却板 22 は、金属製（例えばアルミニウム製）であり、冷媒（例えば水）が通過可能な冷媒通路 24 を内蔵している。この冷媒通路 24 は、セラミック基板 12 の全面にわたって冷媒が通過するように形成されている。なお、冷媒通路 24 には、冷媒の供給口と排出口（いずれも図示せず）が設けられている。

#### 【0028】

次に、静電チャックヒータ 10 の使用例について説明する。この静電チャックヒータ 1

50

0のウエハ載置面12aにウエハWを載置し、静電電極14とウエハWとの間に電圧を印加することによりウエハWを静電的な力によってウエハ載置面12aに吸着する。この状態で、ウエハWにプラズマCVD成膜を施したりプラズマエッチングを施したりする。また、抵抗発熱体16に電圧を印加してウエハWを加熱したり、冷却板22の冷媒通路24に冷媒を循環してウエハWを冷却したりすることにより、ウエハWの温度を一定に制御する。抵抗発熱体16に電圧を印加する際には、抵抗発熱体16の一方の端子部18と他方の端子部20との間に電圧を印加する。すると、抵抗発熱体16に電流が流れ、それによって抵抗発熱体16が発熱してウエハWを加熱する。

#### 【0029】

本実施形態では、抵抗発熱体16の表面には凹溝17が形成されている。抵抗発熱体16は、一方の端子部18から他方の端子部20までを複数の区間に分割され、区間ごとに凹溝17（深さは略一定）の幅が決定されている。凹溝17の幅の広い区間は、抵抗発熱体16の断面積が小さくなるため抵抗が高くなり発熱量が大きくなる。凹溝17の幅の狭い区間は、抵抗発熱体16の断面積が大きくなるため抵抗が低くなり発熱量が小さくなる。そのため、各区間の凹溝17の幅を調整することにより、抵抗発熱体16の区間ごとの発熱量を目標発熱量に一致させている。

#### 【0030】

次に、静電チャックヒータ10の製造例について説明する。図5は静電チャックヒータ10の製造工程図、図6は抵抗発熱体前駆体66の幅方向を含む面で抵抗発熱体前駆体66を垂直に切断したときの抵抗発熱体前駆体66の断面図、図7は抵抗発熱体前駆体66に凹溝67を形成する工程の説明図、図8及び図9は抵抗発熱体前駆体66の幅方向を含む面で抵抗発熱体前駆体66を垂直に切断したときの線溝68及び凹溝67の断面図である。以下には、セラミック基板12としてアルミナ基板を製造する場合を例に挙げて説明する。

#### 【0031】

##### [1] 成形体の作製（図5（A）参照）

円盤状の下部及び上部の成形体51, 53を作製する。各成形体51, 53は、例えば、まず、成形型にアルミナ粉体（例えば平均粒径0.1~10 $\mu$ m）、溶媒、分散剤及びゲル化剤を含むスラリーを投入し、成形型内でゲル化剤を化学反応させてスラリーをゲル化させたあと離型することにより、作製する。このようにして得られる成形体51, 53を、モールドキャスト成形体と称する。

#### 【0032】

溶媒としては、分散剤及びゲル化剤を溶解するものであれば、特に限定されないが、例えば、炭化水素系溶媒（トルエン、キシレン、ソルベントナフサ等）、エーテル系溶媒（エチレングリコールモノエチルエーテル、ブチルカルビトール、ブチルカルビトールアセテート等）、アルコール系溶媒（イソプロパノール、1-ブタノール、エタノール、2-エチルヘキサノール、テルピネオール、エチレングリコール、グリセリン等）、ケトン系溶媒（アセトン、メチルエチルケトン等）、エステル系溶媒（酢酸ブチル、グルタル酸ジメチル、トリアセチン等）、多塩基酸系溶媒（グルタル酸等）が挙げられる。特に、多塩基酸エステル（例えば、グルタル酸ジメチル等）、多価アルコールの酸エステル（例えば、トリアセチン等）等の、2以上のエステル結合を有する溶媒を使用することが好ましい。

#### 【0033】

分散剤としては、アルミナ粉体を溶媒中に均一に分散するものであれば、特に限定されない。例えば、ポリカルボン酸系共重合体、ポリカルボン酸塩、ソルビタン脂肪酸エステル、ポリグリセリン脂肪酸エステル、リン酸エステル塩系共重合体、スルホン酸塩系共重合体、3級アミンを有するポリウレタンポリエステル系共重合体等が挙げられる。特に、ポリカルボン酸系共重合体、ポリカルボン酸塩等を使用することが好ましい。この分散剤を添加することで、成形前のスラリーを、低粘度とし、且つ高い流動性を有するものとすることができる。

