

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年9月2日(02.09.2021)



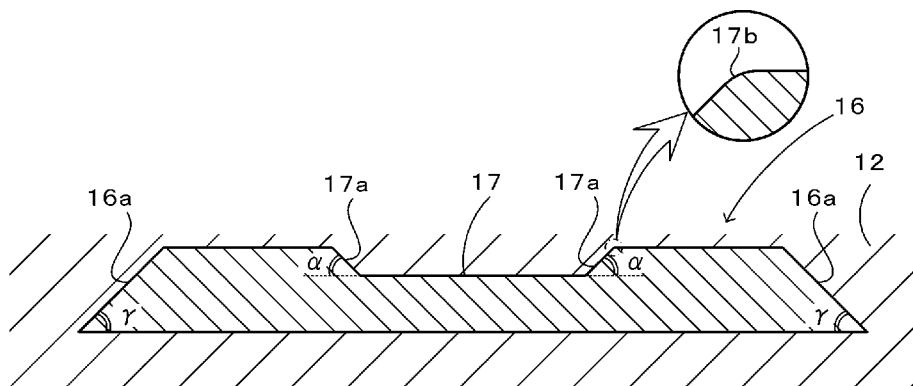
(10) 国際公開番号

WO 2021/172261 A1

- (51) 国際特許分類:
H05B 3/12 (2006.01) *H05B 3/28* (2006.01)
H05B 3/20 (2006.01) *H05B 3/74* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/006588
- (22) 国際出願日: 2021年2月22日(22.02.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-030724 2020年2月26日(26.02.2020) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市中区瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 赤尾 隆嘉 (AKAO, Takayoshi); 〒4678530 愛知県名古屋市中区瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
平田 夏樹(HIRATA, Natsuki); 〒4678530 愛知県名古屋市中区瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人アイテック国際特許事務所 (ITEC INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦二丁目16番26号SC伏見ビル Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: CERAMIC HEATER AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: セラミックヒータ及びその製法



(57) Abstract: In the present invention, an electrostatic chuck heater is provided with a heating resistor 16 inside a ceramic substrate 12. A groove 17 is provided on the surface of the heating resistor 16 in the longitudinal direction. The side wall surfaces 17a of the groove 17 are inclined with respect to the surface of the ceramic substrate 12. No gaps exist between the side wall surfaces 17a of the groove 17 and the ceramic substrate 12.

(57) 要約: 静電チャックヒータは、セラミック基板12の内部に抵抗発熱体16を備えている。抵抗発熱体16の表面には、抵抗発熱体16の長手方向に沿って凹溝17が設けられている。凹溝17の側壁面17aは、セラミック基板12の表面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。



WO 2021/172261 A1

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：セラミックヒータ及びその製法

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] 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ー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] 特許文献1：特開2002-190373号公報

特許文献2：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ー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、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。

[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 β 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 β 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。

[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。

[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。

[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、
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や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 α は 27° 以下が好ましい。傾斜角度 α は、加工性を考慮すると 10° 以上であることが好ましい。

[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や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 γ は 27° 以下であることが好ましい。

[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 6 6 の幅方向を含む面で抵抗発熱前駆体 6 6 を切断したときの断面図。

[図7]抵抗発熱体前駆体 6 6 に凹溝 6 7 を形成する工程の説明図。

[図8]線溝 6 8 の断面図。

[図9]凹溝 6 7 の断面図。

[図10]実施例 1 の凹溝 6 7 の形状測定結果を示すグラフ。

[図11]傾斜角度 β の求め方の説明図。

[図12]横軸を抵抗発熱体前駆体 6 6 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 1 0 の斜視図、図 2 は図 1 の A - A 断面図、図 3 は抵抗発熱体 1 6 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。

[0022] 静電チャックヒータ 1 0 は、セラミック基板 1 2 の内部に静電電極 1 4 と抵抗発熱体 1 6 とが埋設されたものである。静電チャックヒータ 1 0 の裏面には、冷却板 2 2 が接着層 2 6 を介して接着されている。

[0023] セラミック基板 1 2 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 1 2 の表面には、ウエハ W を載置可能なウエハ載置面 1 2 a が設けられている。

[0024] 静電電極 1 4 は、ウエハ載置面 1 2 a に略平行な円形の導電性薄膜である。この静電電極 1 4 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 1 4 の下面からセラミック基板 1 2 を経たあと冷却板 2 2 を通って下方に延び出している。棒状端子は、冷却板 2 2 と電氣的に絶縁されている。セラミック基板 1 2 のうち静電電極 1 4 より上側の部分は、誘電体層として機能する。静電電極 1 4 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。

[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0.1~10mm、厚み0.001~0.1mm、線間距離0.1~5mm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を通過し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。

