

(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
2011 年 9 月 29 日(29.09.2011)



(10) 国際公開番号
WO 2011/118657 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/683 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/057038
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 23 日(23.03.2011)
- (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 2010-068981 2010 年 3 月 24 日(24.03.2010) JP
特願 2011-061739 2011 年 3 月 18 日(18.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): T
OTO 株式会社(TOTO LTD.) [JP/JP]; 〒8028601
福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号
Fukuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 堀 裕明
(HORI, Hiroaki) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九
州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株

式会社内 Fukuoka (JP). 松井 宏樹(MATSUI, Hi-
roki) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区
中島 2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株式会社内
Fukuoka (JP). 板倉 郁夫(ITAKURA, Ikuo) [JP/JP];
〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目
1 番 1 号 TOTO 株式会社内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 日向寺 雅彦, 外(HYUGAJI, Masahiko
et al.); 〒2310015 神奈川県横浜市中区尾上町 1 丁
目 4 番 1 号 関内 S T ビル Kanagawa (JP).

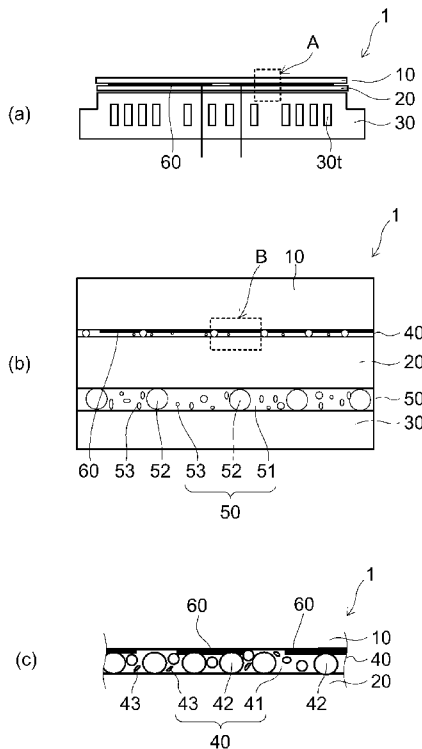
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: ELECTROSTATIC CHUCK

(54) 発明の名称: 静電チャック

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is an electrostatic chuck comprising a ceramic dielectric provided with an electrode on the surface thereof, a ceramic substrate for supporting the ceramic dielectric body, and a first bonding agent for bonding the ceramic dielectric body and the ceramic substrate. The first bonding agent comprises a principal agent containing organic material, an amorphous filler containing inorganic material, and a globular filler containing inorganic material. The first amorphous filler and the first globular filler are distributed in the first principal agent. The first principal agent, the first amorphous filler, and the first globular filler comprise electrically insulating material. The average diameter of the first globular filler particles is greater than the maximum value for the minor axis of the first amorphous filler particles, and the thickness of the first bonding agent is equal to or greater than the average diameter of the first globular filler particles.

(57) 要約: 電極が表面に形成されたセラミック誘電体と、セラミック誘電体を支持するセラミック基板と、セラミック誘電体とセラミック基板とを接合する第1の接合剤と、を備え、第1の接合剤は、有機材料を含む主剤と、無機材料を含む無定形フィラーと、無機材料を含む球形フィラーと、を有し、第1の主剤中には、第1の無定形フィラーと、第1の球形フィラーと、が分散配合されてなり、第1の主剤、第1の無定形フィラー、および第1の球形フィラーは、電気絶縁性材料からなり、第1の球形フィラーの平均直径は、第1の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きく、第1の接合剤の厚さは、第1の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは大きいことを特徴とする。



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 静電チャック

技術分野

[0001] 本発明は、静電チャックに関する。

背景技術

[0002] 被処理基板を真空チャンバ内で処理するプロセスにおいて、被処理基板を保持固定する手段として静電チャックが用いられる。近年、タクトタイムの短縮目的のために、高密度プラズマを用いるプロセスが一般化している。このため、高密度プラズマから被処理基板へ流入する熱流束を効率よく静電チャック外に除去する方法が要求されている。

[0003] 例えば、静電チャックの下側に温調プレートを接合剤で接合させた構造が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。この構造では、導電体の金属ベース基板の上に電極付きのセラミック板をゴム等の接合剤で接着している。被処理基板に流入した熱流束は、静電チャックを通過し、冷媒体を流通させた温調プレートへと伝導し、冷媒体によって静電チャック外に排熱される。

[0004] しかしながら、金属ベース基板、セラミック板の熱伝導率に比べ、樹脂で構成された接合剤の熱伝導率は、1、2 桁低い。従って、接合剤は熱に対しての抵抗になり得る。このため、効率よく熱を排熱するには、可能な限り接合剤を薄くする必要がある。しかし、接合剤を薄くすると、金属ベース基板と、セラミック板との温度差、または金属ベース基板と、セラミック板との熱膨張係数差により発生する、金属ベース基板とセラミック板とのずれが接合剤で緩和できなくなり、その接着力が低減してしまう。

これに対し、接合剤の熱伝導率を高めるため、熱伝導フィラーを接合剤に混合分散させた構造が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭63-283037号公報

特許文献2：特開平02-027748号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところが、熱伝導フィラーを混合分散させた接合剤によって、静電チャックの構成部品であるセラミック誘電体とセラミック基板とを接着する場合、セラミック誘電体側にクラックが発生する場合がある。これは、接合剤に混合分散させた熱伝導フィラーが無定形であり、かつ、大きさにばらつき（分布）があるためである。

例えば、セラミック誘電体とセラミック基板とは、その間に接合剤を介在させて、接合剤をホットプレスによって硬化させて接着する。この際、無定形フィラーの大きさにばらつきがあると、接合剤の厚さは無定形フィラーの大きさで決定されてしまう。

特に、大きい形状の無定形フィラーが存在すると、ホットプレス硬化時には、この無定形フィラーに圧力が集中し、無定形フィラーが当接するセラミック誘電体に過剰な応力が印加される。その結果、セラミック誘電体側にクラックが発生する場合がある。

本発明の課題は、接合剤が薄く、高い熱伝導率を有し、かつ、静電チャックの構成部品にクラックが発生し難い静電チャックを提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 第1の発明は、静電チャックに関し、電極が表面に形成されたセラミック誘電体と、前記セラミック誘電体を支持するセラミック基板と、前記セラミック誘電体と前記セラミック基板とを接合する第1の接合剤と、を備え、前記第1の接合剤は、有機材料を含む第1の主剤と、無機材料を含む第1の無定形フィラーと、無機材料を含む第1の球形フィラーと、を有し、前記第1の主剤中には、前記第1の無定形フィラーと、前記第1の球形フィラーと、が分散配合されてなり、前記第1の主剤、前記第1の無定形フィラー、および前記第1の球形フィラーは、電気絶縁性材料からなり、前記第1の球形フ

ィラーの平均直径は、全ての前記第 1 の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きく、前記第 1 の接合剤の厚さは、前記第 1 の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは大きいことを特徴とする。

[0008] セラミック基板と、電極が形成されたセラミック誘電体とを対向させて、それぞれを第 1 の接合剤で接着して一体化することで、電極周囲の電気絶縁性を確保することができる。ここで、セラミック基板およびセラミック誘電体の材質の主成分は、セラミック焼結体であり、樹脂製の静電チャックに比べ、静電チャックの耐久性、信頼性に優れる。

また、第 1 の球形フィラーおよび第 1 の無定形フィラーは、無機材料のため、それぞれの大きさ（例えば、径）を制御し易い。このため、第 1 の接合剤の第 1 の主剤との混合分散が容易になる。第 1 の接合剤の第 1 の主剤、第 1 の無定形フィラー、および第 1 の球形フィラーは電気絶縁性材料であるため、電極周囲の電気絶縁性が確保できる。

さらに、第 1 の球形フィラーの平均直径は、全ての第 1 の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きい。このため、第 1 の球形フィラーによって第 1 の接合剤の厚さを第 1 の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは平均直径よりも大きく制御することができる。これにより、第 1 の接合剤のホットプレス硬化時には、無定形フィラーによってセラミック誘電体に局所的な応力が印加されず、セラミック誘電体のクラック発生を防止することができる。

[0009] 第 2 の発明では、第 1 の発明において、前記第 1 の球形フィラーの平均直径は、前記第 1 の無定形フィラーの短径の最大値よりも $10\ \mu\text{m}$ 以上大きいことを特徴とする。

[0010] 第 1 の球形フィラーの平均直径を第 1 の無定形フィラーの短径の最大値よりも $10\ \mu\text{m}$ 以上大きくすると、第 1 の接合剤をホットプレス硬化するとき、第 1 の接合剤の厚さを第 1 の無定形フィラーの大きさではなく、第 1 の球形フィラーの直径で制御することができる。すなわち、ホットプレス硬化時において、第 1 の無定形フィラーによって、セラミック基板、セラミック

誘電体に局所的な応力が印加され難くなる。これにより、セラミック誘電体のクラック発生を防止することができる。

また、第1の接合剤の上下に位置するセラミック基板とセラミック誘電体の平面度、厚みのばらつきが $10\mu\text{m}$ 以下（例えば、 $5\mu\text{m}$ ）である場合、第1の球形フィラーの平均直径を第1の無定形フィラーの短径の最大値よりも $10\mu\text{m}$ 以上にすることで、セラミック基板およびセラミック誘電体の表面凹凸を第1の接合剤によって吸収（緩和）することができる。

