

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-222979

(P2011-222979A)

(43) 公開日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/68 R	5 F 0 3 1
HO 2 N 13/00 (2006.01)	HO 2 N 13/00 D	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2011-61739 (P2011-61739)	(71) 出願人	000010087 TOTO株式会社 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号
(22) 出願日	平成23年3月18日 (2011. 3. 18)	(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(31) 優先権主張番号	特願2010-68981 (P2010-68981)	(72) 発明者	堀 裕明 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
(32) 優先日	平成22年3月24日 (2010. 3. 24)	(72) 発明者	松井 宏樹 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
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	板倉 郁夫 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
		Fターム(参考)	5F031 CA02 HA02 HA16 HA38 PA11

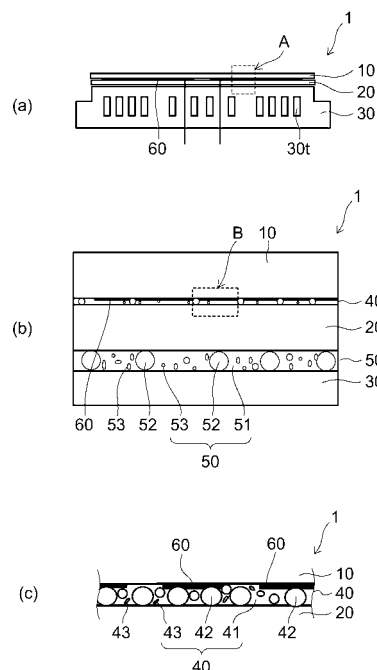
(54) 【発明の名称】 静電チャック

(57) 【要約】

【課題】 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。

【解決手段】 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。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【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 $10 \mu\text{m}$ 以上大きいことを特徴とする請求項 1 に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、 $0.025 \text{ vol}\%$ より大きく、 $42.0 \text{ vol}\%$ 未満であることを特徴とする請求項 1 または 2 に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 ~ 3 のいずれか 1 つに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 ~ 4 のいずれか 1 つに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 ~ 5 のいずれか 1 つに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 1 ~ 6 のいずれか 1 つに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 1 ~ 7 のいずれか 1 つに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 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の静電チャック。

【請求項 11】

前記第 1 の球形フィラーのピッカース硬度は、前記セラミック誘電体のピッカース硬度

10

20

30

40

50

より小さいことを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに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 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の静電チャック。

【発明の詳細な説明】

【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】

10

20

30

40

50

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 μ 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 μ 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

10

20

30

40

50

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または第2の発明において、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、 $0.025\ \text{vol}\%$ より大きく、 $42.0\ \text{vol}\%$ 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（vol%）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 $0.025\ \text{vol}\%$ 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、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（vol%）を $42.0\ \text{vol}\%$ 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 $42.0\ \text{vol}\%$ 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から第3の発明のいずれか1つにおいて、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から第4の発明のいずれか1つにおいて、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から第5の発明のいずれか1つにおいて、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】

10

20

30

40

50

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1から第6の発明のいずれか1つにおいて、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1から第7の発明のいずれか1つにおいて、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から第9の発明のいずれか1つにおいて、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】

10

20

30

40

50

第 11 の発明では、第 1 から第 10 の発明のいずれか 1 つにおいて、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。

10

【0029】

第 12 の発明では、第 1 から第 11 の発明のいずれか 1 つにおいて、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。

20

【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。

30

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。

40

【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。

50

【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 μ 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。シリコン樹脂接合剤の場合、2液付加型がより好ましい。シリコン樹脂接合剤を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0.8~1.7(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。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

(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。

10

【 0 0 3 9 】

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。

20

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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。

30

【 0 0 4 2 】

第1の球形フィラーの直径分布は、JIS R6002(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。

【 0 0 4 3 】

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。

40

【 0 0 4 4 】

(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。

【 0 0 4 5 】

(ピッカース硬度)

50

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。

10

【0047】

ここで、ビッカース硬度試験は、JIS R 1610に基づき実施している。ビッカース硬度試験機は、JIS B 7725またはJIS B 7735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。

20

【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。

30

【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。

40

【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】

50

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 $10^9 \sim 10^{13} \text{ } \cdot \text{cm}$ のジョンソンレ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、 $0.8 \mu\text{m}$ 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(SiC)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30tが形成されている。媒体経路30tには、温度調節用の媒体が流通する。温調部30の直径は、320mmであり、厚みは40mmである。

【0065】

10

20

30

40

50

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 wt % 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 Gpa 以下であった。

10

【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 $100 \sim 330$ μ m (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 80 wt % 程度である。

20

30

【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。

40

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 300 mm 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】