#### 【0034】

10

20

30

40

50

ゲル化剤としては、例えば、イソシアネート類、ポリオール類及び触媒を含むものとしてもよい。このうち、イソシアネート類としては、イソシアネート基を官能基として有する物質であれば特に限定されないが、例えば、トリレンジイソシアネート(TDI)、ジフェニルメタンジイソシアネート(MDI)又はこれらの変性体等が挙げられる。なお、分子内において、イソシアネート基以外の反応性官能基が含有されていてもよく、更には、ポリイソシアネートのように、反応性官能基が多数含有されていてもよい。ポリオール類としては、イソシアネート基と反応し得る水酸基を2以上有する物質であれば特に限定されないが、例えば、エチレングリコール(EG)、ポリエチレングリコール(PEG)、プロピレングリコール(PG)、ポリプロピレングリコール(PPG)、ポリテトラメチレングリコール(PTMG)、ポリヘキサメチレングリコール(PHMG)、ポリビニルアルコール(PVA)等が挙げられる。触媒としては、イソシアネート類とポリオール類とのウレタン反応を促進させる物質であれば特に限定されないが、例えば、トリエチレンジアミン、ヘキサジアン、6-ジメチルアミノ-1-ヘキサノール等が挙げられる。

#### 【0035】

この工程では、まず、アルミナ粉体に溶媒及び分散剤を所定の割合で添加し、所定時間に亘ってこれらを混合することによりスラリー前駆体を調製し、その後、このスラリー前駆体に、ゲル化剤を添加して混合・真空脱泡してスラリーとするのが好ましい。スラリー前駆体やスラリーを調製するときの混合方法は、特に限定されるものではなく、例えばボールミル、自公転式攪拌、振動式攪拌、プロペラ式攪拌等を使用可能である。なお、スラリー前駆体にゲル化剤を添加したスラリーは、時間経過に伴いゲル化剤の化学反応(ウレタン反応)が進行し始めるため、速やかに成形型内に流し込むのが好ましい。成形型に流し込まれたスラリーは、スラリーに含まれるゲル化剤が化学反応することによりゲル化する。ゲル化剤の化学反応とは、イソシアネート類とポリオール類とがウレタン反応を起こしてウレタン樹脂(ポリウレタン)になる反応である。ゲル化剤の反応によりスラリーがゲル化し、ウレタン樹脂は有機バインダとして機能する。

#### 【0036】

##### [2] 仮焼体の作製(図5(B)参照)

下部及び上部の成形体51, 53を乾燥したあと脱脂し、更に仮焼することにより、下部及び上部の仮焼体61, 63を得る。成形体51, 53の乾燥は、成形体51, 53に含まれる溶媒を蒸発させるために行う。乾燥温度や乾燥時間は、使用する溶媒に応じて適宜設定すればよい。但し、乾燥温度は、乾燥中の成形体51, 53にクラックが入らないように注意して設定する。また、雰囲気は大気雰囲気、不活性雰囲気、真空雰囲気のいずれであってもよい。乾燥後の成形体51, 53の脱脂は、分散剤や触媒やバインダなどの有機物を分解・除去するために行う。脱脂温度は、含まれる有機物の種類に応じて適宜設定すればよいが、例えば400~600に設定してもよい。また、雰囲気は大気雰囲気、不活性雰囲気、真空雰囲気のいずれであってもよい。脱脂後の成形体51, 53の仮焼は、強度を高くしハンドリングしやすくするために行う。仮焼温度は、特に限定するものではないが、例えば750~900に設定してもよい。また、雰囲気は大気雰囲気、不活性雰囲気、真空雰囲気のいずれであってもよい。

#### 【0037】

##### [3] 抵抗発熱体前駆体の形成(図5(C)及び図6参照)

下部の仮焼体61の片面に抵抗発熱体用ペーストを抵抗発熱体16と同じパターンとなるように印刷したあと乾燥することにより抵抗発熱体前駆体66を形成する。また、上部の仮焼体63の片面に静電電極用ペーストを静電電極14と同じ形状となるように印刷したあと乾燥することにより静電電極前駆体64を形成する。両ペーストは、いずれも、アルミナ粉体と導電性粉末とバインダと溶媒とを含むものである。アルミナ粉体としては、例えば成形体51, 53の作製時に用いたものと同様のものを用いることができる。導電性粉末としては、例えば、炭化タングステン粉末が挙げられる。バインダとしては、例えば、セルロース系バインダ(エチルセルロースなど)やアクリル系バインダ(ポリメタクリル酸メチルなど)やビニル系バインダ(ポリビニルブチラールなど)が挙げられる。溶

10

20

30

40

50

媒としては、例えば、テルピネオールなどが挙げられる。印刷方法は、例えば、スクリーン印刷法などが挙げられる。印刷は複数回実施する。そのため、各前駆体 66, 64 は、多層構造となっている。また、抵抗発熱体前駆体 66 は、長手方向に沿う端面 66a が階段状になるように印刷する（図 6 参照）。印刷されたペーストの端部は垂れるため最終的には端面 66a は階段状ではなく傾斜面になる。端面 66a は、下部の仮焼体 61 の表面に対して傾斜しており、その傾斜角度は  $45^\circ$  以下であることが好ましい。静電電極前駆体 64 も、図示しないがこれと同様に階段状になるように印刷する。この場合も、印刷されたペーストの端部は垂れるため最終的には端面は階段状ではなく傾斜面になる。