さらに、セラミック基板の表面に設けられた電極の平面度、厚みのばらつきが $10\mu\text{m}$ 以下（例えば、 $5\mu\text{m}$ ）である場合、第1の球形フィラーの平均直径が第1の無定形フィラーの短径の最大値よりも $10\mu\text{m}$ 以上にすることで、電極の表面凹凸を第1の接合剤によって吸収（緩和）することができる。この場合、第1の球形フィラーは、セラミック基板、セラミック誘電体に接触せず、電極の表面に当接する。このため、セラミック誘電体のクラック発生を抑制することができる。

[0011] 第3の発明では、第1の発明において、前記第1の球形フィラーの体積濃度（ $v\%$ ）は、前記第1の無定形フィラーを含有させた前記第1の接合剤の体積に対して、 $0.025v\%$ より大きく、 $42.0v\%$ 未満であることを特徴とする。

[0012] 第1の球形フィラーの体積濃度（ $v\%$ ）を、第1の無定形フィラーを含有させた第1の接合剤の体積の $0.025v\%$ より大きくすると、第1の球形フィラーの第1の接合剤内での分散が良好になる。すなわち、第1の球形フィラーを第1の接合剤内で満遍なく行き渡らせることができる。これにより、第1の接合剤の厚みは、第1の球形フィラー平均直径と同じか、もしくは、第1の球形フィラー平均直径よりも厚くなる。このため、第1の接合剤をホットプレス硬化するときに、第1の無定形フィラーによってセラミック誘電体に局所的な圧力が印加され難くなる。その結果、セラミック誘電体のクラック発生を抑制することができる。

また、その体積濃度（ $v\%$ ）を $42.0v\%$ 未満とすることで、

第1の球形フィラーを、第1の無定形フィラーを含有させた第1の接合剤内で十分に攪拌することができる。すなわち、体積濃度（vol%）が42.0vol%未満であれば、第1の無定形フィラーを含有させた第1の接合剤内での第1の球形フィラーの分散が均一になる。

[0013] 第4の発明では、第1の発明において、前記第1の接合剤の前記第1の主剤の材質は、シリコン樹脂、エポキシ樹脂、フッ素樹脂のいずれか1つであることを特徴とする。

[0014] 第1の接合剤の第1の主剤の材質を変えることにより、第1の主剤を硬化させた後の第1の主剤の特性を適宜選択することができる。例えば、硬化させた後の第1の接合剤に柔軟性が要求される場合は、比較的硬度の低いシリコン樹脂またはフッ素樹脂が用いられる。硬化させた後の第1の接合剤に剛性が要求される場合、比較的硬度の高いエポキシ樹脂が用いられる。硬化させた後の第1の接合剤にプラズマ耐久性が要求される場合、フッ素樹脂が用いられる。

[0015] 第5の発明では、第1の発明において、前記第1の球形フィラーおよび前記第1の無定形フィラーの熱伝導率は、前記第1の接合剤の前記第1の主剤の熱伝導率よりも高いことを特徴とする。

[0016] 第1の接合剤の第1の主剤より第1の球形フィラーおよび第1の無定形フィラーの熱伝導率が高いため、主剤単体の接合剤よりも第1の接合剤の熱伝導率が上がり、冷却性能が向上する。

[0017] 第6の発明では、第1の発明において、前記第1の球形フィラーの材質と前記第1の無定形フィラーの材質とが異なることを特徴とする。

[0018] 第1の球形フィラーを第1の接合剤に添加する目的は、第1の接合剤の厚さの均一化を図ったり、セラミック誘電体に印加される応力を分散するためである。第1の無定形フィラーを第1の接合剤に添加する目的は、第1の接合剤の熱伝導率の増加や、熱伝導率の均一化を図るためである。

このように、各目的に合致したより良い材質を選択することで、より高いパフォーマンスを得ることができる。

[0019] 第7の発明では、第5の発明において、前記第1の球形フィラーの熱伝導率は、前記第1の無定形フィラーの熱伝導率よりも低いことを特徴とする。

[0020] 例えば、セラミック基板、セラミック誘電体、あるいはセラミック誘電体に設けられた電極に第1の球形フィラーが接触した場合、この接触する部分と、その他の部分との熱伝導率の差が小さくなる。これにより、セラミック誘電体の面内温度分布の均一化を図ることができる。

[0021] 第8の発明では、第7の発明において、前記第1の球形フィラーの熱伝導率は、前記第1の無定形フィラーと前記第1の主剤との混合物の熱伝導率と同じか、もしくは小さいことを特徴とする。

[0022] 第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤の混合物の熱伝導率と同じか、もしくは小さくすると、第1の接合剤内の熱伝導率がより均一になり、熱伝導時の第1の接合剤内でのホットスポットまたはコールドスポットといった温度の特異点の発生が抑制される。

[0023] 第9の発明では、第8の発明において、前記第1の球形フィラーの熱伝導率は、前記第1の無定形フィラーと前記第1の主剤の前記混合物の熱伝導率の0.4倍から1.0倍までの範囲にあることを特徴とする。

[0024] 第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤との混合物の熱伝導率の0.4倍から1.0倍までの範囲にすることで、より好ましく第1の接合剤内の熱伝導率を均一にすることができる。その結果、熱伝導時の第1の接合剤内でのホットスポットまたはコールドスポットといった温度の特異点の発生が抑制される。

第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤との混合物の熱伝導率の0.4倍未満とすると、第1の球形フィラーおよびその周辺の第1の接合剤の熱伝導率が低くなる。その結果、セラミック誘電体および被吸着物である被処理基板に熱流束を与えた際、第1の接合剤内にホットスポットが生じる。

第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤との混合物の熱伝導率の1.0倍より大きくすると、第1の球形フィラーおよ

びその周辺の第1の接合剤の熱伝導率が高くなる。その結果、セラミック誘電体および被吸着物である被処理基板に熱流束を与えた際、第1の接合剤内にコールドスポットを生じる。

[0025] 第10の発明では、第1の発明において、前記セラミック誘電体の厚さは、前記セラミック基板の厚さと同じか、もしくは薄いことを特徴とする。

[0026] セラミック基板の厚さをセラミック誘電体よりも同じか、もしくは厚くすると、セラミック誘電体をセラミック基板によって確実に保持固定できる。これにより、セラミック誘電体とセラミック基板とを接着させた後において、セラミック誘電体を加工しても、セラミック誘電体の割れ発生を防止できる。また、加工後のセラミック誘電体の平面度および厚みの均一性が良好になる。

[0027] 第11の発明では、第10の発明において、前記第1の球形フィラーのビッカース硬度は、前記セラミック誘電体のビッカース硬度より小さいことを特徴とする。

[0028] 第1の球形フィラーによって第1の接合剤の厚さは、第1の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは平均直径よりも大きい値に制御される。仮に、第1の球形フィラーの中で、平均直径よりも大きい個体が分散混合された場合でも、第1の球形フィラーのビッカース硬度をセラミック誘電体のビッカース硬度より小さくすることで、第1の接合剤のホットプレス硬化時に、平均直径よりも大きい球形フィラーの個体がセラミック誘電体よりも先に破壊される。このため、セラミック誘電体に局所的な応力が印加されず、セラミック誘電体のクラック発生を防止することができる。

[0029] 第12の発明では、第1の発明において、前記セラミック基板に接合される温調部と、前記セラミック基板と前記温調部とを接合する第2の接合剤と、をさらに備え、前記第2の接合剤は、有機材料を含む第2の主剤と、無機材料を含む第2の無定形フィラーと、無機材料を含む第2の球形フィラーと、を有し、前記第2の主剤中には、前記第2の無定形フィラーと、前記第2の球形フィラーとが分散配合されてなり、前記第2の主剤、前記第2の無定

形フィラー、および前記第2の球形フィラーは、電気絶縁性材料からなり、前記第2の球形フィラーの平均直径は、全ての前記第2の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きく、前記第2の接合剤の厚さは、前記第2の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは大きく、前記第2の球形フィラーの平均直径は、前記第1の球形フィラーの平均直径よりも大きいことを特徴とする。

[0030] 第2の球形フィラーの平均直径は、全ての第2の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きいため、第2の球形フィラーによって第2の接合剤の厚さを第2の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは平均直径よりも大きく制御することができる。これにより、第2の接合剤をホットプレス硬化するときに、無定形フィラーによってセラミック基板に局所的な応力が印加されず、セラミック基板のクラック発生を防止することができる。

また、セラミック基板に温調部（温調プレート）を接着することにより、セラミック基板の剛性が増加する。また、セラミック誘電体を加工するときには、セラミック誘電体の割れ発生を防止できる。第2の接合剤には、球形フィラーが分散配合されることで、均一な厚さでセラミック基板を保持固定できる。その結果、セラミック誘電体に加工を施しても、セラミック誘電体の割れ発生を防止できる。

また、温調部が金属製の場合には、温調部の線膨張係数がセラミック基板の線膨張係数よりも大きくなる。第2の球形フィラーの平均直径を第1の球形フィラーの平均直径よりも大きくすることにより、第2の接合剤の厚みは、第1の接合剤の厚みよりも厚くなる。これにより、セラミック基板と温調部との間の熱膨張収縮差が第2の接合剤内で吸収され易くなり、セラミック基板の変形や、セラミック基板と温調部との剥離が生じ難くなる。

発明の効果

[0031] 本発明によれば、接合剤が薄く、高い熱伝導率を有し、かつ、静電チャックの構成部品にクラックが発生し難い静電チャックが実現する。

図面の簡単な説明

[0032] [図1] 静電チャックの要部断面模式図であり、(b)は(a)の矢印Aで示す部分の拡大図であり、(c)は(b)の矢印Bで示す部分の拡大図である。

[図2] セラミック誘電体にクラック発生が生じた場合の模式図である。

[図3] 接合剤の断面SEM像であり、(a)は、球形フィラーおよび無定形フィラーが混合分散された接合剤の断面SEM像であり、(b)は、無定形フィラーが混合分散された接合剤の断面SEM像である。