50

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。

【 0 0 7 2 】

表 1 に示すように、接合剤 40 の最厚部は、 $22 \sim 60 \mu\text{m}$ の範囲でばらついている。接合剤 40 の最薄部は、 $3 \sim 46 \mu\text{m}$ 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、 $3 \sim 60 \mu\text{m}$ 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、 $60 \mu\text{m}$ と推定できる。

【 0 0 7 3 】

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、 $3 \sim 60 \mu\text{m}$ 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、 $60 \mu\text{m}$ 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)	

10

20

30

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。

40

【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。

50

(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、オープンで接合剤40の硬化を行なう。

(5) 硬貨後、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 μ 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 μ m)に10 μ mを加算した70 μ 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 μ 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300mm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、65~68 μ mの範囲に収まった。接合剤40の最薄部は、57~61 μ 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 μ m)に近似することが分かった。

10

20

30

40

【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)	

10

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に局部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。

20

【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に局部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。

30

【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 μm 以下(例えば、5 μm)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 μm 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 μm 以下(例えば、5 μm)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 μm 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。

40

【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に局部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。

50

【 0 0 8 7 】

また、セラミック基板 2 0 の下側に温調部 3 0 が存在することにより、セラミック基板 2 0 の剛性が増加する。その結果、セラミック誘電体 1 0 を加工するときには、セラミック誘電体 1 0 の割れ発生を防止できる。接合剤 5 0 には、球形フィラー 5 2 が分散配合されることで、均一な厚さでセラミック基板 2 0 を保持固定できる。その結果、セラミック誘電体 1 0 に加工を施しても、セラミック誘電体 1 0 に損傷を与えないで済む。

【 0 0 8 8 】

また、温調部 3 0 が金属製の場合には、温調部 3 0 の線膨張係数がセラミック基板 2 0 の線膨張係数よりも大きくなる。球形フィラー 5 2 の平均直径を球形フィラー 4 2 の平均直径よりも大きくすることにより、接合剤 5 0 の厚みは、接合剤 4 0 の厚みよりも厚くなる。これにより、セラミック基板 2 0 と温調部 3 0 との間の熱膨張収縮差が接合剤 5 0 内で吸収され易くなる。その結果、セラミック基板 2 0 の変形や、セラミック基板 2 0 と温調部 3 0 との剥離が生じ難くなる。

【 0 0 8 9 】

次に、球形フィラー 4 2 の接合剤 4 0 中の配合量の確認を行ったので、以下に説明する。接合剤 4 0 には、予め 8 0 w t % の無定形フィラー 4 3 が含有している。

【 0 0 9 0 】

表 3 に、球形フィラー 4 2 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 4 3 を含有させた接合剤 4 0 中に、球形フィラー 4 2 が混合分散可能になる体積濃度の確認を行った。

【 0 0 9 1 】

まず、球形フィラー 4 2 の体積濃度が 0 . 0 2 0 v o l % 以下になると、接合剤 4 0 の厚みが薄くなり、球形フィラー 4 2 またはセラミック誘電体 1 0 にクラックが発生した。この要因は、球形フィラー 4 2 や、球形フィラー 4 2 に当接するセラミック誘電体 1 0 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 4 2 の体積濃度が 0 . 0 2 0 v o l % より大きくなると、球形フィラー 4 2 の接合剤 4 0 内での分散が良好になる。すなわち、球形フィラー 4 2 が接合剤 4 0 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 4 3 によってセラミック誘電体 1 0 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 1 0 のクラック発生が抑制される。

【 0 0 9 2 】

また、球形フィラー 4 2 の体積濃度が 4 6 . 3 8 5 v o l % 以上になると、球形フィラー 4 2 が接合剤 4 0 中に、十分に分散しないことが分かった。球形フィラー 4 2 の体積濃度 (v o l %) が 4 2 . 0 v o l % 未満であれば、無定形フィラー 4 3 を含有させた接合剤 4 0 内での球形フィラー 4 2 の分散が均一になる。

このように、球形フィラー 4 2 の体積濃度は、無定形フィラー 4 3 を含有させた接合剤 4 0 に対して、0 . 0 2 5 v o l % より大きく、4 2 . 0 v o l % 未満であることが好ましい。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

【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) 接合剤厚さ小 (プレス厚不足) 接合剤厚さ一部不足 接合剤厚さ均一 接合剤厚さ均一 接合剤厚さ均一 接合剤とフィラーの攪拌不可
ガラス	0.016%	×	
ガラス	0.020%	×	
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%	○	
ガラス	34.627%	○	
ガラス	41.300%	○	
ガラス	46.385%	×	
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%	○	

10

20

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

30

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。

40

【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

10

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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