[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 α は 27° 以下であることが好ましい。また、この傾斜角度 α 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 γ 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 γ は、凹溝17の側壁面17aの傾斜角度 α よりも小さいことが好ましい。

[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10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 μ 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] 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、ヘキサンジアミン、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 δ は 45° 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加工機30により行う。ピコ秒レーザ加工機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光32の断面は図8の2点鎖線のようにになる。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 β （図9参照）は、 45° 以下であることが好ましい。また、レーザ光32の加工性を考慮すると、傾斜角度 β は、 18° 以上であることが好ましい。傾斜角度 β は、レーザ光32の出力やレーザ光32の加工回数（同じ箇所に照射するレーザ光32の回数）によって変化する。このとき、傾斜角度 β の方が傾斜角度 δ よりも大きくなるようにする、換言すれば、傾斜角度 δ の方が傾斜角度 β 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/cm²とすることが好ましく、50~250kgf/cm²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。

[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 6 1 が第 1 セラミック焼成層に相当し、アルミナ粉体層 6 2 が第 2 セラミック未焼成層に相当する。

[0043] 以上詳述した本実施形態では、抵抗発熱体前駆体 6 6 に凹溝 6 7 を形成することにより抵抗発熱体前駆体 6 6 の断面積（ひいては抵抗発熱体 1 6 の抵抗）を調整する。このとき、下部の仮焼体 6 1 の表面に対して凹溝 6 7 の側壁面 6 7 a が傾斜するように凹溝 6 7 を形成する。積層体 5 0 をホットプレス焼成する際、凹溝 6 7 の側壁面 6 7 a が傾斜しているため、凹溝 6 7 の側壁面 6 7 a とアルミナ粉体層 6 2 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 5 0 が焼成される。これにより、静電チャックヒータ 1 0 において、凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 との間に空隙が発生するのを防止すると共に、凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 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 1 0 の熱伝導性や均熱性が良好になる。

[0044] また、仮焼体 6 1 の表面に対する凹溝 6 7 の側壁面 6 7 a の傾斜角度 β が 45° 以下であれば、静電チャックヒータ 1 0 の抵抗発熱体 1 6 の凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 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 β は、加工性（例えばレーザ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 β が小さすぎると、1 回のレーザ光による加工で形成される凹溝 1 7 の深さが浅くなるため、凹溝 1 7 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。

[0045] 更に、抵抗発熱体前駆体 6 6 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 6 7 が形成される。そのため、抵抗発熱体前駆体 6 6 の抵抗を測定することなく凹溝 6 7 の形状を決定することができる。

[0046] 凹溝 6 7 の深さは、抵抗発熱体前駆体 6 6 の厚みの半分以下にするのが好ましい。こうすれば、凹溝 6 7 の深さが深すぎる場合に比べて、静電チャックヒータ 1 0 の凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 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 6 1 の表面に対して抵抗発熱体前駆体 6 6 の長手方向に沿う端面 6 6 a が傾斜している。そのため、静電チャックヒータ 1 0 の抵抗発熱体 1 6 の長手方向に沿った端面 1 6 a とセラミック基板 1 2 との間に空隙が発生するのを防止すると共に、その端面 1 6 a とセラミック基板 1 2 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 1 0 の熱伝導性や均熱性がより良好になる。特に、仮焼体 6 1 の表面に対する抵抗発熱体前駆体 6 6 の長手方向に沿う端面の傾斜角度 δ が 45° 以下であれば、抵抗発熱体 1 6 の長手方向に沿う端面 1 6 a とセラミック基板 1 2 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。

[0048] 凹溝 6 7 を形成するにあたり、凹溝 6 7 の側壁 6 7 a の傾斜角度 β の方が抵抗発熱体前駆体 6 6 の端面 6 6 a の傾斜角度 δ よりも大きくなるようにする、換言すれば傾斜角度 δ の方が傾斜角度 β 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 6 6 の高さは、凹溝 6 7 の深さよりも大きい。そのため、抵抗発熱体前駆体 6 6 の端面 6 6 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 1 0 の抵抗発熱体 1 6 の端面 1 6 a とセラミック基板 1 2 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 1 0 は、凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a はセラミック基板 1 2 の表面に対して傾斜しており、凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 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 1 0 の熱伝導性や均熱性が良好になる。セラミック基板 1 2 の表面に対する凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a の傾斜角度 α は 27° 以下が好ましい。また、傾斜角度 α は 10° 以上が好ましい。凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 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 1 7 の幅を凹溝 1 7 の深さ以上に設定することが好ましい。

[0050] そしてまた、静電チャックヒータ 1 0 は、凹溝 1 7 の開口縁 1 7 b は面取りされた形状となっている。そのため、凹溝 1 7 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。