[図4] 無定形フィラーの短径を説明する図である。

[図5] 静電チャックの効果の一例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0033] 以下に、具体的な実施の形態を図面を参照しつつ説明する。以下に説明する実施の形態には、上述した課題を解決するための手段の内容も含まれる。

[0034] 最初に、本発明の実施の形態で使用される語句について説明する。

(セラミック基板、セラミック誘電体)

セラミック基板(支持基板、中間基板とも称する。)とは、セラミック誘電体を支持するステージである。セラミック誘電体とは、被処理基板を載置するためのステージである。セラミック基板およびセラミック誘電体においては、その材質がセラミック焼結体であり、厚さが均一に設計されている。セラミック基板およびセラミック誘電体の主面の平面度においても、所定の範囲内に設計されている。それぞれの厚さが均一、またはそれぞれの主面の平面度が確保されていれば、ホットプレス硬化時にセラミック基板およびセラミック誘電体に局所的な応力が印加され難い。また、セラミック基板およびセラミック誘電体で挟まれた接合剤の厚さを球形フィラーの平均直径によって制御できる。

[0035] セラミック基板の直径は、300mm程度であり、厚さは、2~3mm程度である。セラミック誘電体の直径は、300mm程度であり、厚さは、1mm程度である。セラミック基板およびセラミック誘電体の平面度は、20 μ m以下である。セラミック基板およびセラミック誘電体の厚みのばらつきは、20 μ m以下である。また、セラミック基板およびセラミック誘電体の

平面度、厚みのばらつきに関しては、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0036] (接合剤)

接合剤とは、セラミック基板とセラミック誘電体、またはセラミック基板と温調部とを接着するための接合剤である。接合剤（接着剤、接合層とも称する。）においては、加熱硬化温度が低く、硬化後の柔軟性を確保する都合上、有機材料の接合剤が好ましい。接合剤の主剤の材質は、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、フッ素系樹脂のいずれかである。例えば、接合剤として、比較的硬度の低いシリコーン樹脂接合剤またはフッ素系樹脂接合剤が用いられる。シリコーン樹脂接合剤の場合、2液付加型がより好ましい。シリコーン樹脂接合剤を2液付加型にすると、脱オキシム型や、脱アルコール型に比べて接合剤の深部における硬化性が高く、また、硬化時に気体（ボイド）が発生し難くなる。また、2液付加型にすると、1液付加型より硬化温度が低くなる。これにより、接合剤内で発する応力がより小さくなる。なお、接合剤に高い剛性を求める場合は、エポキシ樹脂接合剤またはフッ素系樹脂が用いられる。また、接合剤に高い耐プラズマ耐久性を求める場合は、フッ素系接合剤が用いられる。

[0037] (無定形フィラー)

無定形フィラーは、接合剤の熱伝導率の増加を図るための添加材である。このため、その形状は、無定形であることが好ましい。接合剤の主剤と無定形フィラーを混合分散させた接合剤では、主剤のみの接合剤に比べ、熱伝導率が高くなる。例えば、接合剤の主剤単体では、熱伝導率が 0.2 (W/mK) 程度であったのに対して、シリコーン主剤とアルミナ無定形フィラーを混合した場合、熱伝導率が $0.8\sim 1.7\text{ (W/mK)}$ まで増加する。また、接合剤の主剤への充填率を向上するため、2種類以上の平均径の無定形フィラーを混合分散させてもよい。無定形フィラーの材質は、無機材料である。具体的な材質としては、例えば、アルミナ、窒化アルミニウム、シリカ等が該当する。無定形フィラーと接合剤の主剤との親和性を高めるために、無

定形フィラー表面を処理する場合もある。無定形フィラーの重量濃度は、接合剤の主剤に対し、70～80（wt%）である。

[0038] （球形フィラー）

球形フィラーは、接合剤の厚みを制御するための添加材である。接合剤の厚さを精度よくコントロールするためには、その形状は球形であることが好ましい。球形フィラーの材質は無機材料である。但し、球形フィラーの材質と無定形フィラーの材質とは異なる。球形フィラーの材質は、例えば、ガラス等が該当する。フィラー形状が球形になると、接合剤への混合分散が容易になる。さらに、接着時において、球形フィラーと、セラミック基板またはセラミック誘電体との間に無定形フィラーが存在しても、球形フィラーの形状が球形であるために、無定形フィラーが接合剤中で動き易くなる。球形フィラーの形状は、真球形に近く、かつ、直径の分布が狭い方が好ましい。これにより、接合剤の厚さをより正確にコントロールできる。また、無定形フィラーよりも球形フィラーの径が大きいことが、接合剤の厚みをコントロールする上でより好ましい。

[0039] 球形フィラーの「球形」とは、真球状のみならず、真球状に近似した形状、すなわち、全体の90%以上の粒子が形状因子1.0～1.4の範囲にあるものをいう。ここで、形状因子とは、顕微鏡で拡大し観察した数百個（例えば、200個）の粒子の長径と、長径に直交する短径の比の平均値より算出される。したがって、完全な球形粒子のみであれば形状因子は1.0であり、この形状因子が1.0から外れるほど非球形となる。また、ここでいう無定形とは、この形状因子1.4を超えるものをいう。

[0040] なお、球形フィラーの粒子径分布幅は、無定形フィラーの粒子径分布幅よりも狭い。すなわち、球形フィラーの粒子径のばらつきは、無定形フィラーの粒子径のばらつきよりも小さい。ここで、粒子径分布幅とは、例えば、粒子径分布の半値幅、粒子径分布の半半値幅、標準偏差等を用いて定義される。

[0041] 球形フィラーを接合剤に添加する目的は、接合剤の厚さの均一化を図った

り、セラミック誘電体に印加される応力を分散するためである。一方、無定形フィラーを接合剤に添加する目的は、接合剤の熱伝導率の増加や、熱伝導率の均一化を図るためである。このように、各目的に合致したより良い材質を選択することで、より高いパフォーマンスを得ることができる。

[0042] 第1の球形フィラーの直径分布は、J I S R 6 0 0 2（研削砥石用研磨剤の粒度の試験方法）のふるい分け試験方法に基づき、以下のような分布になっている。

[0043] 第1の球形フィラーの直径分布は、10%径および90%径が50%径の±10%以下に収まっている。ここで、90%径とは、63 μ mメッシュでメッシュ上に90%残留する球形フィラーの直径であり、10%径とは77 μ mメッシュでメッシュ上に10%残留する球形フィラーの直径であり、50%径とは70 μ mメッシュでメッシュ上に50%残留する球形フィラーの直径である。本実施の形態では、50%径を第1の球形フィラーのねらい値とする。

[0044] （平均直径）

平均直径とは、例えば、全ての球形フィラーの直径を足しあわせた数値を全ての球形フィラーの数で割った値である。

（短径）

短径とは、無定形フィラーの長手方向に直交する短手方向の長さである（図4参照）。

（短径の最大値）

短径の最大値とは、全ての無定形フィラーの短径のうちの最大の短径値である。

[0045] （ビッカース硬度）

第1の球形フィラーのビッカース硬度は、セラミック誘電体のビッカース硬度より小さいことが好ましい。

[0046] 第1の球形フィラーによって第1の接合剤の厚さは、第1の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは平均直径よりも大きい値に制御される。仮に

、第1の球形フィラーの中で平均直径よりも大きい個体が分散混合された場合でも、第1の球形フィラーのビッカース硬度をセラミック誘電体のビッカース硬度より小さくすることで、第1の接合剤のホットプレス硬化時に、平均直径よりも大きい球形フィラーの個体がセラミック誘電層よりも先に破壊される。このため、セラミック誘電体に局所的な応力が印加されず、セラミック誘電体のクラック発生を防止することができる。

[0047] ここで、ビッカース硬度試験は、J I S R 1 6 1 0に基づき実施している。ビッカース硬さ試験機は、J I S B 7 7 2 5またはJ I S B 7 7 3 5に規定された機器を使用している。

[0048] (熱伝導率)

第1の球形フィラーの熱伝導率は、第1の無定形フィラーと第1の主剤の混合物の熱伝導率と同じか、もしくは小さくする。より好ましくは、第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤の混合物の熱伝導率の0.4倍から1.0倍までの範囲に設定する。この範囲において、第1の接合剤内の熱伝導率がより均一になる。その結果、熱伝導時の第1の接合剤内でのホットスポットまたはコールドスポットといった温度の特異点の発生が抑制される。

[0049] 第1の球形フィラーの熱伝導率は、第1の無定形フィラーと第1の主剤の混合物の熱伝導率の0.4倍から1.0倍までの範囲にあることが好ましい。

[0050] 第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤との混合物の熱伝導率の0.4倍から1.0倍までの範囲にすることで、より好ましく第1の接合剤内の熱伝導率を均一にすることができる。その結果、熱伝導時の第1の接合剤内でのホットスポットまたはコールドスポットといった温度の特異点の発生が抑制される。

[0051] 第1の球形フィラーの熱伝導率を、第1の無定形フィラーと第1の主剤との混合物の熱伝導率の0.4倍未満とすると、第1の球形フィラーおよびその周辺の第1の接合剤の熱伝導率が低くなる。その結果、セラミック誘電体

および被吸着物である被処理基板に熱流束を与えた際、第１の接合剤内にホットスポットが生じる。

[0052] 第１の球形フィラーの熱伝導率を、第１の無定形フィラーと第１の主剤との混合物の熱伝導率の１．０倍より大きくすると、第１の球形フィラーおよびその周辺の第１の接合剤の熱伝導率が高くなる。その結果、セラミック誘電体および被吸着物である被処理基板に熱流束を与えた際、第１の接合剤内にコールドスポットを生じる。