【0038】

[4] 凹溝の形成（図 5（D）及び図 7～9 参照）

下部の仮焼体 61 の片面に設けた抵抗発熱体前駆体 66 に凹溝 67 を形成する。凹溝 67 の深さは、抵抗発熱体前駆体 66 の半分以下であることが好ましい。凹溝 67 の形成は、図 7 に示すピコ秒レーザー加工機 30 により行う。ピコ秒レーザー加工機 30 は、ガルバノミラーのモータとステージのモータを駆動させながらレーザー光 32 を抵抗発熱体前駆体 66 の長手方向に沿って照射することにより線溝 68 を形成する。線溝 68 の幅（1 回のパスで形成される溝幅）は特に限定するものではないが、例えば  $10 \sim 100 \mu\text{m}$  が好ましく、 $20 \sim 60 \mu\text{m}$  がより好ましい。ピコ秒レーザー加工機 30 は、こうした線溝 68 を抵抗発熱体前駆体 66 の幅方向に重なるように複数本設けることにより、凹溝 67 を形成する。レーザー光 32 は、照射位置の中心で最もエネルギーが高く、中心よりも外側に行くほどエネルギーが低くなる。そのため、生成する線溝 68 の断面は、図 8 に示すようにサインカーブに近い形状になる。線溝 68 のピッチを線溝 68 の幅の半分になるように設定すると、現在の線溝 68 から次の線溝 68 を形成する際のレーザー光 32 の断面は図 8 の点線、その次の線溝 68 を形成する際のレーザー光 32 の断面は図 8 の 1 点鎖線、更にその次の線溝 68 を形成する際のレーザー光 32 の断面は図 8 の 2 点鎖線のようになる。そのため、これらすべての線溝 68 を形成し終わると、図 9 に示すように底面がほぼ平らに近い凹溝 67 が得られる。凹溝 67 は、線溝 68 の集合体である。凹溝 67 の側壁面 67a は、下部の仮焼体 61 の表面に対して傾斜している。下部の仮焼体 61 の表面に対する凹溝 67 の側壁面 67a の傾斜角度（図 9 参照）は、 $45^\circ$  以下であることが好ましい。また、レーザー光 32 の加工性を考慮すると、傾斜角度は、 $18^\circ$  以上であることが好ましい。傾斜角度は、レーザー光 32 の出力やレーザー光 32 の加工回数（同じ箇所に照射するレーザー光 32 の回数）によって変化する。このとき、傾斜角度の方が傾斜角度よりも大きくなるようにする、換言すれば、傾斜角度の方が傾斜角度よりもなだらかになるようにすることが好ましい。

【0039】

凹溝 67 を形成するにあたっては、まず、凹溝 67 を形成する前の抵抗発熱体前駆体 66 の厚み分布をレーザー変位計を用いて測定する。この測定は、抵抗発熱体前駆体 66 の中心線に沿って予め定められた複数の測定点において実施する。各測定点において予め定められた厚みの目標値と厚みの測定値との差（厚みの差）を求める。厚みの目標値は、抵抗発熱体前駆体 66 を焼成して抵抗発熱体 16 としたときの抵抗の目標値に基づいて設定される。そして、ある測定点の厚みの差に基づいて、その測定点からその隣の測定点までの区間に形成する線溝 68 の本数を決定する。線溝 68 の深さは予め定められた値である。そのため、線溝 68 の本数を変化させることにより、凹溝 67 の幅が変化し、凹溝 67 の断面積ひいては抵抗発熱体前駆体 66 の断面積が変化する。つまり、凹溝 67 は、複数の測定点における抵抗発熱体前駆体 66 の断面積がそれぞれ予め定められた目標断面積になるように形成される。

【0040】

[5] 積層体の作製（図 5（E）参照）

下部の仮焼体 61 の抵抗発熱体前駆体 66 が設けられた面に、抵抗発熱体前駆体 66 を覆うようにアルミナ粉体を積層し、その上に上部の仮焼体 63 を、静電電極前駆体 64 が設けられた面がアルミナ粉体に接するように積層して成形し、積層体 50 を得る。積層体

10

20

30

40

50

50は、上部及び下部の仮焼体61、63の間にアルミナ粉体層62が挟まれた構造である。アルミナ粉体としては、成形体51、53の作製時に用いたものと同様のものを用いることができる。

#### 【0041】

##### [6]ホットプレス焼成(図5(F)参照)

得られた積層体50を厚み方向に圧力を加えながらホットプレス焼成する。このとき、積層体50は、金型によって径方向に拡がらないようにせき止められているため厚さ方向に圧縮される。圧縮率は、プレス圧力によって異なるが、例えば30~70%である。これにより、抵抗発熱体前駆体66が焼成されて抵抗発熱体16となり、静電電極前駆体64が焼成されて静電電極14となり、仮焼体61、63及びアルミナ粉体層62が焼結して一体化してセラミック基板12となる。その結果、静電チャックヒータ10が得られる。ホットプレス焼成では、少なくとも最高温度(焼成温度)において、プレス圧力を30~300kgf/cm<sup>2</sup>とすることが好ましく、50~250kgf/cm<sup>2</sup>とすることがより好ましい。また、最高温度は、セラミック粉末の種類、粒径などにより適宜設定すればよいが、1000~2000の範囲に設定することが好ましい。雰囲気は、大気雰囲気、不活性雰囲気、真空雰囲気の中から、適宜選択すればよい。