[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 γ は 27° 以下であることが好ましい。傾斜角度 γ は、凹溝 17 の側壁面 17 a の傾斜角度 α よりも小さいことが好ましい。

[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] 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 μ 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 5 1, 5 3 (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 5 1, 5 3 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 で 1 時間仮焼することにより、上部及び下部の仮焼体 6 1, 6 3 (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 μm) とアルミナ粉末 (平均粒径 0.5 μm) 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 6 1 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で厚さ 100 μm の抵抗発熱体前駆体 6 6 を形成した。また、上部の仮焼体 6 3 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 6 4 を形成した (図 5 (C) 参照)。抵抗発熱体前駆体 6 6 の端面 6 6 a の傾斜角度 δ は 10° 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 6 6 a は階段状ではなく傾斜面になった。静電電極前駆体 6 4 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 6 6 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 6 6 の表面に凹溝 6 7 を形成した。レーザ加工条件は、レーザ出力 20W、加工速度 2000 mm/sec、加工回数 2 回とした。形成された凹溝 6 7 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 6 7 の深さは 20 μm、凹溝 6 7 の側壁面 6 7 a の傾斜角度 β は 34° であった。

[0063] ここで、傾斜角度 β 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0.5mm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 μ 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 μ 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 μ mピッチで測定した高さを用いて側壁面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 β 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 δ もこれと同様にして求めた。但し、傾斜角度 δ を求める際には対象範囲を0.5mmではなく1.5mm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°C 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 $10\ \mu\text{m}$ 、凹溝 17 の側壁面 17a の傾斜角度 α は 18° であった。凹溝 17 の深さ及び傾斜角度 α は、SEM 写真を用いて前出の凹溝 67 の深さ D 及び傾斜角度 β 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 γ は 5° であった。傾斜角度 γ は、SEM 写真を用いて前出の傾斜角度 δ 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 と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 $10\ \mu\text{m}$ 、傾斜角度 β は 18° 、抵抗発熱体前駆体 66 の端面 66a の傾斜角度 δ 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 $5\ \mu\text{m}$ 、凹溝 17 の側壁面 17a の傾斜角度 α は 10° であった。凹溝 67 の側壁面 67a とセラミッ

ク基板 1 2 との間には空隙は見られなかった。抵抗発熱体 1 6 の長手方向に沿った端面の傾斜角度 γ は 5° であった。静電電極 1 4 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 1 2 と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 1 0 を作製した。抵抗発熱体前駆体 6 6 の凹溝 6 7 の深さは $30 \mu\text{m}$ 、傾斜角度 β は 45° 、抵抗発熱体前駆体 6 6 の端面 6 6 a の傾斜角度 δ や静電電極前駆体 6 4 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 1 0 の断面の SEM 写真を撮影し観察したところ、凹溝 1 7 の深さは $15 \mu\text{m}$ 、凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a の傾斜角度 α は 27° であった。凹溝 1 7 の側壁面 1 7 a とセラミック基板 1 2 との間には空隙は見られなかった。抵抗発熱体 1 6 の長手方向に沿った端面の傾斜角度 γ は 5° であった。静電電極 1 4 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 1 2 と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 ($^\circ$)	深さ (μm)	傾斜角度 α ($^\circ$)	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 6 6 a の傾斜角度 δ 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 1 0 を作製した。得られた抵抗発熱体 1 6 の長手方向に沿った端面 1 6 a の傾斜角度 γ は 10° であった。実施例 5 では、端面 6 6 a の傾斜角度 δ 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 1 0 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 γ は 26° であった。実施例4, 5では抵抗発熱体16の端面16a付近に空隙（それに伴う均熱性異常）は確認されなかった。

[0072] 本出願は、2020年2月26日に出願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

[0073] 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

[0074] 10 静電チャックヒータ、12 セラミック基板、12a ウエハ載置面、14 静電電極、16 抵抗発熱体、16a 端面、17 凹溝、17a 側壁面、17b 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、66a 端面、67 凹溝、67a 側壁面、68 線溝。

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ー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、セラミックヒータの製法。
- [請求項2] 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 (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1～3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1～4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6]

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、

請求項5に記載のセラミックヒータの製法。

[請求項7]

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5又は6に記載のセラミックヒータの製法。

[請求項8]

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9]

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° 以下である、

請求項8に記載のセラミックヒータ。

[請求項10]

前記凹溝の開口縁は面取りされた形状である、

請求項8又は9に記載のセラミックヒータ。

[請求項11]

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8～10のいずれか1項に記載のセラミックヒータ。

[請求項12]

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 8 ～ 11 のいずれか 1 項に記載のセラミックヒータ。