[0053] 第１の球形フィラーの材質をガラスとした場合、熱伝導率は０．５５～０．８（Ｗ／ｍＫ）の範囲にある。第１の球形フィラーの熱伝導率は、シリコン主剤とアルミナ無定形フィラーを混合した混合物の熱伝導率（０．８～１．７（Ｗ／ｍＫ））に対して好ましい混合にすることができる。

[0054] ここで、熱伝導率の測定は、球形フィラーについてはＪＩＳ Ｒ １６１１に基づいて実施し、主剤と無定形フィラーの混合物については、京都エレクトロニクス社製熱伝導率計ＱＴＭ－Ｄ３を用いた熱線プローブ法によって実施している。

[0055] 次に、本実施の形態に係る静電チャックの構成について説明する。上述した語句の説明と重複する内容については、適宜省略する。

図１は、静電チャックの要部断面模式図であり、（ｂ）は、（ａ）の矢印Ａで示す部分の拡大図であり、（ｃ）は、（ｂ）の矢印Ｂで示す部分の拡大図である。

[0056] 最初に、静電チャック１の概要について説明する。

静電チャック１は、電極６０が表面に形成されたセラミック誘電体１０と、セラミック誘電体１０を支持するセラミック基板２０と、セラミック誘電体１０とセラミック基板２０とを接合する第１の接合剤４０と、を備える。

[0057] 接合剤４０は、シリコン等の有機材料を含む第１の主剤４１と、無機材料を含む第１の無定形フィラー４３と、無機材料を含む第１の球形フィラー４２と、を有する。第１の主剤４１中には、第１の無定形フィラー４３と、第１の球形フィラー４２とが分散配合されている。第１の主剤４１、第１の

無定形フィラー４３、および第１の球形フィラー４２は、電気絶縁性材料であり、第１の球形フィラー４２の平均直径は、全ての第１の無定形フィラー４３の短径の最大値よりも大きい。第１の接合剤４０の厚さは、第１の球形フィラー４２の平均直径と同じか、もしくは大きく構成されている。

[0058] さらに、静電チャック１は、セラミック基板２０に接合される温調部３０と、セラミック基板２０と温調部３０とを接合する第２の接合剤５０と、を備える。第２の接合剤５０については後述する。

[0059] 静電チャック１の詳細について説明する。

上述したように、セラミック誘電体１０と、セラミック基板２０との間には、第１の接合剤４０が設けられ、セラミック基板２０と、温調部３０との間には、第２の接合剤５０が設けられている。

[0060] セラミック誘電体１０は、体積抵抗率（２０℃）が $10^9 \sim 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ のジョンソンラーベック素材である。その直径は、３００mmであり、厚みは、１mmである。

[0061] セラミック誘電体１０のビッカース硬度は、１５ＧＰa以上である。

[0062] セラミック誘電体１０の主面（下面側）には、電極６０が選択的に設けられている。電極６０に電圧を印加すると、セラミック誘電体１０が静電気を帯びる。これにより、被処理基板をセラミック誘電体１０上に静電吸着することができる。電極６０の総面積は、セラミック誘電体１０の下面の面積の７０％～８０％である。電極６０の厚みは、０．８μmである。

[0063] セラミック基板２０は、例えば、その主成分を高純度アルミナ（純度：９９％）とし、直径が３００mmで、厚みが２～３mmである。セラミック基板２０は、電極６０と温調部３０との間の電気的な絶縁を図るための部材である。さらに、セラミック基板２０は、セラミック誘電体１０を加工する際のステージになる。セラミック基板２０がセラミック誘電体１０の土台となることで、セラミック誘電体１０に研削加工を施しても、セラミック誘電体１０の平坦性を確保することができる。

[0064] 温調部３０は、例えば、その主成分をアルミニウム（Ａｌ：Ａ６０６１）

、または、アルミニウムと炭化珪素（S i C）の合金としている。さらに、温調部 30 には、ロー付け加工により内部に媒体経路 30 t が形成されている。媒体経路 30 t には、温度調節用の媒体が流通する。温調部 30 の直径は、320 mm であり、厚みは 40 mm である。

[0065] また、接合剤 40 は、主剤 41 と、球形フィラー 42 と、無定形フィラー 43 と、を有する。接合剤 40 は、真空接着、ホットプレス硬化等により、セラミック誘電体 10 と、セラミック基板 20 との間に形成される。主剤 41 には、球形フィラー 42 と、無定形フィラー 43 とが混合分散されている。無定形フィラー 43 の濃度は、接合剤 40 の 80 w t % 程度である。

[0066] 接合剤 40 の材質については、主剤 41 がシリコン樹脂、無定形フィラー 43 がアルミナ粒子、球形フィラー 42 がソーダ石灰ガラスである。主剤 41 と無定形フィラー 43 との混合物の熱伝導率は、1.0 (W/mK) であり、球形フィラー 42 の熱伝導率は 0.7 W/mK である。また、球形フィラー 42 のビッカース硬度は、6 G p a 以下であった。

[0067] 球形フィラー 42 の平均直径は、およそ 70 μ m であり、より詳細には、90 % 径が 66.5 μ m、50 % 径が 69.2 μ m、10 % 径が 71.8 μ m である。

[0068] 第 2 の接合剤 50 は、有機材料を含む第 2 の主剤 51 と、無機材料を含む第 2 の無定形フィラー 53 と、無機材料を含む第 2 の球形フィラー 52 と、を有する。第 2 の主剤 51 中には、第 2 の無定形フィラー 53 と、第 2 の球形フィラー 52 とが分散配合されている。第 2 の主剤 51、第 2 の無定形フィラー 53、および第 2 の球形フィラー 52 は、電気絶縁性材料である。第 2 の球形フィラー 52 の平均直径は、全ての第 2 の無定形フィラー 53 の短径の最大値よりも大きい。第 2 の接合剤 50 の厚さは、第 2 の球形フィラー 52 の平均直径と同じか、もしくは大きい。第 2 の球形フィラー 52 の平均直径は、第 1 の球形フィラー 42 の平均直径よりも大きく構成されている。接合剤 50 は、真空接着、ホットプレス硬化等により、セラミック基板 20 と、温調部 30 との間に形成される。主剤 51 には、平均直径が 100 ~ 3

30 μm （マイクロメータ計測）の球形フィラー52と、無定形フィラー53が混合分散されている。接合剤50をセラミック基板20と、温調部30との間に介在させることにより、セラミック基板20と温調部30との熱膨張収縮の差が緩和される。その結果、セラミック基板20の変形、セラミック基板20と温調部30との剥離が生じ難くなる。無定形フィラー53の濃度は、接合剤50の80wt%程度である。

[0069] 静電チャック1では、セラミック基板20と、電極60が形成されたセラミック誘電体10とを対向させて、それぞれを接合剤40で接着して一体化することで、電極60周囲の電気絶縁性を確保している。セラミック基板およびセラミック誘電体の材質の主成分は、セラミック焼結体なので、樹脂製の静電チャックに比べ、静電チャックの耐久性、信頼性が高くなる。

球形フィラー42および無定形フィラー43は、無機材料のため、それぞれの大きさ（例えば、径）を制御し易く、接合剤40の主剤41との混合分散が容易になる。接合剤40の主剤41、無定形フィラー43および球形フィラー42は電気絶縁性材料であるため、電極60周囲の電気絶縁性が確保できる。

第1の接合剤40に混合分散されている球形フィラー42の平均直径については、以下のごとく検証されている。

[0070] まず、表1に、球形フィラー42が混合分散されず、無定形フィラー43のみを主剤41に混合分散させた場合の接合剤40の厚みを示す。測定用の試料として、No. 1～26の合計26個の試料を作製した。これらの試料から、接合剤40の厚みのばらつきを求めた。各試料は、直径が300mmのセラミック板同士を、無定形フィラー43のみを主剤41に混合分散させた接合剤40によって、ホットプレス硬化により貼り合わせたものである。

[0071] 測定点は、各試料の外周部の8箇所、中間部の8箇所、中心部の1箇所の計17箇所である。これらの箇所から、それぞれの試料の最厚部の厚み、最薄部の厚み、および厚みの平均値を求めた。

[0072] 表1に示すように、接合剤40の最厚部は、22～60 μm の範囲でばら

ついている。接合剤４０の最薄部は、３～４６ μm の範囲でばらついている。すなわち、無定形フィラー４３の長手方向がセラミック誘電体１０の主面に対して、非平行であるとする、無定形フィラー４３の短径は、３～６０ μm の範囲でばらついていると推定できる。この場合、無定形フィラー４３の短径の最大値は、６０ μm と推定できる。

[0073] なお、無定形フィラー４３の長手方向がセラミック誘電体１０の主面に対して、略垂直である場合、無定形フィラー４３の長径は、３～６０ μm の範囲でばらついていると推定できる。この場合、無定形フィラー４３の長径の最大値は、６０ μm と推定できる。

[表１]

表１ 接合剤の厚みのばらつき

試験No.	球形フィラー 添加	接合剤 最厚部 (μm)	接合剤 最薄部 (μm)	接合剤 平均厚 (μm)
1	なし	37	28	33
2	なし	33	15	26
3	なし	22	10	17
4	なし	27	17	23
5	なし	23	14	19
6	なし	39	12	26
7	なし	27	3	18
8	なし	35	12	23
9	なし	33	5	17
10	なし	57	17	30
11	なし	47	14	29
12	なし	48	22	34
13	なし	60	46	52
14	なし	45	26	36
15	なし	53	24	39
16	なし	45	23	35
17	なし	42	24	33
18	なし	57	43	51
19	なし	23	9	18
20	なし	51	13	32
21	なし	60	8	34
22	なし	46	18	29
23	なし	48	10	25
24	なし	37	3	15
25	なし	58	27	45
26	なし	28	3	18
		60 (最大値)	46 (最大値)	
		22 (最小値)	3 (最小値)	