10

#### 【0042】

ここで、本実施形態の構成要素と本発明の構成要素との対応関係を明らかにする。本実施形態の静電チャックヒータ10が本発明のセラミックヒータに相当する。また、本実施形態の抵抗発熱体前駆体の形成(図5(C)及び図6参照)が本発明の工程(a)に相当し、凹溝の形成(図5(D)及び図7~9参照)が工程(b)に相当し、積層体の作製(図5(E)参照)が工程(c)に相当し、ホットプレス焼成(図5(F)参照)が工程(d)に相当し、仮焼体61が第1セラミック焼成層に相当し、アルミナ粉体層62が第2セラミック未焼成層に相当する。

20

#### 【0043】

以上詳述した本実施形態では、抵抗発熱体前駆体66に凹溝67を形成することにより抵抗発熱体前駆体66の断面積(ひいては抵抗発熱体16の抵抗)を調整する。このとき、下部の仮焼体61の表面に対して凹溝67の側壁面67aが傾斜するように凹溝67を形成する。積層体50をホットプレス焼成する際、凹溝67の側壁面67aが傾斜しているため、凹溝67の側壁面67aとアルミナ粉体層62に含まれるアルミナ粉体との間に圧力が加わり、両者が緊密に接触した状態で積層体50が焼成される。これにより、静電チャックヒータ10において、凹溝17の側壁面17aとセラミック基板12との間に空隙が発生するのを防止すると共に、凹溝17の側壁面17aとセラミック基板12との接着強度を上げることができる。したがって、得られた静電チャックヒータ10の熱伝導性や均熱性が良好になる。

30

#### 【0044】

また、仮焼体61の表面に対する凹溝67の側壁面67aの傾斜角度が45°以下であれば、静電チャックヒータ10の抵抗発熱体16の凹溝17の側壁面17aとセラミック基板12との間に空隙が発生するのを確実に防止することができる。傾斜角度は、加工性(例えばレーザー光による加工回数など)を考慮すると18°以上であることが好ましい。傾斜角度が小さすぎると、1回のレーザー光による加工で形成される凹溝17の深さが浅くなるため、凹溝17を所定の深さにするには加工回数が増えてしまい、加工時間が長くなるからである。

40

#### 【0045】

更に、抵抗発熱体前駆体66の長手方向に沿って定められた複数の測定点における断面積がそれぞれ予め定められた目標断面積になるように凹溝67が形成される。そのため、抵抗発熱体前駆体66の抵抗を測定することなく凹溝67の形状を決定することができる。

#### 【0046】

凹溝67の深さは、抵抗発熱体前駆体66の厚みの半分以下にするのが好ましい。こうすれば、凹溝67の深さが深すぎる場合に比べて、静電チャックヒータ10の凹溝17の

50

側壁面 17 a とセラミック基板 12 との間に空隙が発生するのをより防止しやすくなる。

【0047】

更にまた、仮焼体 61 の表面に対して抵抗発熱体前駆体 66 の長手方向に沿う端面 66 a が傾斜している。そのため、静電チャックヒータ 10 の抵抗発熱体 16 の長手方向に沿った端面 16 a とセラミック基板 12 との間に空隙が発生するのを防止すると共に、その端面 16 a とセラミック基板 12 との接着強度を上げることができる。したがって、得られた静電チャックヒータ 10 の熱伝導性や均熱性がより良好になる。特に、仮焼体 61 の表面に対する抵抗発熱体前駆体 66 の長手方向に沿う端面の傾斜角度 が  $45^\circ$  以下であれば、抵抗発熱体 16 の長手方向に沿う端面 16 a とセラミック基板 12 との間に空隙が発生するのを確実に防止することができる。

10

【0048】

凹溝 67 を形成するにあたり、凹溝 67 の側壁 67 a の傾斜角度 の方が抵抗発熱体前駆体 66 の端面 66 a の傾斜角度 よりも大きくなるようにする、換言すれば傾斜角度の方が傾斜角度 よりもなだらかになるようにするのが好ましい。抵抗発熱体前駆体 66 の高さは、凹溝 67 の深さよりも大きい。そのため、抵抗発熱体前駆体 66 の端面 66 a の傾斜の方がよりなだらかになるようにすることによって、静電チャックヒータ 10 の抵抗発熱体 16 の端面 16 a とセラミック基板 12 との間に空隙が発生するのをより防止することができる。

【0049】

そして、静電チャックヒータ 10 は、凹溝 17 の側壁面 17 a はセラミック基板 12 の表面に対して傾斜しており、凹溝 17 の側壁面 17 a とセラミック基板 12 との間には空隙が存在しない。そのため、静電チャックヒータ 10 の熱伝導性や均熱性が良好になる。セラミック基板 12 の表面に対する凹溝 17 の側壁面 17 a の傾斜角度 は  $27^\circ$  以下が好ましい。また、傾斜角度 は  $10^\circ$  以上が好ましい。凹溝 17 の側壁面 17 a とセラミック基板 12 との間に空隙が発生するのをより確実に防止するには、凹溝 17 の幅を凹溝 17 の深さ以上に設定することが好ましい。