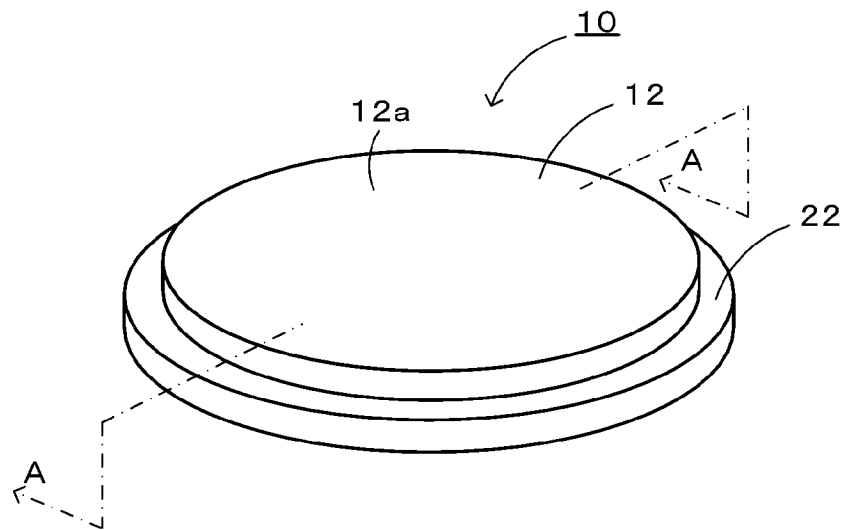
[請求項13] 前記セラミック基板の表面に対する前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面の傾斜角度は 27° 以下である、

請求項 12 に記載のセラミックヒータ。

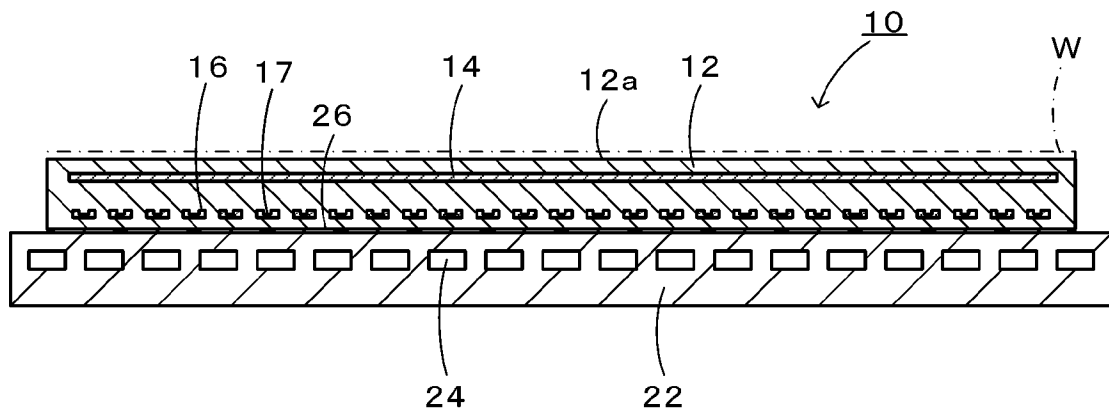
[請求項14] 前記抵抗発熱体の長手方向に沿う端面の傾斜角度は、前記凹溝の側壁面の傾斜角度よりも小さい、

請求項 12 又は 13 に記載のセラミックヒータ。

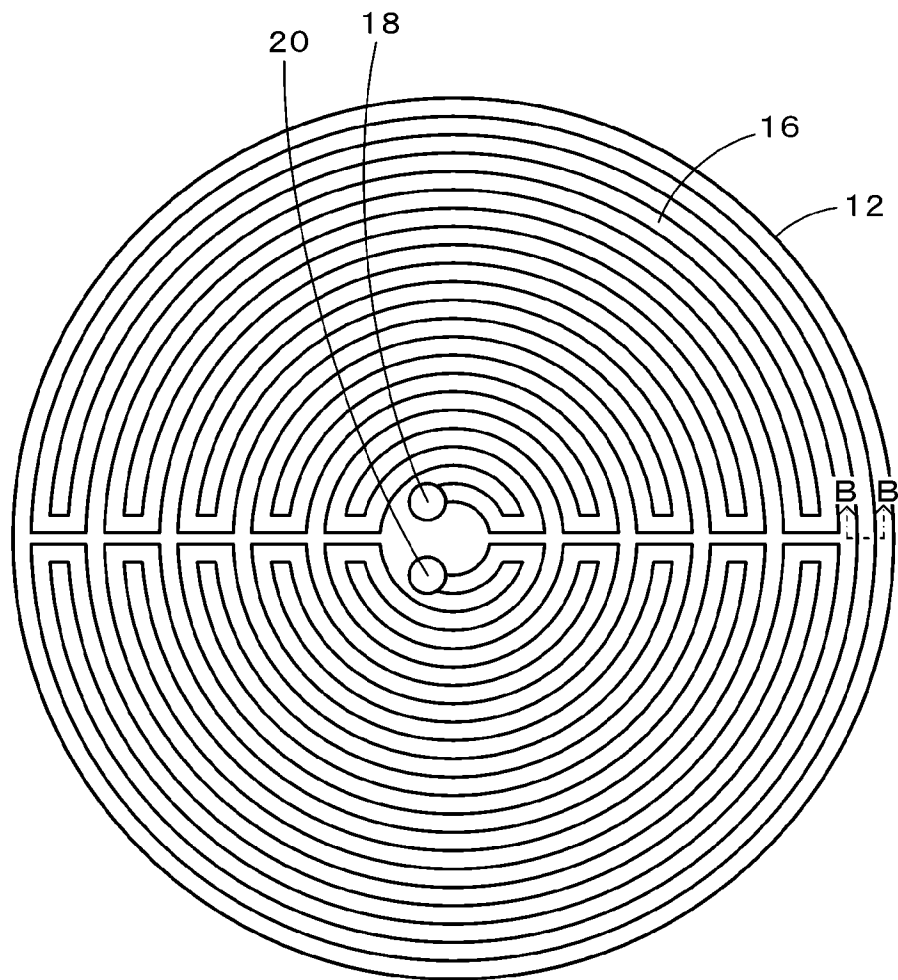
[図1]