実際に、次に示す（１）～（５）の製造プロセスで静電チャックを製造すると、無定形フィラー４３のみを主剤４１に混合分散させた接合剤４０を用いた場合には、セラミック誘電体１０にクラックの発生が見られた。

[0074] 製造プロセスは、次に示す（１）～（５）の工程を含む。

（１）まず、セラミック誘電体１０、セラミック基板２０、温調部３０を各々単独で製作する。

（２）次に、接合剤４０の主剤４１に無定形フィラー４３を混合分散させて、さらに、球形フィラー４２を混合分散させる。混合分散は、混練機で行う。

（３）次に、セラミック誘電体１０と、セラミック基板２０のそれぞれの接着面に、接合剤４０を塗布し、真空チャンバ内にセットする。真空チャンバを真空にし、塗布した接合剤４０同士を合わせ、真空接着を行なう。

（４）次に、真空接着後、ホットプレス硬化機でホットプレス硬化を行う。この工程では、接合剤４０の厚さを適宜調整する。ホットプレス硬化後、オーブンで接合剤４０の硬化を行なう。

（５）硬化後、セラミック誘電体１０を所定の厚さまで研削加工し、静電チャックの吸着面を形成する。例えば、セラミック誘電体１０を規定の厚さ（１mm）まで研削し、ポリッシュ加工を行う。

[0075] 接合剤４０の熱硬化を終えた直後においては、セラミック誘電体１０にクラックの発生は見られなかった。しかし、セラミック誘電体１０の表面を研削加工すると、クラック発生がみられた。例えば、その様子を、図２に示す。

[0076] 図２は、セラミック誘電体にクラック発生が生じた場合の模式図である。

図２（a）に示すセラミック誘電体１０は、表面研削加工後の表面模式図である。図示するように、クラック１５は、セラミック誘電体１０の内部から発生し、その末端をセラミック誘電体１０の内部で終えている。

[0077] この原因を、図２（b）を用いて説明する。

図２（b）に示すごとく、 $60\mu\text{m}$ 程度の大きい無定形フィラー４３がセ

ラミック誘電体 10 とセラミック基板 20 との間に介在したまま、ホットプレス硬化がなされると、無定形フィラー 43 がセラミック誘電体 10 に当接した部分に応力が集中する。この部分が始点となって、クラック 15 が発生すると推定される。

[0078] しかし、球形フィラー 42 の平均直径を、無定形フィラー 43 の短径の最大値 ($60\text{ }\mu\text{m}$) に $10\text{ }\mu\text{m}$ を加算した $70\text{ }\mu\text{m}$ とすれば、ホットプレス硬化時には、球形フィラー 42 がセラミック基板 20、セラミック誘電体 10、あるいは電極 60 に接触するので、上述したクラック発生が抑制できたと思われる。

[0079] 例えば、表 2 に、球形フィラー 42 および無定形フィラー 43 が主剤 41 に混合分散させた場合の接合剤 40 の厚み結果を示す。球形フィラー 42 の平均直径は、 $70\text{ }\mu\text{m}$ である。

[0080] 測定用の試料として、No. 31～34 の合計 4 個の試料を作製した。これらの試料から、接合剤 40 の厚みのばらつきを求めた。各試料は、直径が 300 mm のセラミック板同士を、球形フィラー 42 および無定形フィラー 43 を主剤 41 に混合分散させた接合剤 40 によって、ホットプレス硬化により貼り合わせたものである。

[0081] 測定点は、各試料の外周部の 8 箇所、中間部の 8 箇所、中心部の 1 箇所の計 17 箇所である。これらの箇所から、それぞれの試料の最厚部の厚み、最薄部の厚み、および 17 箇所の平均値を求めた。

[0082] 表 2 に示すように、接合剤 40 の最厚部は、 $65\sim 68\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に収まった。接合剤 40 の最薄部は、 $57\sim 61\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に収まった。換言すれば、表 2 の結果は、表 1 の結果よりもばらつきの程度が低下している。すなわち、球形フィラー 42 を混合分散させると、球形フィラー 42 を混合分散させない場合に比べ、接合剤 40 の厚さの平均値、最厚部、最薄部のばらつきが小さくなることが分かった。また、接合剤 40 の厚さの平均値は、球形フィラーの平均直径 ($70\text{ }\mu\text{m}$) に近似することが分かった。

[表2]

表2 接合剤の厚みのばらつき

試験No.	球形フィラー 添加あり	接合剤 最厚部 (μm)	接合剤 最薄部 (μm)	接合剤 平均 (μm)
31	70 μm	67	61	64
32	70 μm	65	61	62
33	70 μm	65	57	63
34	70 μm	68	60	64
		68(最大値)	61(最大値)	
		65(最小値)	57(最小値)	

実際に、上述した(1)～(5)の製造プロセスで静電チャックを製造したところ、球形フィラー42および無定形フィラー43を主剤41に混合分散させた接合剤40を用いた場合には、セラミック誘電体10にクラックの発生が見られなかった。

[0083] このように、球形フィラー42の平均直径を、全ての無定形フィラー43の短径の最大値よりも大きくすると、球形フィラー42によって接合剤40の厚さを球形フィラー42の平均直径と同じか、もしくは平均直径よりも大きくすることができる。その結果、接合剤40のホットプレス硬化時には、無定形フィラー43によってセラミック誘電体10に局所的な応力が印加され難くなり、セラミック誘電体10のクラック発生を防止することができる。

[0084] また、本実施の形態では、球形フィラー42の平均直径が無定形フィラー43の短径の最大値よりも10 μm 以上大きく構成されている。球形フィラー42の平均直径を無定形フィラー43の短径の最大値よりも10 μm 以上大きくすると、接合剤40のホットプレス硬化時には、接合剤40の厚さが無定形フィラー43の大きさではなく、球形フィラー42の平均直径で制御される。すなわち、ホットプレス硬化時において、無定形フィラー43によって、セラミック基板20、セラミック誘電体10に局所的な応力が印加され難くなる。これにより、セラミック誘電体10のクラック発生を防止することができる。

[0085] また、第1の接合剤の上下に位置するセラミック基板とセラミック誘電体

の平面度、厚みのばらつきが $10\mu\text{m}$ 以下（例えば、 $5\mu\text{m}$ ）である場合、第1の球形フィラーの平均直径を第1の無定形フィラーの短径の最大値よりも $10\mu\text{m}$ 以上にすることで、セラミック基板およびセラミック誘電体の表面凹凸を接合剤40によって緩和（吸収）することができる。さらに、セラミック基板20の表面に設けられた電極60の平面度、厚みのばらつきが $10\mu\text{m}$ 以下（例えば、 $5\mu\text{m}$ ）である場合、球形フィラー42の平均直径が無定形フィラー43の短径の最大値よりも $10\mu\text{m}$ 以上にすることで、電極60の表面凹凸を接合剤40によって緩和（吸収）することができる。この場合、球形フィラー42は、セラミック基板20、セラミック誘電体10に接触せず、電極60の表面に当接する。このため、セラミック誘電体10のクラック発生を抑制することができる。

[0086] また、セラミック基板20と温調部30との間の接合剤50においても、球形フィラー52の平均直径が全ての無定形フィラー53の短径の最大値よりも大きい。このため、球形フィラー52によって接合剤50の厚さを球形フィラー52の平均直径と同じか、もしくは平均直径よりも大きくすることができる。これにより、接合剤50のホットプレス硬化時には、無定形フィラー53によってセラミック基板20に局所的な応力が印加されず、セラミック基板20のクラック発生を防止することができる。

[0087] また、セラミック基板20の下側に温調部30が存在することにより、セラミック基板20の剛性が増加する。その結果、セラミック誘電体10を加工するときには、セラミック誘電体10の割れ発生を防止できる。接合剤50には、球形フィラー52が分散配合されることで、均一な厚さでセラミック基板20を保持固定できる。その結果、セラミック誘電体10に加工を施しても、セラミック誘電体10に損傷を与えないで済む。

[0088] また、温調部30が金属製の場合には、温調部30の線膨張係数がセラミック基板20の線膨張係数よりも大きくなる。球形フィラー52の平均直径を球形フィラー42の平均直径よりも大きくすることにより、接合剤50の厚みは、接合剤40の厚みよりも厚くなる。これにより、セラミック基板20

0と温調部30との間の熱膨張収縮差が接合剤50内で吸収され易くなる。その結果、セラミック基板20の変形や、セラミック基板20と温調部30との剥離が生じ難くなる。

[0089] 次に、球形フィラー42の接合剤40中の配合量の確認を行ったので、以下に説明する。接合剤40には、予め80wt%の無定形フィラー43が含有している。

[0090] 表3に、球形フィラー42の配合量試験結果を示す。この試験においては、無定形フィラー43を含有させた接合剤40中に、球形フィラー42が混合分散可能になる体積濃度の確認を行った。

[0091] まず、球形フィラー42の体積濃度が0.020vol%以下になると、接合剤40の厚みが薄くなり、球形フィラー42またはセラミック誘電体10にクラックが発生した。この要因は、球形フィラー42や、球形フィラー42に当接するセラミック誘電体10にホットプレス硬化時のプレス圧が局所的に集中したためと推定される。逆に、球形フィラー42の体積濃度が0.020vol%より大きくなると、球形フィラー42の接合剤40内での分散が良好になる。すなわち、球形フィラー42が接合剤40内で満遍なく行き渡り、ホットプレス硬化時に、無定形フィラー43によってセラミック誘電体10に局所的な圧力が印加され難くなる。このため、セラミック誘電体10のクラック発生が抑制される。