20

【0050】

そしてまた、静電チャックヒータ 10 は、凹溝 17 の開口縁 17 b は面取りされた形状となっている。そのため、凹溝 17 の開口縁が角張っている場合に比べて、凹溝 17 の開口縁 17 b を起点とするクラックが発生しにくくなる。なお、ホットプレス焼成を行う前の凹溝 67 の開口縁が角張っていたとしても、ホットプレス焼成後の凹溝 17 の開口縁 17 b は面取りされた形状になる。凹溝 17 の深さは、抵抗発熱体 16 の厚みの半分以下であることが好ましい。

30

【0051】

そして更に、静電チャックヒータ 10 は、セラミック基板 12 の表面に対して抵抗発熱体 16 の長手方向に沿う端面 16 a が傾斜しており、端面 16 a とセラミック基板 12 との間には空隙が存在しない。そのため、静電チャックヒータ 10 の熱伝導性や均熱性がより良好になる。セラミック基板 12 の表面に対する抵抗発熱体 16 の長手方向に沿う端面 16 a の傾斜角度 は  $27^\circ$  以下であることが好ましい。傾斜角度 は、凹溝 17 の側壁面 17 a の傾斜角度 よりも小さいことが好ましい。

40

【0052】

なお、本発明は上述した実施形態に何ら限定されることはなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施し得ることはいうまでもない。

【0053】

例えば、上述した実施形態では、セラミックヒータとして静電チャックヒータ 10 を例示したが、静電電極 14 を有さないセラミックヒータであってもよい。この場合、静電電極前駆体 64 を有さない上部の仮焼体 63 を用いて積層体 50 を作製しその積層体 50 をホットプレス焼成してもよいし、上部の仮焼体 63 を省略して積層体 50 を作製しその積層体 50 をホットプレス焼成してもよい。

【0054】

50

上述した実施形態では、第2セラミック未焼成層としてアルミナ粉体層62を例示したが、アルミナ粉体層62の代わりにアルミナ成形体層やアルミナグリーンシートを用いてもよい。アルミナ成形体層は、乾燥したものをを用いてもよいし、乾燥後脱脂したものをを用いてもよい。

#### 【0055】

上述した実施形態では、第1セラミック焼成層として仮焼体61を例示したが、仮焼体61の代わりにアルミナ焼結体を用いてもよい。あるいは、第1セラミック焼成層の代わりにセラミック成形体層やセラミックグリーンシートを用いてもよい。セラミック成形体層は、乾燥したものをを用いてもよいし、乾燥後脱脂したものをを用いてもよい。

#### 【0056】

上述した実施形態では、凹溝67を形成する抵抗発熱体前駆体66として、抵抗発熱体用ペーストを印刷したあと乾燥したものをを用いたが、印刷し乾燥したあと脱脂したものや、印刷し乾燥し脱脂したあと仮焼（又は焼成）したものをを用いてもよい。

#### 【0057】

上述した実施形態では、抵抗発熱体16としてセラミック基板12の全体に一筆書きの要領で帯状の導電性ラインを交差しないように配線したものを採用したが、特にこれに限定されるものではない。例えば、セラミック基板12を複数のゾーンに分け、ゾーンごとに一筆書きの要領で帯状の導電性ラインを交差しないように配線した抵抗発熱体を設けてもよい。この場合、各抵抗発熱体は、上述した抵抗発熱体16と同様の構造を採用すればよい。

#### 【実施例】

#### 【0058】

以下に、本発明の実施例について説明する。なお、以下の実施例は本発明を何ら限定するものではない。

#### 【0059】

##### [実施例1]

上述した製造例にしたがって静電チャックヒータ10を作製した（図5参照）。

##### [1]成形体の作製

アルミナ粉末（平均粒径0.5 $\mu$ m、純度99.7%）100重量部、マグネシア0.04重量部、分散剤としてポリカルボン酸系共重合体3重量部、溶媒として多塩基酸エステル20重量部を秤量し、これらをボールミル（トロンメル）で14時間混合し、スラリー前駆体とした。このスラリー前駆体に対して、ゲル化剤、すなわちイソシアネート類として4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート3.3重量部、ポリオール類としてエチレングリコール0.3重量部、触媒として6-ジメチルアミノ・1-ヘキサノール0.1重量部を加え、自公転式攪拌機で12分間混合し、スラリーを得た。得られたスラリーを、成形型に流し込んだ。その後、22で2時間放置することにより、成形型内でゲル化剤を化学反応させてスラリーをゲル化させたあと離型した。これにより、上部及び下部の成形体51, 53（図5（A）参照）を得た。

#### 【0060】

##### [2]仮焼体の作製

上部及び下部の成形体51, 53を100で10時間乾燥した後、最高温度500で1時間脱脂し、更に最高温度820、大気雰囲気中で1時間仮焼することにより、上部及び下部の仮焼体61, 63（図5（B）参照）を得た。

#### 【0061】

##### [3]抵抗発熱体前駆体の形成

炭化タングステン粉末（平均粒径1.5 $\mu$ m）とアルミナ粉末（平均粒径0.5 $\mu$ m）をアルミナ含有量が10重量%となるように混合し、バインダーとしてポリメタクリル酸メチルと溶媒としてテルピネオールを加えて混合することによりペーストを調製した。このペーストは、抵抗発熱体用、静電電極用の両方に用いることとした。そして、下部の仮焼体61の片面に抵抗発熱体用ペーストを複数回スクリーン印刷し、その後乾燥すること