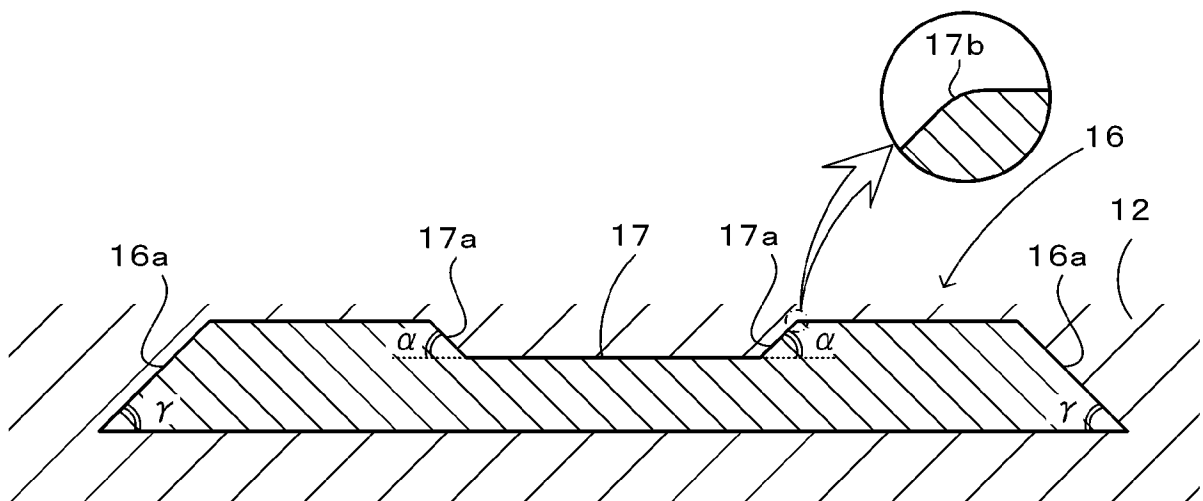
[図2]