[0092] また、球形フィラー42の体積濃度が46.385vol%以上になると、球形フィラー42が接合剤40中に、十分に分散しないことが分かった。球形フィラー42の体積濃度(vol%)が42.0vol%未満であれば、無定形フィラー43を含有させた接合剤40内での球形フィラー42の分散が均一になる。

このように、球形フィラー42の体積濃度は、無定形フィラー43を含有させた接合剤40に対して、0.025vol%より大きく、42.0vol%未満であることが好ましい。

[0093]

[表3]

表3 球形フィラーの配合量試験結果

球形 フィラー種	球形フィラー量 (vol%)	接着 可否	備考
ガラス	0.008%	×	接合剤厚さ小 (プレス厚不足)
ガラス	0.016%	×	接合剤厚さ小 (プレス厚不足)
ガラス	0.020%	×	接合剤厚さ一部不足
ガラス	0.030%	○	
ガラス	0.040%	○	
ガラス	0.099%	○	
ガラス	0.199%	○	
ガラス	0.398%	○	
ガラス	0.586%	○	
ガラス	1.992%	○	
ガラス	7.116%	○	接合剤厚さ均一
ガラス	34.627%	○	接合剤厚さ均一
ガラス	41.300%	○	接合剤厚さ均一
ガラス	46.385%	×	接合剤とフィラーの攪拌不可
ガラス(2)	0.178%	○	
ガラス(2)	0.357%	○	
ガラス(2)	0.722%	○	
アルミナ	0.026%	○	
アルミナ	0.052%	○	
アルミナ	0.103%	○	

ガラスの圧縮強度：832MPa、ガラス(2)の圧縮強度：466MPa
 アルミナの圧縮強度：3200MPa、○：接着可能、×：接着不可

図3は、接合剤の断面SEM像であり、(a)は、球形フィラーおよび無定形フィラーが混合分散された接合剤の断面SEM像であり、(b)は、無定形フィラーが混合分散された接合剤の断面SEM像である。断面SEM像の視野は、800倍である。

[0094] 図3(a)に示す接合剤40においては、球形フィラー42および無定形フィラー43が混合分散されている。接合剤40の上下には、セラミック誘電体10、セラミック基板20が観察される。このSEM像では、球形フィラー42は、セラミック誘電体10の下面と、セラミック基板20の上面に到達していないが、これは、球形フィラー42が最大径より手前側（あるいは奥側）で切断されたためである。球形フィラー42の径は、およそ70μmである。

[0095] 図3(b)に示す接合剤40には、球形フィラー42が分散されていない

。すなわち、セラミック誘電体 10 とセラミック基板 20 との間に、主剤 41 と、無定形フィラー 43 のみが観察される。断面 SEM 像から、無定形フィラー 43 の短径の最大値を測定した結果を表 4 に示す。

[表4]

表4 無定形フィラーの短径の最大値

SEM像No.	無定形フィラー短径最大値	SEM像No.	無定形フィラー短径最大値
1	10.56 μm	9	16.20 μm
2	12.26 μm	10	11.58 μm
3	11.95 μm	11	13.20 μm
4	10.09 μm	12	26.73 μm
5	15.87 μm	13	15.75 μm
6	13.06 μm	14	9.73 μm
7	10.40 μm	15	15.42 μm
8	11.07 μm	16	11.27 μm

表 4 から、無定形フィラー 43 の短径の最大値は、9.73 μm ~ 26.73 μm の範囲でばらついている。球形フィラー 42 の平均直径は、70 μm なので、球形フィラーの平均直径は、全ての無定形フィラー 43 の短径の最大値よりも大きいことが分かる。

[0096] なお、図 4 は、無定形フィラーの短径を説明する図である。

無定形フィラー 43 の短径とは、無定形フィラー 43 の長手方向（矢印 C）に直交する短手方向の長さである。例えば、図中の d1、d2、d3 等が該当する。短径の最大値とは、複数ある全ての無定形フィラー 43 の短径のうちの最大の短径値をいう。

[0097] そのほか、本実施の形態においては、球形フィラー 42 および無定形フィラー 43 の熱伝導率は、接合剤 40 の主剤 41 の熱伝導率よりも高い。接合剤 40 の主剤 41 より球形フィラー 42 および無定形フィラー 43 の熱伝導率が高いため、接合剤 40 が主剤単体の場合よりも熱伝導率が上がり、静電チャックの冷却性能が向上する。

[0098] また、球形フィラー 42（ガラス）の熱伝導率は、無定形フィラー 43（アルミナ等）の熱伝導率よりも低い。例えば、セラミック基板 20、セラミック誘電体 10、あるいはセラミック誘電体 10 に設けられた電極 60 に球形フィラー 42 が接触した場合、球形フィラー 42（ガラス）の熱伝導率が

無定形フィラー４３（アルミナ等）の熱伝導率よりも低いことで、球形フィラー４２が接触する部分と、その他の部分との熱伝導率の差が小さくなる。これにより、セラミック誘電体１０の面内温度分布の均一化を図ることができる。

[0099] また、セラミック誘電体１０の厚さは、セラミック基板２０の厚さと同じか、もしくは薄い。セラミック基板２０の厚さをセラミック誘電体１０よりも同じか、もしくは厚くすることにより、セラミック誘電体１０をセラミック基板２０によって確実に保持固定できる。これにより、セラミック誘電体１０とセラミック基板２０とを接着させた後において、セラミック誘電体１０に加工を施しても、セラミック誘電体１０の割れ発生を防止できる。また、加工後のセラミック誘電体１０の平面度および厚みの均一性が良好になる。

[0100] また、図５は、静電チャックの効果の一例を説明するための図である。図５（ａ）には、静電チャック１の断面模式図が示され、図５（ｂ）には、比較例が示されている。

[0101] 球形フィラー４２は球状であるため、大きな無定形フィラー４３がセラミック誘電体１０と球形フィラー４２との間に存在したとしても、球形フィラー４２がセラミック誘電体１０側に押圧される際に、無定形フィラー４３が球形フィラー４２の曲面によって滑り易くなっている。このため、静電チャック１においては、無定形フィラー４３が球形フィラー４２とセラミック誘電体１０との間に残り難くなる。

[0102] これに対し、比較例では、断面が矩形状の円筒状フィラー４２０を用いたために、無定形フィラー４３が円筒状フィラー４２とセラミック誘電体１０との間に挟まれ易い。このため、比較例においては、無定形フィラー４３が円筒状フィラー４２０とセラミック誘電体１０との間に残り易い。従って、本実施の形態のごとく、球形フィラー４２を用いることが望ましい。なお、球形フィラー４２に代えて、球形フィラー５２を用いても同様の効果が得られる。

[0103] 以上、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの記述に限定されるものではない。前述の実施の形態に関して、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各要素の形状、寸法、材質、配置などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせたり、複合したりすることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

産業上の利用可能性

[0104] 被処理基板を保持固定する静電チャックとして利用される。

符号の説明

- [0105] 1 静電チャック
- 10 セラミック誘電体
 - 15 クラック
 - 20 セラミック基板
 - 30 温調部
 - 30t 媒体経路
 - 40、50 接合剤
 - 41、51 主剤
 - 42、52 球形フィラー
 - 43、53 無定形フィラー
 - 60 電極

請求の範囲

- [請求項1] 電極が表面に形成されたセラミック誘電体と、
前記セラミック誘電体を支持するセラミック基板と、
前記セラミック誘電体と前記セラミック基板とを接合する第1の接合剤と、
を備え、
前記第1の接合剤は、有機材料を含む第1の主剤と、無機材料を含む第1の無定形フィラーと、無機材料を含む第1の球形フィラーと、を有し、
前記第1の主剤中には、前記第1の無定形フィラーと、前記第1の球形フィラーと、が分散配合されてなり、
前記第1の主剤、前記第1の無定形フィラー、および前記第1の球形フィラーは、電気絶縁性材料からなり、
前記第1の球形フィラーの平均直径は、全ての前記第1の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きく、
前記第1の接合剤の厚さは、前記第1の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは大きいことを特徴とする静電チャック。
- [請求項2] 前記第1の球形フィラーの平均直径は、前記第1の無定形フィラーの短径の最大値よりも10 μm 以上大きいことを特徴とする請求項1記載の静電チャック。
- [請求項3] 前記第1の球形フィラーの体積濃度（vol%）は、前記第1の無定形フィラーを含有させた前記第1の接合剤の体積に対して、0.025 vol%より大きく、42.0 vol%未満であることを特徴とする請求項1記載の静電チャック。
- [請求項4] 前記第1の接合剤の前記第1の主剤の材質は、シリコン樹脂、エポキシ樹脂、フッ素樹脂のいずれか1つであることを特徴とする請求項1記載の静電チャック。
- [請求項5] 前記第1の球形フィラーおよび前記第1の無定形フィラーの熱伝導

率は、前記第 1 の接合剤の前記第 1 の主剤の熱伝導率よりも高いことを特徴とする請求項 1 記載の静電チャック。

[請求項6] 前記第 1 の球形フィラーの材質と前記第 1 の無定形フィラーの材質とが異なることを特徴とする請求項 1 記載の静電チャック。

[請求項7] 前記第 1 の球形フィラーの熱伝導率は、前記第 1 の無定形フィラーの熱伝導率よりも低いことを特徴とする請求項 5 記載の静電チャック。

[請求項8] 前記第 1 の球形フィラーの熱伝導率は、前記第 1 の無定形フィラーと前記第 1 の主剤との混合物の熱伝導率と同じか、もしくは小さいことを特徴とする請求項 7 記載の静電チャック。