10

20

30

40

50

で厚さ $100\mu\text{m}$ の抵抗発熱体前駆体66を形成した。また、上部の仮焼体63の片面に静電電極用ペーストを複数回スクリーン印刷し、その後乾燥することで静電電極前駆体64を形成した(図5(C)参照)。抵抗発熱体前駆体66の端面66aの傾斜角度は $10^\circ$ であった。実際には印刷されたペーストの端部は垂れるため、端面66aは階段状ではなく傾斜面になった。静電電極前駆体64の端面の傾斜角度も同じ値であった。

【0062】

#### [4] 凹溝の形成

抵抗発熱体前駆体66の厚み分布をレーザ変位計を用いて測定し、測定結果に基づいてピコ秒レーザ加工機30を用いて抵抗発熱体前駆体66の表面に凹溝67を形成した。レーザ加工条件は、レーザ出力 $20\text{W}$ 、加工速度 $2000\text{mm}/\text{sec}$ 、加工回数2回とした。形成された凹溝67の形状測定を行った。その結果を図10に示す。図10から、凹溝67の深さは $20\mu\text{m}$ 、凹溝67の側壁面67aの傾斜角度は $34^\circ$ であった。

【0063】

ここで、傾斜角度の求め方を説明する。まず、図11に示すように、傾斜面である側壁面67aを含むように幅方向に $0.5\text{mm}$ の対象範囲を設定した。このとき、抵抗発熱体前駆体66の底面がほぼ水平になるように補正すると共に、対象範囲の中心と側壁面67aの真ん中とを概ね一致させた。この対象範囲の全域にわたって、幅方向に $2.5\mu\text{m}$ ピッチで抵抗発熱体前駆体66の高さを取得した。高さは、触針式測定器を用いて測定した。そして、横軸に抵抗発熱体前駆体66の高さ、縦軸に度数をとったグラフ(ヒストグラム)を作成した。高さのデータ間隔は $1\mu\text{m}$ とした。ヒストグラムの一例を図12に示す。ヒストグラムには、高さの低い第1グループと高さの高い第2グループとが現れた。第1グループは、凹溝67の底面の高さのグループであり、第2グループは、抵抗発熱体前駆体66の頂面(凹溝67が設けられていない部分)の高さのグループである。ヒストグラムにおいて、第1グループ内で最も度数の高い値(最頻値)を凹溝67の底面高さHLとみなし、第2グループ内で最も度数の高い値(最頻値)を抵抗発熱体前駆体66の頂面高さHUとみなした。また、HUからHLを減算した値を凹溝67の深さDとした。そして、HLに $0.1D$ を加算した値を下限値、HUから $0.1D$ を減算した値を上限値とし、側壁面67aのうち下限値から上限値までの間で $2.5\mu\text{m}$ ピッチで測定した高さをを用いて側壁面67aの回帰直線を求め、その回帰直線が水平線(図10の横軸)となす角度を傾斜角度とした。なお、前出の抵抗発熱体前駆体66の端面66aの傾斜角度もこれと同様にして求めた。但し、傾斜角度を求める際には対象範囲を $0.5\text{mm}$ ではなく $1.5\text{mm}$ に設定した。

【0064】

#### [5] 積層体の作製

仮焼体61の抵抗発熱体前駆体66が設けられた面に、抵抗発熱体前駆体66を覆うようにアルミナ粉体を積層し、その上に仮焼体63を、静電電極前駆体64が設けられた面がアルミナ粉体に接するように積層して成形し、積層体50を得た。

【0065】

#### [6] ホットプレス焼成

得られた積層体50のホットプレス焼成を行った。これにより、抵抗発熱体前駆体66が焼成されて厚さ $50\mu\text{m}$ の抵抗発熱体16となり、静電電極前駆体64が焼成されて静電電極14となり、仮焼体61、63及びアルミナ粉体層62が焼結して一体化してセラミック基板12となり、静電チャックヒータ10を得た。ホットプレス焼成は、真空雰囲気下、圧力 $250\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、最高温度 $1600$ で2時間保持することにより行った。その後、セラミック焼結体表面をダイヤモンド砥石にて平面研削加工を行い、静電電極14からウエハ載置面12aまでの厚みを $350\mu\text{m}$ とした。

【0066】

#### [評価]

得られた静電チャックヒータ10のセラミック基板(アルミナ基板)12の外観を観察したところ、色調に差がある箇所は見られなかった。また、得られた静電チャックヒータ

10の断面のSEM写真(倍率150倍、画素数16.5万画素以上)から、凹溝17の深さは10μm、凹溝17の側壁面17aの傾斜角度は18°であった。凹溝17の深さ及び傾斜角度は、SEM写真を用いて前出の凹溝67の深さD及び傾斜角度の求め方と同様にして求めた。また、SEM写真において、凹溝17の側壁面17aとセラミック基板(アルミナ基板)12との間には空隙は見られなかった。抵抗発熱体16の長手方向に沿った端面16aの傾斜角度は5°であった。傾斜角度は、SEM写真を用いて前出の傾斜角度の求め方と同様にして求めた。静電電極14の端面の傾斜角度も同じく5°であった。各端面とセラミック基板12の間にも空隙は見られなかった。