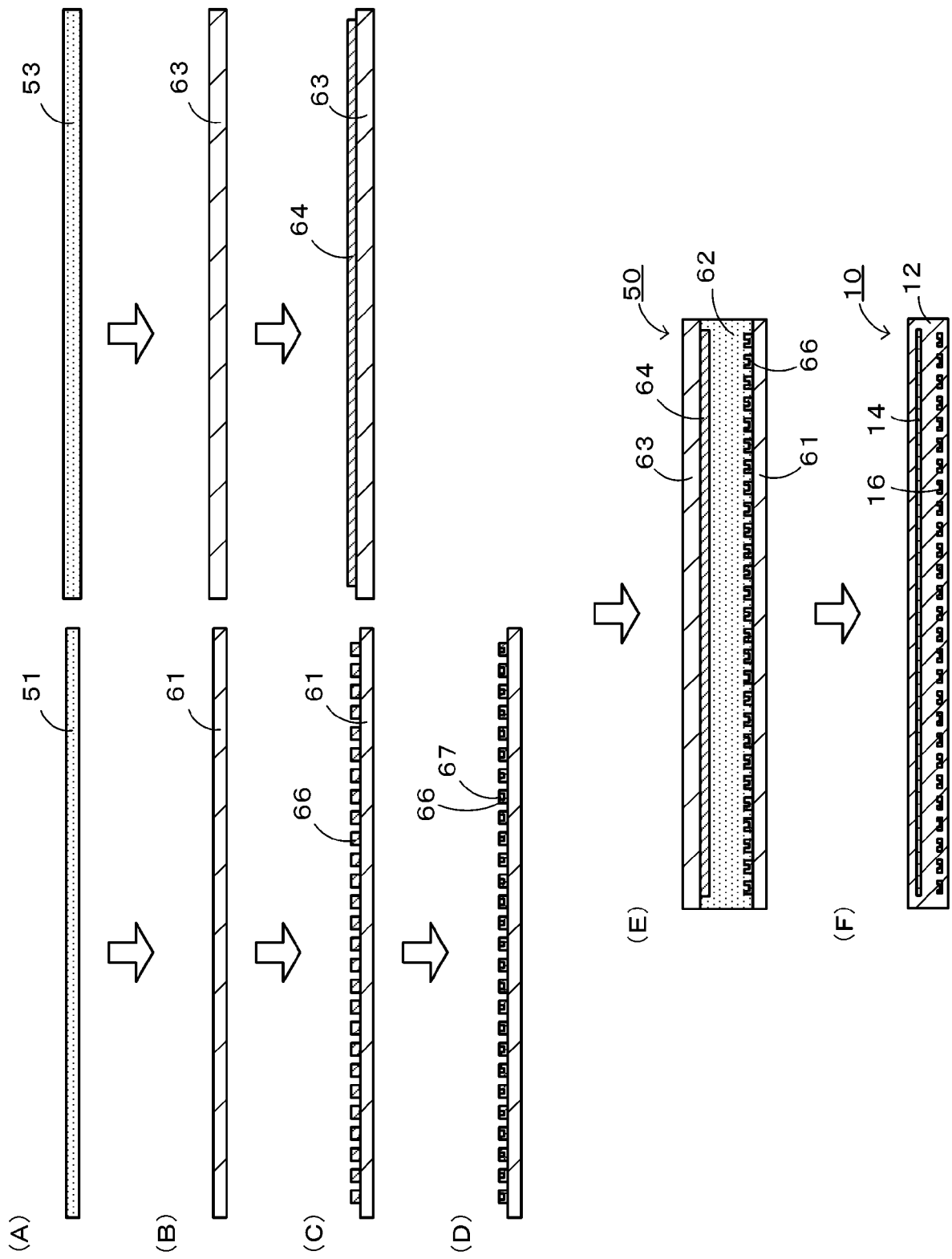
[図3]



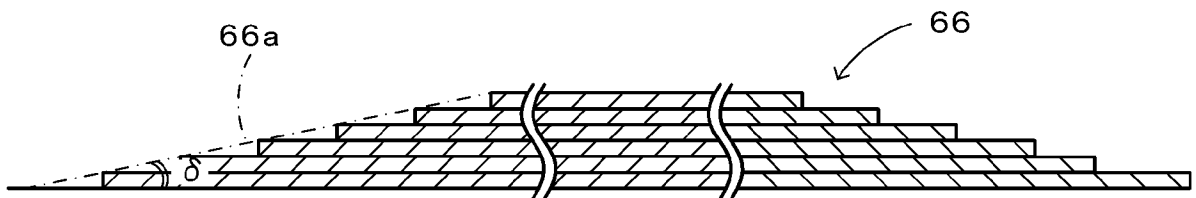
[図4]



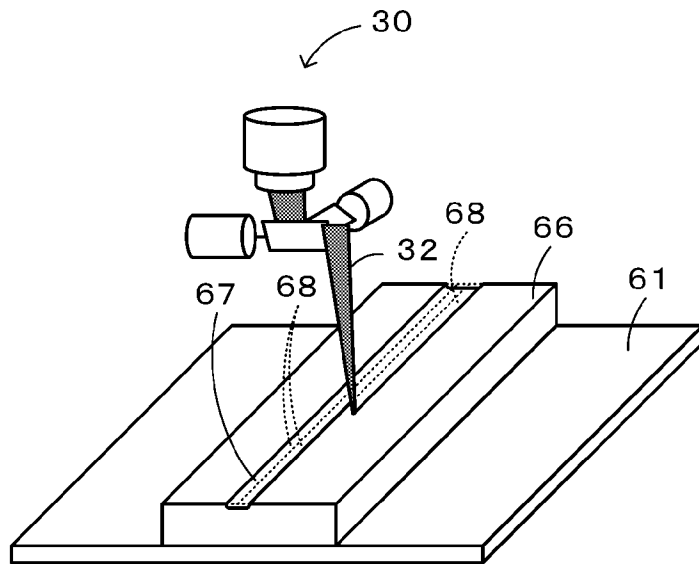
[5]