[請求項9] 前記第 1 の球形フィラーの熱伝導率は、前記第 1 の無定形フィラーと前記第 1 の主剤の前記混合物の熱伝導率の 0.4 倍から 1.0 倍までの範囲にあることを特徴とする請求項 8 記載の静電チャック。

[請求項10] 前記セラミック誘電体の厚さは、前記セラミック基板の厚さと同じか、もしくは薄いことを特徴とする請求項 1 記載の静電チャック。

[請求項11] 前記第 1 の球形フィラーのビッカース硬度は、前記セラミック誘電体のビッカース硬度より小さいことを特徴とする請求項 10 記載の静電チャック。

[請求項12] 前記セラミック基板に接合される温調部と、
前記セラミック基板と前記温調部とを接合する第 2 の接合剤と、
をさらに備え、
前記第 2 の接合剤は、有機材料を含む第 2 の主剤と、無機材料を含む第 2 の無定形フィラーと、無機材料を含む第 2 の球形フィラーと、
を有し、
前記第 2 の主剤中には、前記第 2 の無定形フィラーと、前記第 2 の球形フィラーとが分散配合されてなり、
前記第 2 の主剤、前記第 2 の無定形フィラー、および前記第 2 の球形フィラーは、電気絶縁性材料からなり、

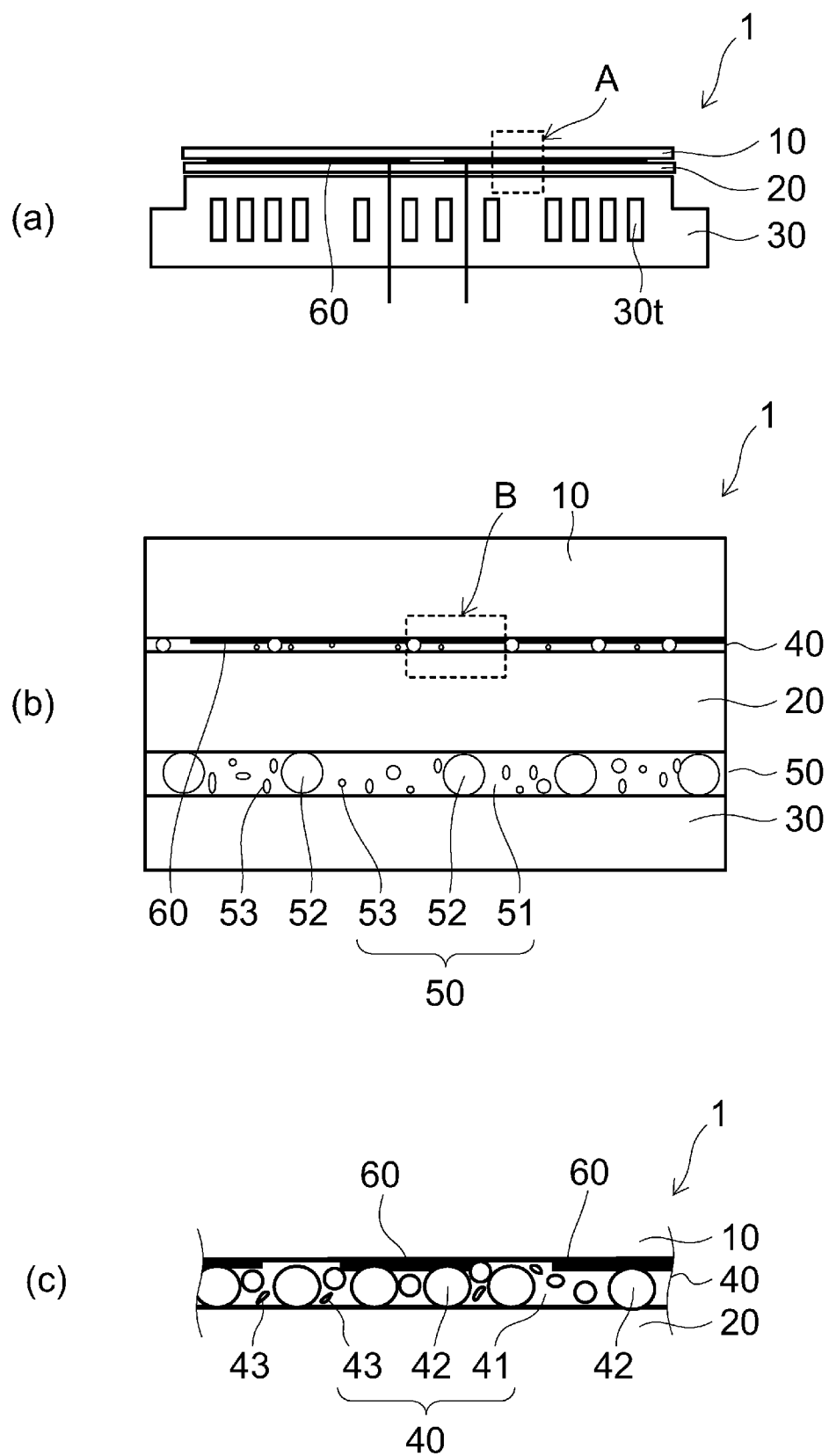
前記第 2 の球形フィラーの平均直径は、全ての前記第 2 の無定形フィラーの短径の最大値よりも大きく、

前記第 2 の接合剤の厚さは、前記第 2 の球形フィラーの平均直径と同じか、もしくは大きく、

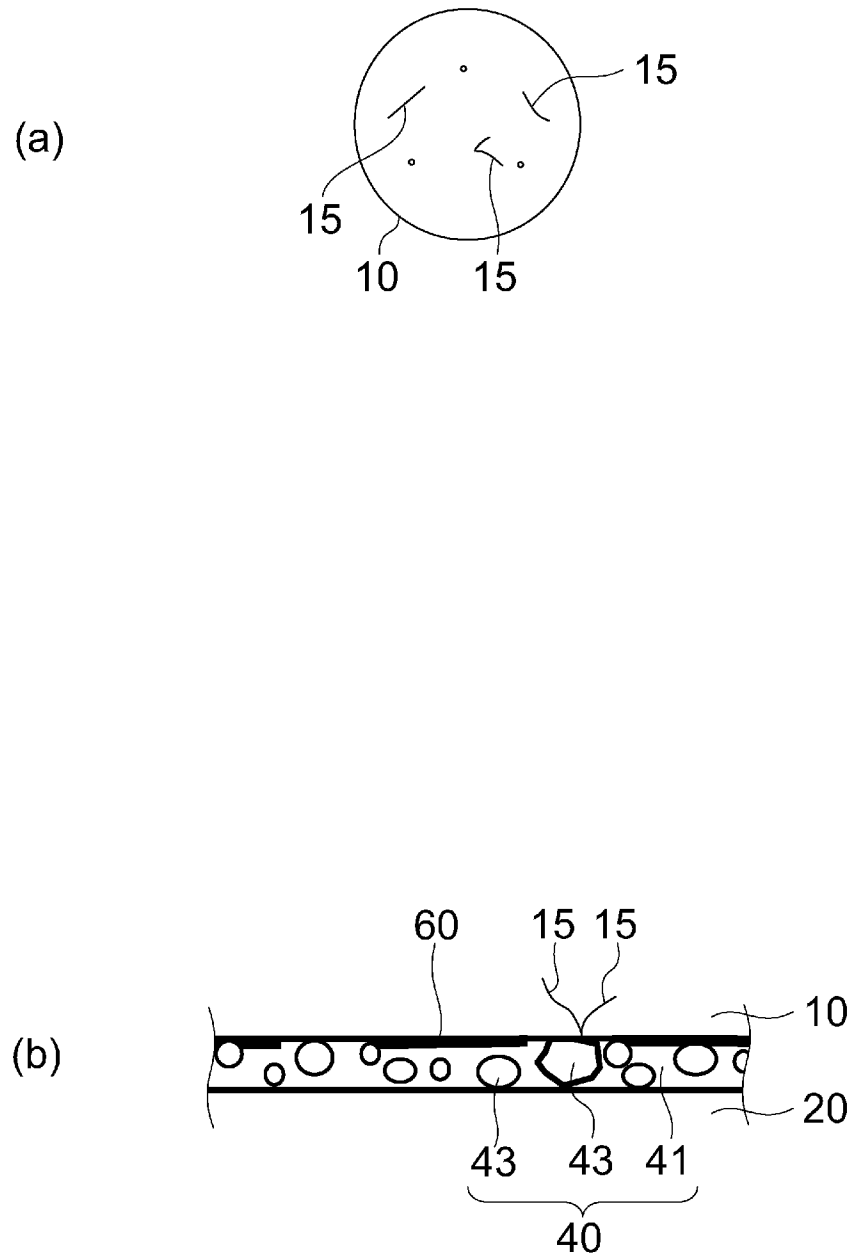
前記第 2 の球形フィラーの平均直径は、前記第 1 の球形フィラーの平均直径よりも大きいことを特徴とする請求項 1 記載の静電チャック