【0067】

[実施例2]

上述した実施例1のレーザ加工条件の加工回数を1回とした以外は、実施例1と同様にして静電チャックヒータ10を作製した。抵抗発熱体前駆体66の凹溝67の深さは10μm、傾斜角度は18°、抵抗発熱体前駆体66の端面66aの傾斜角度や静電電極前駆体64の端面の傾斜角度は10°であった。実施例1と同様にして静電チャックヒータ10の断面のSEM写真を撮影し観察したところ、凹溝17の深さは5μm、凹溝17の側壁面17aの傾斜角度は10°であった。凹溝67の側壁面67aとセラミック基板12の間には空隙は見られなかった。抵抗発熱体16の長手方向に沿った端面の傾斜角度は5°であった。静電電極14の端面の傾斜角度も同じく5°であった。各端面とセラミック基板12の間にも空隙は見られなかった。なお、各傾斜角度は実施例1と同様にして求めた。

【0068】

[実施例3]

上述した実施例1のレーザ加工条件の加工回数を3回とした以外は、実施例1と同様にして静電チャックヒータ10を作製した。抵抗発熱体前駆体66の凹溝67の深さは30μm、傾斜角度は45°、抵抗発熱体前駆体66の端面66aの傾斜角度や静電電極前駆体64の端面の傾斜角度は10°であった。実施例1と同様にして静電チャックヒータ10の断面のSEM写真を撮影し観察したところ、凹溝17の深さは15μm、凹溝17の側壁面17aの傾斜角度は27°であった。凹溝17の側壁面17aとセラミック基板12の間には空隙は見られなかった。抵抗発熱体16の長手方向に沿った端面の傾斜角度は5°であった。静電電極14の端面の傾斜角度も同じく5°であった。各端面とセラミック基板12の間にも空隙は見られなかった。なお、各傾斜角度は実施例1と同様にして求めた。

【0069】

実施例1~3の主な結果を表1に示す。

【0070】

【表1】

	レーザ加工回数	凹溝67(焼成前)		凹溝17(焼成後)	
		傾斜角度β(°)	深さ(μm)	傾斜角度α(°)	深さ(μm)
実施例1	2	34	20	18	10
実施例2	1	18	10	10	5
実施例3	3	45	30	27	15

【0071】

[実施例4及び5]

実施例4では、端面66aの傾斜角度を18°とした以外は、上述した実施例1と同様にして静電チャックヒータ10を作製した。得られた抵抗発熱体16の長手方向に沿った端面16aの傾斜角度は10°であった。実施例5では、端面66aの傾斜角度を45°とした以外は、上述した実施例1と同様にして静電チャックヒータ10を作製した

10

20

30

40

50

。得られた抵抗発熱体 16 の長手方向に沿った端面 16 a の傾斜角度 は 26 ° であった。実施例 4 , 5 では抵抗発熱体 16 の端面 16 a 付近に空隙 ( それに伴う均熱性異常 ) は確認されなかった。

【 0 0 7 2 】

本出願は、2020年2月26日に提出された日本国特許出願第2020-030724号を優先権主張の基礎としており、引用によりその内容の全てが本明細書に含まれる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 3 】

本発明のセラミックヒータは、例えば半導体製造装置用部材として利用可能である。

【 符号の説明 】

10

【 0 0 7 4 】

10 静電チャックヒータ、12 セラミック基板、12 a ウエハ載置面、14 静電電極、16 抵抗発熱体、16 a 端面、17 凹溝、17 a 側壁面、17 b 開口縁、18 , 20 端子部、22 冷却板、24 冷媒通路、26 接着層、30 ピコ秒レーザー加工機、32 レーザ光、50 積層体、51 , 53 成形体、61 , 63 仮焼体、62 アルミナ粉体層、64 静電電極前駆体、66 抵抗発熱体前駆体、66 a 端面、67 凹溝、67 a 側壁面、68 線溝。