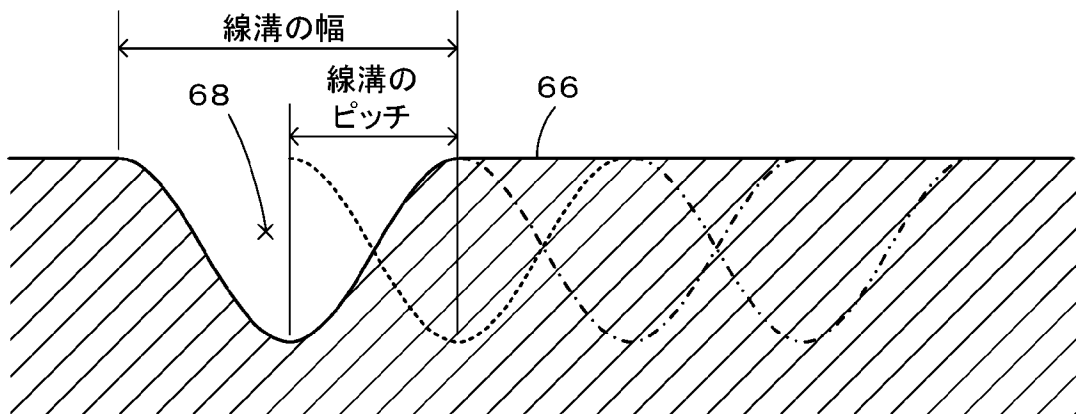
[6]



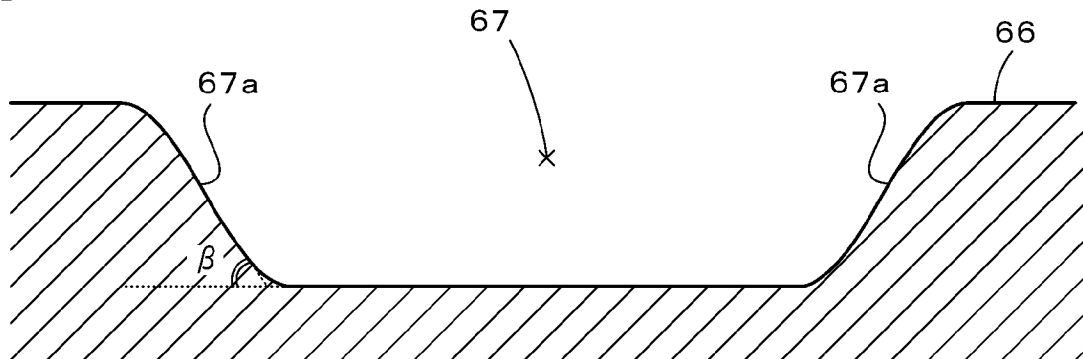
[図7]



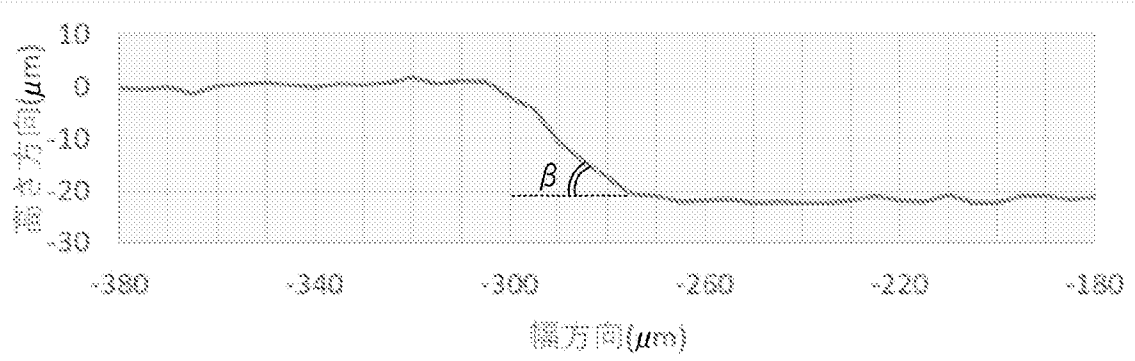
[図8]