。

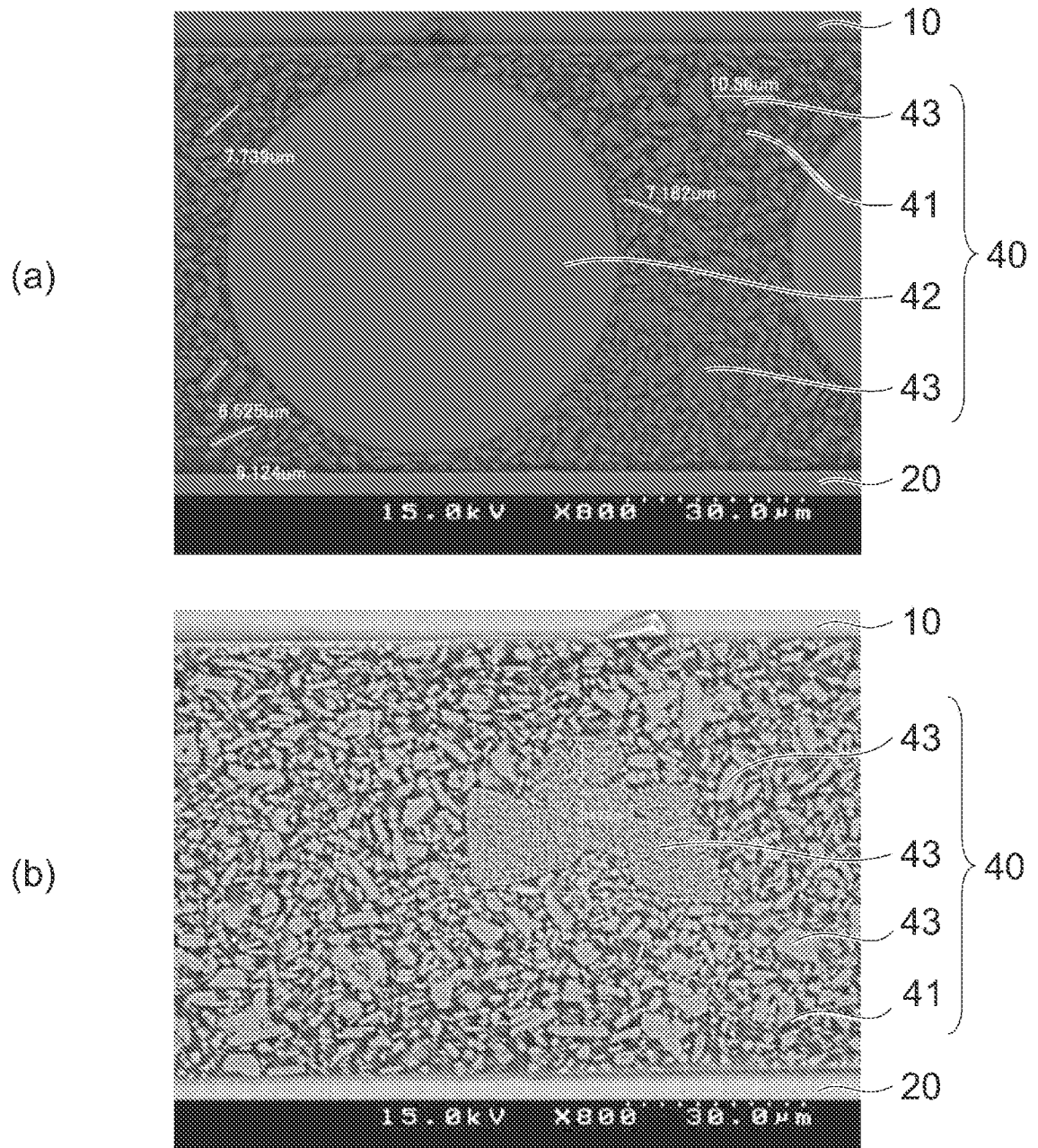
[図1]



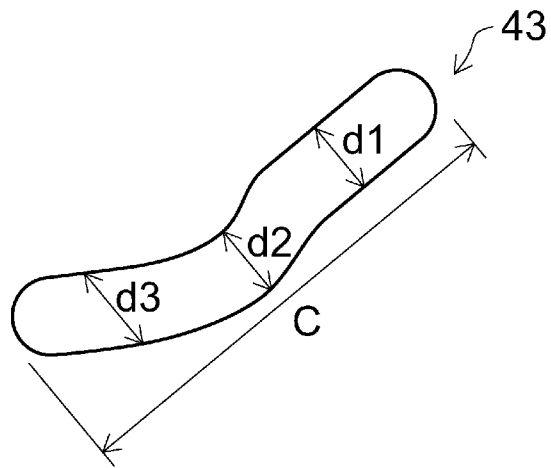
[図2]



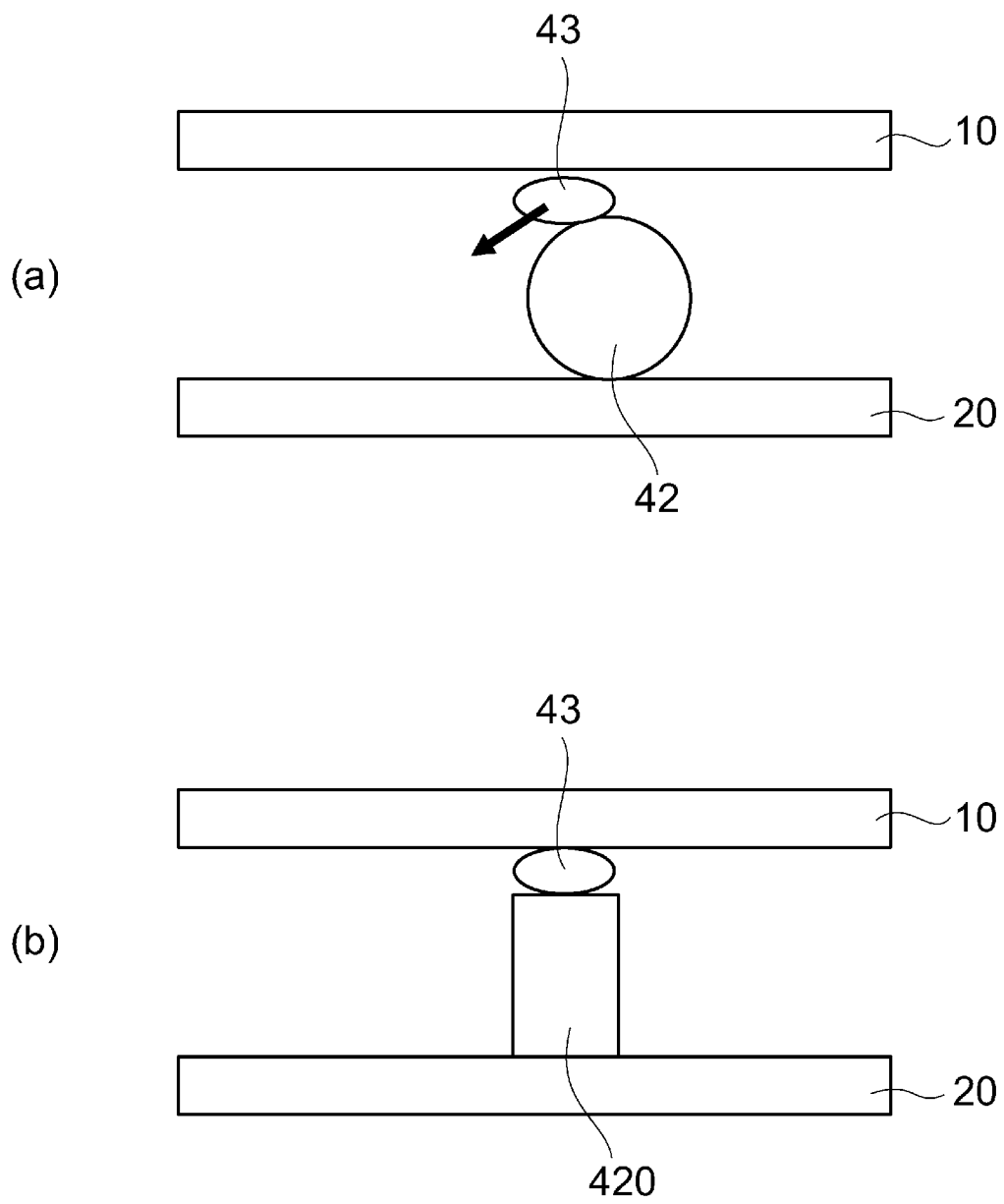
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057038

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/683(2006.01) i

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)

H01L21/67-21/687, B23Q3/15, H02N13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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.
A	JP 2007-243149 A (TOTO Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), paragraphs [0012] to [0015], [0020], [0023]; fig. 1 to 3 & US 2008/0212255 A1	1-12
A	JP 2002-324834 A (Tomoegawa Paper Co., Ltd.), 08 November 2002 (08.11.2002), paragraphs [0022], [0030] to [0031] (Family: none)	1-12
A	JP 2008-218978 A (Kabushiki Kaisha Zaiken), 18 September 2008 (18.09.2008), paragraph [0041] (Family: none)	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

“T” 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

26 April, 2011 (26.04.11)

Date of mailing of the international search report

17 May, 2011 (17.05.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/683 (2006.01) i

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（I P C））

Int.Cl. H01L21/67-21/687, B23Q3/15, H02N13/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
A	JP 2007-243149 A (T O T O株式会社) 2007.09.20, 段落【0 0 1 2】—【0 0 1 5】、【0 0 2 0】、【0 0 2 3】、図1—3等参照 & US 2008/0212255 A1	1-12
A	JP 2002-324834 A (株式会社巴川製紙所) 2002.11.08, 段落【0 0 2 2】、【0 0 3 0】—【0 0 3 1】等参照（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2008-218978 A (株式会社材研) 2008.09.18, 段落【0 0 4 1】等参照（ファミリーなし）	1-12

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

澁谷 麻木

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4

3 U

4 4 1 9