ー 4 2 とセラミック誘電体 1 0 との間に残り難くなる。

【 0 1 0 2 】

これに対し、比較例では、断面が矩形状の円筒状フィラー 4 2 0 を用いたために、無定形フィラー 4 3 が円筒状フィラー 4 2 とセラミック誘電体 1 0 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 4 3 が円筒状フィラー 4 2 0 とセラミック誘電体 1 0 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 4 2 を用いることが望ましい。なお、球形フィラー 4 2 に代えて、球形フィラー 5 2 を用いても同様の効果が得られる。

【 0 1 0 3 】

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。

10

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。

【 符号の説明 】

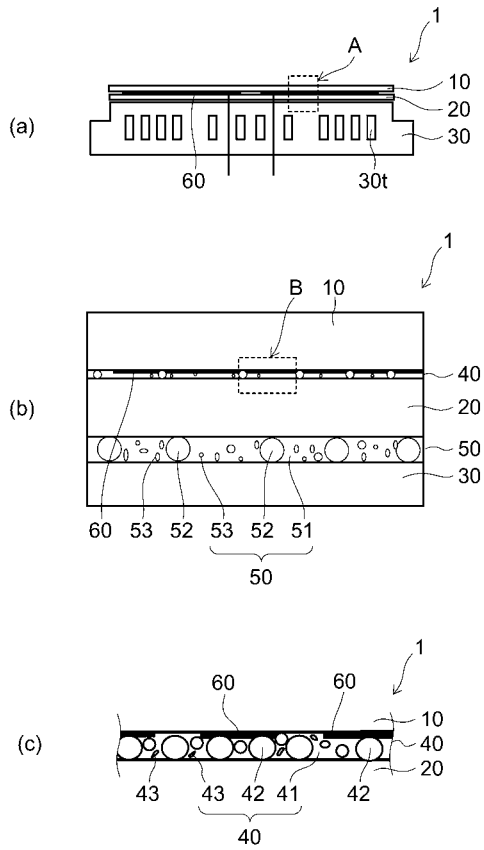
【 0 1 0 4 】

- 1 静電チャック
- 1 0 セラミック誘電体
- 1 5 クラック
- 2 0 セラミック基板
- 3 0 温調部
- 3 0 t 媒体経路
- 4 0、5 0 接合剤
- 4 1、5 1 主剤
- 4 2、5 2 球形フィラー
- 4 3、5 3 無定形フィラー
- 6 0 電極

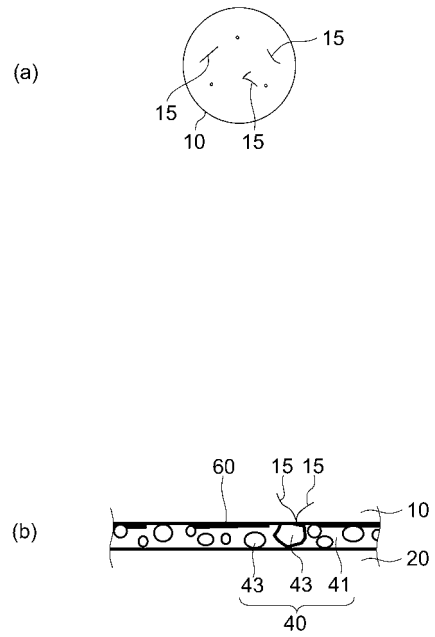
20

30

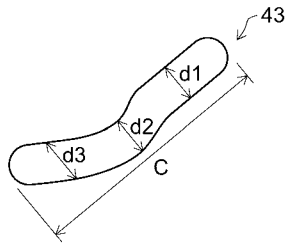
【 図 1 】



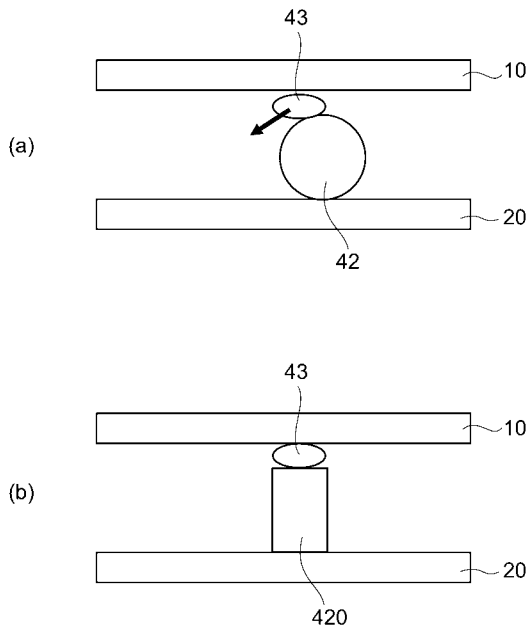
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 3 】