20

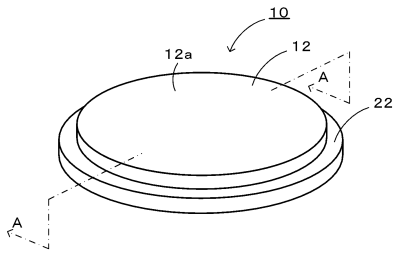
30

40

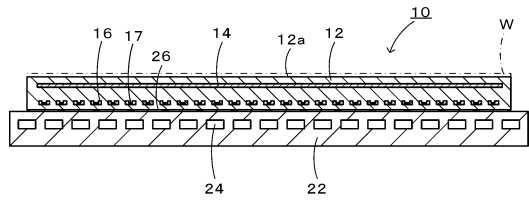
50

【図面】

【図 1】

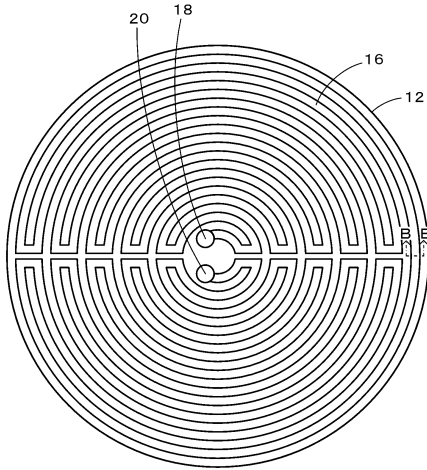


【図 2】

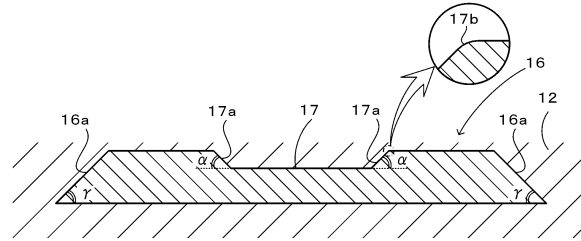


10

【図 3】



【図 4】



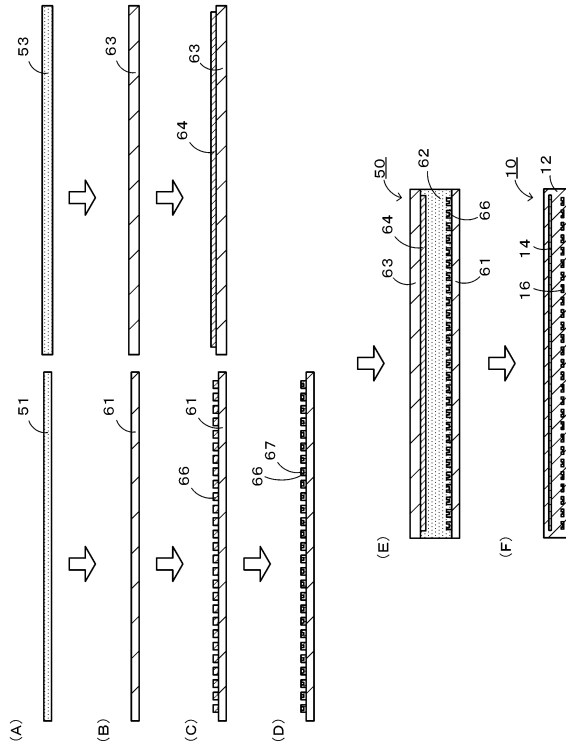
20

30

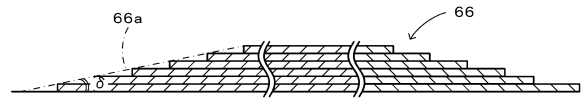
40

50

【図 5】



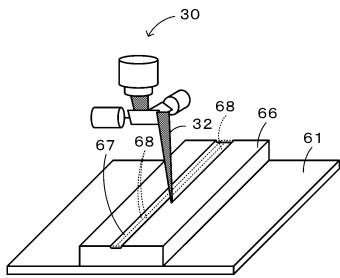
【図 6】



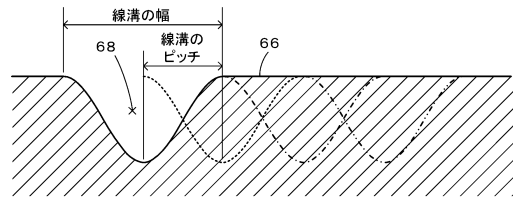
10

20

【図 7】



【図 8】

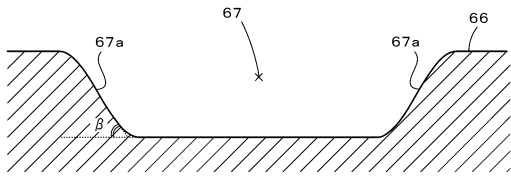


30

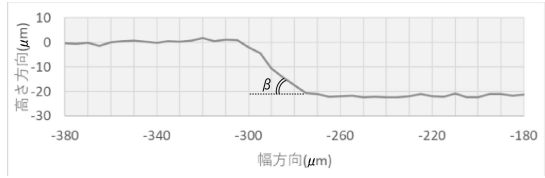
40

50

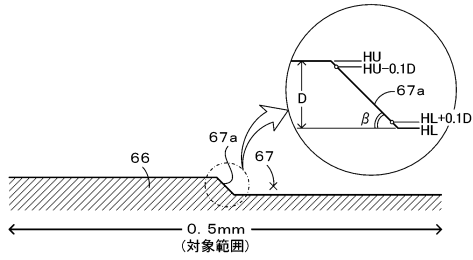
【図 9】



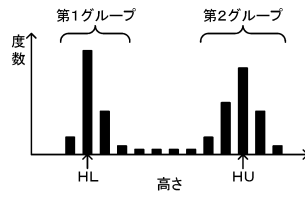
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-228633(JP,A)  
特開2006-054125(JP,A)  
特開2002-190373(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |      |
|------|------|
| H05B | 3/12 |
| H05B | 3/74 |
| H05B | 3/20 |
| H05B | 3/28 |