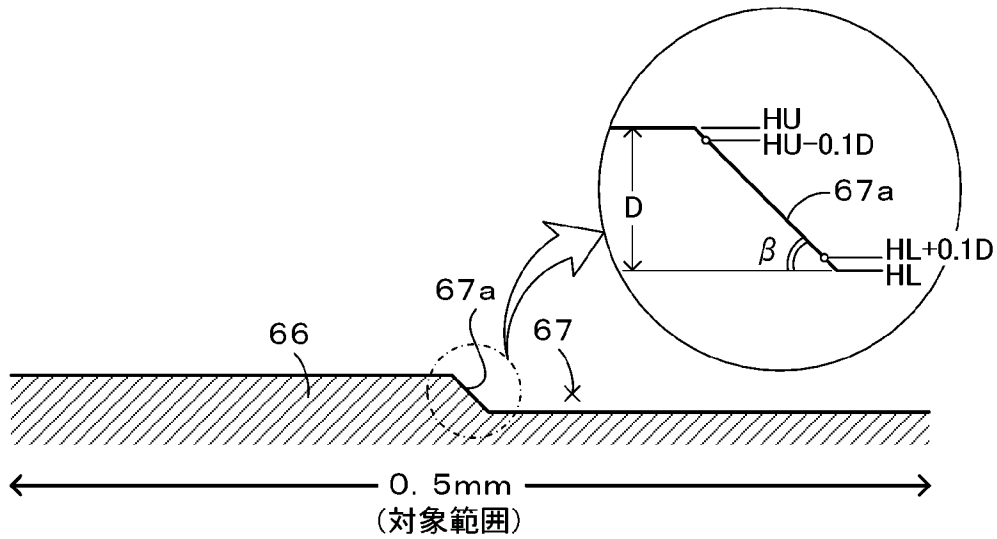
[図9]



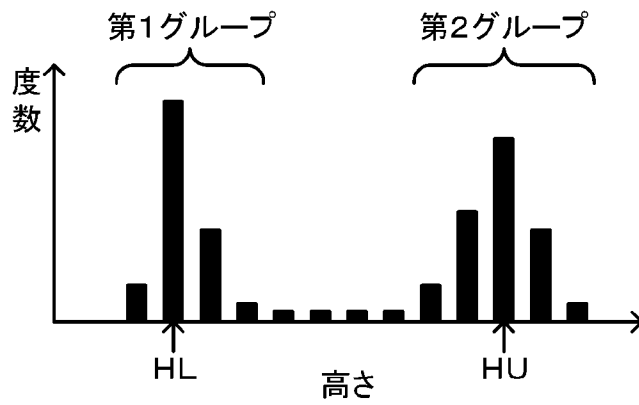
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/006588

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H05B 3/12 (2006.01) i; H05B 3/20 (2006.01) i; H05B 3/28 (2006.01) i; H05B 3/74 (2006.01) i FI: H05B3/12 B; H05B3/74; H05B3/20 356; H05B3/28 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H05B3/12; H05B3/20; H05B3/28; H05B3/74 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-228633 A (NGK INSULATORS, LTD.) 31 August 2006 (2006-08-31) paragraphs [0017]-[0082], fig. 1-5	1-14
Y	JP 2006-54125 A (KYOCERA CORP.) 23 February 2006 (2006-02-23) paragraphs [0028]-[0035], fig. 1-5	1-14
Y	JP 2002-190373 A (IBIDEN CO., LTD.) 05 July 2002 (2002-07-05) paragraphs [0077]-[0081]	8-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 April 2021 (15.04.2021)		Date of mailing of the international search report 27 April 2021 (27.04.2021)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/006588

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2006-228633 A	31 Aug. 2006	(Family: none)	
JP 2006-54125 A	23 Feb. 2006	US 2005/0252903 A1 paragraphs [0073]- [0075], [0126]- [0128], [0140], fig. 1, 12-13, 17 KR 10-2006-0048119 A CN 1708190 A	
JP 2002-190373 A	05 Jul. 2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05B 3/12(2006.01)i; H05B 3/20(2006.01)i; H05B 3/28(2006.01)i; H05B 3/74(2006.01)i FI: H05B3/12 B; H05B3/74; H05B3/20 356; H05B3/28		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H05B3/12; H05B3/20; H05B3/28; H05B3/74 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-228633 A (日本碍子株式会社) 31.08.2006 (2006 - 08 - 31) 段落[0017]-[0082], 図1-5	1-14
Y	JP 2006-54125 A (京セラ株式会社) 23.02.2006 (2006 - 02 - 23) 段落[0028]-[0035], 図1-5	1-14
Y	JP 2002-190373 A (イビデン株式会社) 05.07.2002 (2002 - 07 - 05) 段落[0077]-[0081]	8-14
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “&” 同一パテントファミリー文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
国際調査を完了した日	15.04.2021	国際調査報告の発送日 27.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 土屋 正志 3R 3739 電話番号 03-3581-1101 内線 3372	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/006588

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2006-228633 A	31.08.2006	(ファミリーなし)	
JP 2006-54125 A	23.02.2006	US 2005/0252903 A1 段落[0073]-[0075], [0126]- [0128], [0140], 図1, 12-13, 17 KR 10-2006-0048119 A CN 1708190 A	
JP 2002-190373 A	05.07.2002	(ファミリーなし)	